

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ

ПРОБЛЕМЫ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА
И МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЭКОСИСТЕМ

ТОМ XIV

Редколлегия: чл.-корр. АН СССР Ю. А. Израэль (председатель), д-р физ.-мат. наук С. М. Семенов, д-р биол. наук В. А. Абакумов, канд. биол. наук Г. Э. Инсаров, Т. А. Головина (секретарь).

Editorial Board: Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences, Prof. Yu. A. Izrael (Chairman), Prof. S. M. Semenov, Prof. V. A. Abakumov, Dr. G. E. Insarov, Mrs. T. A. Golovina (Secretary).

Посвящена развитию биоклиматологических и экологических аспектов проблемы оценки реакции экосистем суши на внешнее воздействие. Рассматриваются также соответствующие аспекты мониторинга и математического моделирования.

Представляет интерес для биологов, геофизиков, специалистов в области экологического и биоклиматического мониторинга.

The book deals with bioclimatological and ecological aspects of the problem of terrestrial ecosystems response evaluation to the exogenous impact. Respective aspects of monitoring and mathematical modelling are considered as well.

The book is of interest for biologists, geophysicists and specialists in the field of ecological and bioclimatic monitoring.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В ВЫСОКОГОРЬЯХ УРАЛА

С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа

Институт экологии растений и животных Уральского отделения АН СССР

Г. Фриттс

Лаборатория изучения древесных колец Аризонского университета, США

Целью этого исследования являлся статистический анализ влияния элементов климата на годичный радиальный прирост деревьев, произрастающих в географически уникальной Уральской горной стране. Протяженность уральского высокогорного профиля составляет 1600 км, включая Полярный, Приполярный, Северный и Южный Урал (от верховьев р. Большой Ханмей на Полярном Урале до массива Иремель на Южном Урале).

В течение 1960—1975 гг. С. Г. Шиятов собрал образцы деревьев хвойных видов, произрастающих на верхней границе леса в различных природных провинциях Урала и построил более 30 дендрохронологических рядов. Анализ реакции деревьев по радиальному приросту на элементы климата вдоль огромного уральского высокогорного профиля представляет определенный интерес для климатологов, поскольку позволяет построить статистические реконструкции динамики элементов климата за сотни лет. Примером реконструкции летних температур (июнь—июль) за 1000 лет для Полярного Урала является работа [5].

Хотя существует множество отдельных работ, касающихся динамики климатически обусловленного прироста, цикличности [3] и датировки, подобный анализ ранее не проводился в Советском Союзе для такой значительной территории, как в данной статье. Работе способствовали следующие обстоятельства. Во-первых, верхнюю границу леса в различных природных провинциях Урала практически образуют одни и те же виды хвойных — лиственница сибирская (*Larix sibirica*) и ель сибирская (*Picea obovata*). Поэтому из рассмотрения исключается такой важный фактор, как различия в эколого-биологических свойствах объектов исследования. Во-вторых, лесная растительность в высокогорных районах Урала слабо нарушена хозяйственной деятельностью человека.

В-третьих, сбор полевых материалов и их обработка производилась по единым методикам.

Географическое положение и характеристика мест взятия образцов древесины при построении дендрохронологических рядов приведены в табл. 1. Полное описание используемого материала в этой работе, дендрохронологического анализа и его методики можно найти в монографии С. Г. Шиятова [2].

Среднемесячные температуры воздуха для мест сбора образцов древесины на Полярном, Приполярном и Северном Урале были

Таблица 1

Краткая характеристика дендрохронологических рядов

Вид древесного растения—номер ряда	Высота над уровнем моря, м	Тип условий местобитания	Число деревьев	Длительность ряда, годы	Коэффициент чувствительности
------------------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------	-------------------------	------------------------------

Восточный склон Полярного Урала, бассейн р. Соби, (66°45'—66°55' с. ш., 65°15'—66°05' в. д.), Тюменская область, зона лесотундры

