Моисеев Павел Александрович

На правах рукописи

УДК. 574 : 630*181

Радиальный прирост и возрастная структура высокогорных лиственничников Кузнецкого Алатау

03.00.16 – экология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Екатеринбург 2002

Работа выполнена на кафедре ботаники и защиты леса Уральского государственного лесотехнического университета и в лаборатории дендрохронологии Институте экологии растений и животных УрО РАН

Научный руководитель: док. биол. наук, проф. Шиятов С.Г.

Официальные оппоненты: док. биол. наук, Санников С.Н.
канд. биол. наук Кучеров Е.С.

Ведущая организация: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Защита состоится "19" марта 2002 г. в 15^{00} часов на заседании диссертационного совета Д 004.005.01 в Институте экологии растений и животных УрО РАН по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии растений и животных УрО РАН.

Автореферат разослан "18" февраля 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
кандидат биологических наук Нифонтова М.Г.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. В последнее время резко увеличился интерес мировой научной общественности к изучению реакции экосистем и их отдельных компонентов на изменения климата в связи с существенным потеплением во многих районах нашей планеты в XX веке, что стало предметом дискуссий и исследований целой серии международных научных конференций и программ.

В 1970-1990-х появился ряд работ по изучению динамических процессов, происходящих в сообществах, расположенных в пределах лесотундрового экотона, которые наиболее чувствительны к этому потеплению. В результате этого, существенное лесовозобновление и увеличение сомкнутости редколесий и криволесий чуть ниже верхней границы леса, было отмечено в Канаде (Kearney, 1982), в различных районах США (Taylor, 1995; Jakubos, Romme, 1993; Woodward *et al.*, 1995), Северной Европе (Kullman, 1986), России (Шиятов, 1983), Новой Зеландии (Wardle, Coleman, 1992). Расселение подроста выше границы леса и её продвижение в верх на 30-80 м высоты в течение последних 60-80 лет было отмечено в нескольких публикациях (Gorchakowsky, Shiyatov, 1978; Шиятов, 1983; Daly, Shankman, 1985; Payette, Filion, 1985).

Лишь отдельные работы были посвящены изучению динамики количественных и пространственных характеристик и высотной позиции подгольцовых и субальпийских лесных сообществ в ответ на изменения климата за длительный период (300-1500 лет) (Шиятов, 1967; Denton, Karlen, 1977; Shiyatov, 1993; Lloyd, Graumlich, 1997). Подобные знания, на наш взгляд, являются более важными для понимания возможных экологических последствий потепления климата, так как позволяют изучить долговременные явления и выявить циклические процессы протяженностью от нескольких десятилетий до столетий.

В течение 1994-1997 гг. группой преподавателей и студентов УГЛТУ проводились работы в южной части Кузнецкого Алатау по сбору материалов для обоснования необходимости создания здесь национального парка. Одной из основных задач было выявление особо ценных природных объектов, требующих специальных мер охраны. В результате, было обнаружено большое количество подобных объектов, особое внимание среди которых было обращено на редкие и

реликтовые высокогорные растительные сообщества - дриадовые тундры (*Dryas oxyodonta* Juz.) и высокогорные лиственничники (*Larix sibirica* Ledeb.).

Уникальность лиственничников, произрастающих в высокогорьях Кузнецкого Алатау, определяется тем, что аналогичные сообщества, бывшие неотъемлемыми элементами "перигляциальных лесостепных ландшафтов" и размещавшиеся по периферийной части всех ледниковых районов внутриконтинентальных пространств Евразии в периоды оледенения (Куминова, Маскаев, 1976), встречаются теперь лишь южнее - на Алтае и в Саянах (Крылов, 1961, 1969; Седельников, 1988; Типы лесов гор Южной Сибири, 1980), и отделены сотнями километров кедрово-пихтовых лесов, занявших в послеледниковый период все нижележащие части склонов гор региона.

Основной целью работы явилось изучение распространения, радиального прироста и возрастной структуры высокогорных лиственничников в южной части Кузнецкого Алатау.

Задачи:

- Изучить распространение высокогорных лиственничников.
- Охарактеризовать особенности местопроизрастаний, состав и структуру высокогорных лиственничников.
- Построить хронологии по ширине годичных колец и провести сравнительный анализ динамики радиального прироста лиственницы для различных высотных уровней ее распространения.
- Изучить влияние климатических факторов на динамику радиального прироста и формирование возрастной структуры высокогорных лиственничников.

Научная новизна работы.

1) Впервые были описаны условия произрастания, состав и структура восьми ранее не исследованных лиственничных массивов в высокогорьях южной части Кузнецкого Алатау.

2) Установлено, что верхняя граница распространения лиственничников сместилась вверх в последние два-три столетия, а кедрово-пихтовые сообщества заняли значительную часть территорий на нижнем пределе их высотного распространения.

3) Выявлена дифференциация микропопуляций лиственницы сибирской на группы медленно и быстро растущих индивидуумов, которая не связанна с особенностями условий локальных местообитаний, а, как предполагается, определяется или существенным различием климатической обстановки в период появления всходов, или генетическими различиями особей.

4) Впервые для этого района были построены древесно-кольцевые хронологии длительностью 300-400 лет по ширине годичных колец лиственницы для различных высотных уровней ее произрастания.

5) Выявлены связи между изменениями ширины годичных колец и климатическими параметрами (температурой и количеством осадков отдельных пятидневок и месяцев, суммами температур >0°С и >5°С), которые позволили реконструировать изменения климата в южной части Кузнецкого Алатау за последние 300-400 лет.