<i>L. s.</i> — 1	150—300	Проточно и обильно увлажненные	21	1541—1968	0,41
<i>L. s.</i> — 2	150—300	Заболоченные	8	1594—1969	0,42
<i>L. s.</i> — 3	150—300	Сухие	9	1648—1964	0,32
<i>L. s.</i> — 4	150—300	Свежие	10	1648—1964	0,36
<i>P. o.</i> — 5	150—300	Проточно и обильно увлажненные	11	1637—1969	0,29

Восточный склон Приполярного Урала, гора Неройка (64°30'—64°55' с. ш., 59°40'—60°15' в. д.), Тюменская область, подзона северной тайги

<i>L. s.</i> — 6	550—700	Свежие	14	1673—1970	0,43
<i>L. s.</i> — 7	550—700	Сухие	18	1683—1970	0,37
<i>L. s.</i> — 8	550—700	Проточно и обильно увлажненные	20	1691—1969	0,39
<i>P. o.</i> — 9	550—700	То же	12	1681—1969	0,29
<i>P. o.</i> — 10	550—700	Свежие	4	1710—1969	0,36

Северный Урал, Кытлымский массив (59°30'—59°40' с. ш., 59°00'—59°20' в. д.), Свердловская область, подзона средней тайги

<i>L. s.</i> — 11	800—950	Проточно и обильно увлажненные	25	1590—1969	0,35
<i>L. s.</i> — 12	800—950	Свежие	23	1598—1969	0,29
<i>L. s.</i> — 13	800—950	Сухие	22	1599—1969	0,33
<i>P. o.</i> — 14	800—950	Свежие	23	1676—1969	0,21
<i>P. o.</i> — 15	800—950	Проточно и обильно увлажненные	20	1769—1969	0,23
<i>P. o.</i> — 16	800—950	Сухие	19	1772—1969	0,27
<i>P. s.</i> — 17	680—700	Свежие	11	1557—1969	0,24

Вид древесного растения—номера ряда	Высота над уровнем моря, м	Тип условий местобитания	Число деревьев	Длительность ряда, годы	Коэффициент чувствительности
-------------------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------	-------------------------	------------------------------

Южный Урал, хребет Таганай (55°13'—55°24' с. ш., 59°40'—60°00' в. д.), Челябинская область, зона лесостепи

<i>P. o.</i> — 18	900—1100	Сухие	16	1735—1970	0,22
<i>P. o.</i> — 19	900—1100	Проточно и обильно увлажненные	14	1750—1970	0,27
<i>P. o.</i> — 20	900—1100	Свежие	16	1764—1970	0,29
<i>P. o.</i> — 21	600—650	Долинные, курумы	10	1564—1970	0,2
<i>P. s.</i> — 22	600—650	То же	19	1488—1970	0,2
<i>P. s.</i> — 23	800—850	Сухие	18	1731—1970	0,2

Южный Урал, массив Иремель, (54°30'—54°35' с. ш., 58°45'—58°55' в. д.), Башкирия, зона лесостепи

<i>P. o.</i> — 24	1150—1300	Сухие	5	1699—1973	0,21
<i>P. o.</i> — 25	1150—1300	Проточно и обильно увлажненные	14	1709—1972	0,2
<i>P. o.</i> — 26	1150—1300	Свежие	15	1720—1972	0,24
<i>P. o.</i> — 27	900—1000	Долинные, курумы	11	1648—1973	0,23
<i>L. s.</i> — 28	900—1000	То же	8	1670—1973	0,25
<i>L. s.</i> — 29	1000—1100	Проточно и обильно увлажненные	11	1770—1972	0,31
<i>P. s.</i> — 30	900—1000	Долинные, курумы	22	1469—1973	0,18

Примечание. Виды древесных растений: *L. s.* — лиственница сибирская, *P. o.* — ель сибирская, *P. s.* — сосна обыкновенная.

выбраны из соответствующих квадратов сети месячных температурных данных для северного полушария [4]. Сеть данных представляет собой интерполяцию по площади данных измерения температуры воздуха локальных метеостанций. Шаг разбивки на прямоугольники составили 5° широты × 10° долготы. Координаты прямоугольников также даны в табл. 1.

Для оценки влияния климатических факторов на прирост деревьев Южного Урала в основном использовались данные метеостанции Таганай (с 1937 г.), расположенной на вершине г. Большой Таганай (1102 м над ур. м.) и метеостанции Златоуст (с 1932 г.), находящейся примерно на расстоянии 15 км к югу от первой метеостанции в долине р. Ай (457 м над ур. м.). Образцы древесины для получения хронологий по Таганаяю брались в непосредственной близости от этих метеостанций (не далее 5—10 км). Деревья, использовавшиеся для получения хронологий по Иремелю, произрастают примерно на расстоянии 90 км к юго-западу от этих метеостанций.

Для того чтобы оценить влияние климатических факторов на прирост деревьев, использовалась статистическая процедура анализа функций отклика [6—8]. По существу, это множественный

регрессионный анализ использующий главные компоненты месячных климатических данных в качестве независимых переменных. Затем производится преобразование коэффициентов регрессии к новым, относящимся уже к исходным месячным климатическим переменным. Этот метод стал широко использоваться при оценке отклика древесного прироста на изменчивость месячных климатических условий в течение определенного промежутка времени.

Результаты

Полярный Урал. У всех рядов по лиственнице (ряды 1—4), полученных для различных условий местообитания (от сухих до

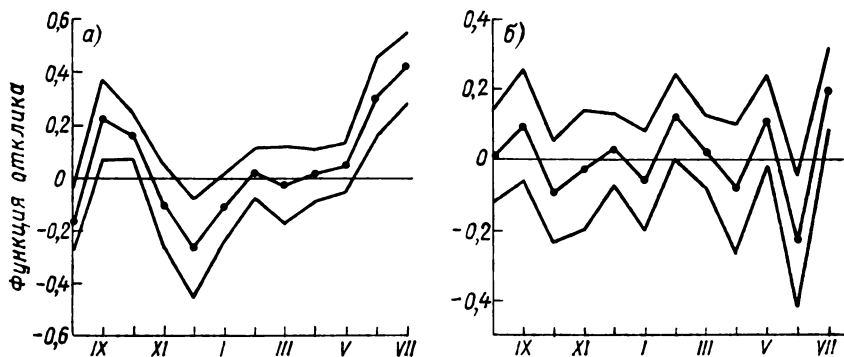


Рис. 1. Функция отклика на температуру (а) и осадки (б) для дендрохронологического ряда 1.

заболоченных), а также у ряда по ели, полученного для обильно и проточно увлажненного местообитания, наибольший вклад в изменчивость индексов прироста вносит температура воздуха июня (0,17—0,29) и особенно июля (0,27—0,49) текущего года. Температура воздуха августа практически не оказывает влияния на изменчивость ширины годичных колец деревьев. Чем выше температура июня и июля, тем больше радиальный прирост деревьев.

Достоверное влияние на радиальный прирост деревьев текущего года оказывают температуры воздуха июня июля, сентября, а иногда и апреля предыдущего года. При этом, если температуры апреля, июня и сентября оказывают положительное влияние (0,15—0,22), то температуры июля, наоборот, отрицательное, особенно на рост ели (—0,44).

Осадки июня текущего года отрицательно влияют на прирост лиственницы, а осадки июля — положительно. На прирост ели наиболее влияние оказывают осадки апреля текущего года. На рис. 1 показана функция отклика на температуру и осадки дендрохронологического ряда 1.

В 1961 и 1966 гг. в этом районе проводились работы по изучению радиального и апикального роста лиственницы и ели, а также

фенологические наблюдения. Начало вегетации деревьев (набухание почек, появление листьев) у лиственницы начиналось между 10 и 15 июня, рост апикальных побегов — в самом конце июня, а формирование первых клеток ксилемы в основании ствола — в первых числах июля. У ели эти фазы начинались на 2—3 дня позднее, чем у лиственницы. Для субарктических районов характерна сильная погодичная изменчивость в календарных датах наступления упомянутых выше фенологических фаз, достигающая 30 дней и более. Начало формирования клеток поздней древесины у лиственницы приурочено к первым числам августа, а отложение новых клеток прекращается между 15—20 августа. У ели формирование годичного слоя прироста заканчивается к 10—15 августа. Окончание ростовых процессов у деревьев происходит примерно в одно и то же время в разные годы. Поэтому длительность периода роста в основном зависит от сроков начала вегетации. Клетки ранней древесины у лиственницы и ели формируются в июле, они составляют примерно 70—80 % общего прироста, а клетки поздней древесины — в первой половине августа.

Знание сроков формирования годичных слоев древесины дает возможность высказать некоторые соображения о механизме влияния климатических факторов на прирост деревьев. Поскольку основная часть годичного слоя древесины формируется в июле, то нет ничего удивительного в том, что термические условия этого месяца оказывают наибольшее влияние на радиальный прирост деревьев. Вполне объясним и тот факт, что температура воздуха в июне оказывает существенное влияние на рост деревьев. Хотя в это время формирование клеток ксилемы в основании ствола не происходит, но наблюдается рост и развитие хвои. Тем самым создаются условия для более интенсивного прироста древесины в июле. Несколько неожиданным для нас оказалось то, что температура августа не влияет на прирост деревьев, хотя в это время происходит формирование поздней древесины, доля которой в общей ширине кольца составляет 20—30 %. Возможно, это связано с тем, что фаза деления клеток уже закончилась и они вступают в фазы растяжения и созревания [1].

Положительное влияние температуры июня и сентября, а отрицательное температуры июля предыдущего года на радиальный прирост деревьев текущего года трудно поддается объяснению, поскольку мы плохо знаем физиологические механизмы, происходящие в дереве. Отрицательное влияние осадков июня на прирост древесины текущего года у лиственницы может быть обусловлено тем, что температура и осадки отрицательно коррелируют друг с другом. Июнь с большим количеством осадков является, как правило, холодным, и это снижает вегетационный рост деревьев. В июле, когда температура достаточно высокая, повышение количества осадков способствует росту деревьев. Осадки летних месяцев не оказывают влияния на радиальный прирост древесины у ели.

Кроме влияния климатических факторов было оценено влияние прироста предыдущих лет на прирост текущего. Как показал анализ, статистически достоверный вклад в прирост текущего года вносит лишь прирост предыдущего года (0,31—0,81).

Ряды радиального прироста деревьев для лиственницы и ели, полученные для Полярного Урала, существенно отражают влияние климата. Объясняемая климатом изменчивость индексов прироста достигает у некоторых рядов 63—64 %, а климатом и влиянием

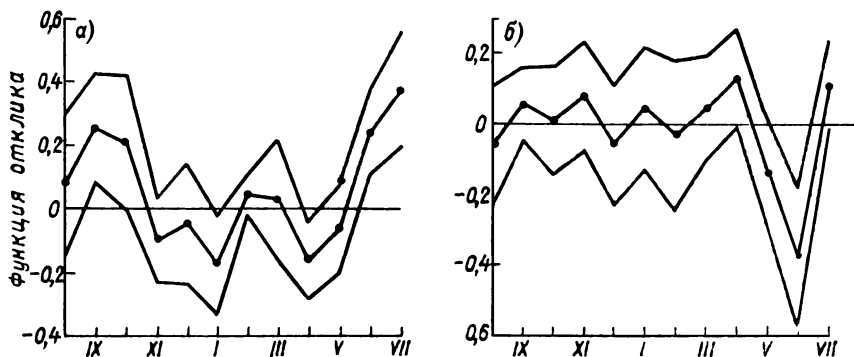


Рис. 2. Функция отклика на температуру (а) и осадки (б) для дендрохронологического ряда б.

прироста предыдущего года — 84—86 %. Наиболее пригодными для количественных реконструкций климатических условий являются хронологии по лиственнице, произрастающей в условиях обильного проточного и застойного увлажнения.

Приполярный Урал. Наибольший вклад в изменчивость индексов прироста лиственницы и ели, как и на Полярном Урале, вносит температура воздуха июня и июля текущего года. Однако имеются и отличия. Если на Полярном Урале вклад температуры июля примерно в два раза выше, чем температуры июня, то на Приполярном Урале вклад температуры этих месяцев одинаков (соответственно 0,14—0,25 и 0,11—0,26). Повышение температуры в июне и ноябре предыдущего года способствует лучшему росту лиственницы и ели в текущем году, а повышение температуры в июле и августе предыдущего года, наоборот, снижает прирост ели.

Как и на Полярном Урале, в этом районе увеличение количества осадков в июне текущего года отрицательно влияет на прирост лиственницы, а в июле, наоборот, способствует росту деревьев. На рис. 2 представлена функция отклика на температуру и осадки для одного из дендрохронологических рядов Приполярного Урала.

Существенный вклад в изменчивость прироста текущего года вносит лишь прирост предыдущего года (0,20—0,55). У рядов для Приполярного Урала суммарный вклад климатических факторов в общую изменчивость индексов прироста гораздо ниже (26—46 %) по сравнению с рядами для Приполярного Урала.

Совместный вклад климата и прироста предыдущего года составляет 55—63 %. Наиболее пригодными для реконструкции климатических условий прошлого являются хронологии по лиственнице, произрастающей в обеспеченных влагой местообитаниях.

Северный Урал. Радиальный прирост лиственницы и сосны также в основном определяется температурой июня и июля текущего года, но, в отличие от более северных хронологий, вклад температур июня выше вклада июльских (соответственно 0,28—0,34 и 0,14—0,25). На прирост ели положительное влияние оказывают температуры мая и июля текущего года, причем вклад температур мая равен или несколько выше вклада температур июля. Оказалось, что температуры июня не оказывают существенного и значимого влияния на прирост ели и объяснить этот факт трудно. Отрицательное влияние на прирост сосны и лиственницы оказывает повышение температуры в апреле текущего года. На прирост ели и сосны отрицательно влияет повышение температуры в июне и июле предыдущего года, а на прирост лиственницы — высокие температуры в июле предыдущего года.

Прирост предыдущего года оказывает наибольшее влияние на прирост текущего года у всех видов деревьев. У некоторых хронологий (ряды 13 и 16) значимое влияние оказывает прирост второго предшествующего года. Вклад климатических факторов в общую изменчивость рядов на Северном Урале еще более снижается по сравнению с рядами, полученными для Полярного и Приполярного Урала. Эта изменчивость оценивается в 20—42 %. Наиболее сильный климатический сигнал содержится в хронологии по сосне обыкновенной (42 %). У хронологий по лиственнице вклад климатических факторов в общую изменчивость выше (23—33 %), чем у хронологий по ели (20—23 %). Суммарный вклад климата и прироста предыдущего года в общую изменчивость рядов колеблется от 48 до 63 %, что несколько ниже, чем у рядов, полученных для более северных районов.

Южный Урал. Повышение температуры воздуха летом приводит к увеличению радиального прироста у разных видов деревьев и в различных местообитаниях. Температура июня оказывает наибольшее влияние на прирост ели, а на прирост лиственницы и сосны положительное влияние оказывают также температура мая, июля и августа текущего года. Прирост деревьев ели и сосны на некоторых местообитаниях хребта Таганая возрастает с повышением температуры в марте и апреле текущего года (ряды 18, 19 и 22), а прирост лиственницы, наоборот, увеличивается с понижением температуры в эти же месяцы. С повышением температуры в октябре и ноябре предыдущего года радиальный прирост деревьев увеличивается, причем такая зависимость прослеживается для большинства полученных хронологий.

Увеличение количества осадков в начале и конце вегетационного периода приводит к снижению прироста. Такое же воздействие оказывают осадки сентября и октября предыдущего года. Зимние осадки, а также осадки июня текущего года оказывают

положительное влияние на прирост всех изученных видов деревьев. Наиболее типичная функция отклика на температуру и осадки для ряда 29 представлена на рис. 3.

Влияние прироста предыдущего года на прирост текущего прослеживается практически у всех хронологий, причем это влияние в наибольшей степени выражено у рядов по ели (ряды 25 и 27) и лиственнице (ряд 29). Значимое влияние второго предыдущего года прослеживается лишь у некоторых рядов. Вклад климатических факторов в изменчивость индексов прироста у разных

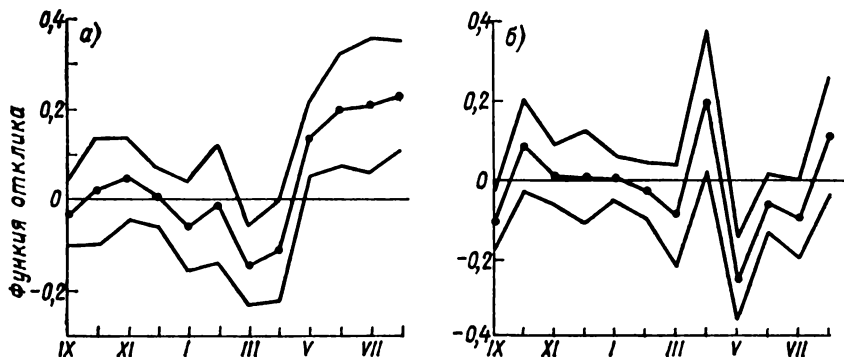


Рис. 3. Функция отклика на температуру (а) и осадки (б) для дендро-хронологического ряда 29.

рядов колеблется от 29 до 59 %, а климатических факторов и прироста предыдущего года — от 32 до 77 %. Наиболее пригодными для климатических реконструкций являются хронологии по сосне и лиственнице.

Обсуждение результатов

Результаты проведенного анализа показывают, что наиболее сильный климатический сигнал содержится в древесно-кольцевых хронологиях, полученных для Полярного, Приполярного и Северного Урала. В этих хронологиях вклад климатических факторов в общую изменчивость индексов прироста достигает 63—64 %.

Для этих провинций характерна однотипная реакция прироста деревьев на климатические факторы. Она заключается в том, что основное влияние на изменчивость прироста оказывает температура воздуха летних месяцев, особенно июня и июля текущего года. При этом если влияние температуры воздуха июня и июля текущего года на прирост положительное, то влияние температуры июля предыдущего года отрицательное. Объяснения этому могут быть следующие. В год интенсивного прироста происходит расходование пластических веществ в дереве и на следующий год подобный прирост невозможен. Возможно, что это связано с на-

личие двухлетней цикличности в колебаниях температуры июля в этом районе. Однотипность реакции прироста заключается также и в том, что на изменение термических условий летних месяцев сходно реагируют разные виды древесных растений (лиственница сибирская, ель сибирская и сосна обыкновенная), а также деревья этих видов, произрастающие в самых разнообразных типах условий местообитания (от сухих до заболоченных). Другими словами, в северных провинциях Урала четко проявляется действие одного и того же лимитирующего климатического фактора. Однако следует отметить, что роль этого фактора неуклонно снижается при движении от Полярного к Северному Уралу. Если вклад климатических факторов в изменчивость индексов прироста на Полярном Урале в среднем составляет 49 % (у отдельных хронологий от 29 до 64 %), то на Приполярном Урале он снижается до 36 % (у отдельных хронологий от 27 до 46 %), а на Северном Урале — 28 % (у отдельных хронологий от 20 до 42 %). Это, несомненно, связано в первую очередь с тем, что при движении с севера на юг снижается погодичная и многолетняя изменчивость термических условий летних месяцев.

При движении с севера на юг происходит изменение вклада температуры июня и июля текущего года в изменчивость прироста деревьев. На наш взгляд, это связано с тем, что в более южных районах вегетация и рост деревьев начинаются раньше и поэтому роль термических условий в июне становится преобладающей. На Северном Урале даже температура мая оказывает существенное влияние на прирост ели (ряды 14, 15 и 16).

Влияние прироста предыдущего года на прирост текущего во всех трех северных провинциях Урала примерно одинаково, а вклад этого фактора в общую изменчивость индексов прироста составляет в среднем 25—30 %.

В высокогорьях Южного Урала не наблюдается однотипной реакции радиального прироста у разных видов деревьев и в различных местообитаниях на климатические факторы. Об этом свидетельствует не только проведенный анализ. Расчеты оценки сходства на основе корреляционного анализа и коэффициентов синхронности дают небольшие величины. Например, коэффициент синхронности между хронологиями, полученными по одному виду деревьев, не превышает 65—75 %, а между хронологиями, полученными для разных видов, синхронность в большинстве случаев отсутствует. Синхронность отсутствует между хронологиями Полярного и Приполярного Урала, с одной стороны, и хронологиями Южного Урала — с другой.

В целом можно отметить, что вклад климатических факторов в общую изменчивость индексов прироста в этом районе в среднем составляет 42 % по метеостанции Таганай и 46 % по метеостанции Златоуст.

Низким оказался вклад прироста предыдущего года в общую изменчивость индексов прироста, который составил в среднем 12 % по Таганая и 15 % по Златоусту, т. е. примерно в два раза

меньше по сравнению с хронологиями, полученными для северных провинций Урала.

Наиболее пригодными для климатических реконструкций являются хронологии, полученные по лиственнице сибирской и сосне обыкновенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашкин А. В., Ордова Т. Н. Модель сезонной активности камбия хвойных: описание и качественный анализ.— В кн.: Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии. Тезисы докладов V Всесоюзного совещания по вопросам дендрохронологии. Свердловск, 1990, с. 166—167.

2. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале.— М.: Наука, 1986.— 137 с.

3. Шиятов С. Г., Мазепа В. С. Цикличность радиального прироста деревьев в высокогорьях Урала.— В кн.: Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986, с. 134—160.

4. A grid point surface air temperature data set for the Northern Hemisphere, 1851—1984/P. D. Jones, S. C. B. Raper, B. D. Santer et al.—U. S. DOE Technical Report, TR022, U. S. Department of Energy Carbon Dioxide Division. Washington D. C., 1985.

5. Graybill D. A., Shiyatov S. G. A 1009 year tree-ring reconstruction of mean June-July temperature deviations in the Polar Urals.— In: Proceedings of the Second US—USSR Symposium on: Air Pollution Effects on Vegetation Including Forest Ecosystems. 1989, p. 37—42.

6. Fritts H. C. Relationships of ring width in arid-site conifers to variations in monthly temperature and precipitation.— Ecological Monograph, 1974, v. 44, p. 411—440.

7. Fritts H. C., Wu X. A comparison between response-function analysis and other regression techniques.— Tree Ring Bulletin, 1986, v. 46, p. 31—46.

8. Multivariate techniques for specifying tree-growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate/H. C. Fritts, T. J. Blasing, B. P. Hayden, J. E. Kutzbach.— J. Appl. Met., 1971, v. 10, p. 845—864.

THE IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON RADIAL TREE GROWTH IN THE URAL HIGHLANDS

S. G. Shiyatov, V. S. Mazepa

Institute of Plant and Animal Ecology, USSR Academy of Sciences, Ural Branch

G. Fritts

Arizona State University, USA

The study was aimed at conducting a statistical analysis of the impact of climate elements on the annual radial growth of trees in the Polar, Subpolar, Northern and Southern Ural. The effect of thermal regime and humidity on tree growth was assessed. Species suitable for climate element reconstruction were determined.