6) Обнаружены: а) сходство между кривыми распределения взрослых деревьев по однолетним классам возраста и годичными индексами радиального прироста, и б) значимые связи между количеством деревьев в однолетних классах возраста и климатическими факторами, определяющими степень увлажнения верхнего горизонта почвы (сумма средних летних температур за пять последующих лет и годовое количество осадков), что указывает на существенное влияние изменений климата на формирование возрастной структуры высокогорных лиственничников.

Практическая значимость. Материалы диссертации использованы при создании эколого-экономического и технико-экономического обоснования проектируемого национального парка "Бельсу" в Междуреченском районе Кемеровской области. Этот опыт может быть использован при создании других национальных парков и разработке мероприятий по охране редких и исчезающих видов растений и сообществ.

Построенные для высокогорий Кузнецкого Алатау хронологии длительностью 300-400 лет расширяют недавно созданную сеть дендрохронологических станций в западной части Алтае-Саянской горной страны (Овчинников, 2002),

что позволяет осуществить пространственные реконструкции климатических характеристик в этой части России за последние столетия.

Выявленная нами зависимость распространения, состава и структуры лиственничников от изменений климата может послужить основой при построении моделей, имитирующих пространственно-временную динамику растительного покрова при разных сценариях изменения температурного и гидрологического режима в высокогорных и высокоширотных районах распространения лиственницы сибирской.

Основные положения, выносимые на защиту.

1) В течение последних столетий высокогорные лиственничники перемещались вверх по склонам, замещаясь снизу кедрово-пихтовым сообществами.

2) В микропопуляциях лиственницы сибирской существует дифференциация на группы медленно и быстро растущих индивидуумов, которая не связанна с особенностями почвенно-грунтовых условий локальных местообитаний.

3) В изменениях индексов радиального прироста лиственницы сибирской, произрастающей в различных местообитаниях и на различных высотных уровнях, содержится сильный климатический сигнал.

4) Радиальный прирост деревьев лиственницы имеет значимые связи со средней температурой и количеством осадков отдельных месяцев текущего и предшествующего года роста деревьев и в наибольшей степени зависит от суммы температур >5°С на конец 5-9 пятидневки с момента активации камбия.

5) Формирование возрастной структуры лиственничников в значительной степени зависит от изменений термического и гидрологического режима высокогорий Кузнецкого Алатау.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены и обсуждались на следующих научных собраниях: 1) научных семинарах лаборатории дендрохронологии ИЭРиЖ УрО РАН в декабре 1999 и марте 2001 гг.; 2) Всероссийском совещании "Реакция растений на глобальные и региональные изменения природной среды" (Иркутск, 2000); 3) Международной конференции "Tree ring and people" (Давос, Щвейцария, 2001).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 178 страницах машинописного текста и включает 53 рисунка, 11 таблиц; состоит из введения, шести глав, общих выводов и заключения, списка литературы и приложений (87 с.) Список использованной литературы включает 191 источника, в том числе 116 на иностранных языках.

Глава 1. Обзор литературы

В главе приведен анализ литературных источников по проблемам влияния изменений климата на радиальный прирост древесных растений, изменчивости климата в южной части Западной Сибири и особенностям климатогенной динамики растительных сообществ на верхней и полярных пределах распространения древесных видов в Северной Америке и Евразии.

Глава 2. Характеристика природных условий района исследования

В главе на основе литературных и собственных данных приведена природная характеристика южной части Кузнецкого Алатау, включающая описание физико-географического положения, геологии, геоморфологии, климата, почв и растительности.

Глава 3. Объекты, методика и объем работ

В 1994 -1997 гг. в верховьях четырех рек, берущих начало со склонов хр. Тигертыш, нами было обнаружено и описано восемь (см.рис.1) местопроизрастаний лиственницы сибирской (Моисеев, 1996, 1999). В пяти из них (рис.1 - местопроизрастания 2, 3, 4, 6 и 7) были заложены пробные площадки на четырех основных и двух вспомогательных профилях от нижнего до верхнего предела распространения лиственницы. В целом, было заложено 57 площадок общей площадью 7,54 га. Их размер зависел от густоты древостоев и в среднем составлял 20 х 40 м (400 - 1400 м^2). На каждой площадке у деревьев, имеющих диаметр на высоте 1,3 м более 6 см, измеряли высоту и диаметр ствола, ширину, протяженность и форму кроны. Для характеристики условий местопроизрастания производили описание напочвенного покрова под кронами деревьев (проективное покрытие растительных видов и их высота) и измеряли металлическим щупом глубину почвы. Деревья диаметром меньше 6 см относили к подросту и

учитывали по полуметровым классам высоты. Для построения древесно-кольцевых хронологий и анализа возрастной структуры лиственничников у каждого второго-третьего дерева были взяты керны древесины на высоте 10 - 50 см. В целом было описано 1504 взрослых деревьев, учтено 979 единиц подроста и взято 557 буровых кернов.

Путем перекрестной датировки годичных колец был определен год образования самого раннего (или центрального) годичного кольца у каждого взятого образца. Если керн достигал центра ствола, то возраст дерева у основания ствола, на высоте от 10 до 50 см, считался равным разности между календарным годом взятия образца и годом образования центрального годичного кольца. Но, если керн не достигал центра, то сначала определяли радиус дуги, образуемой самым ранним годичным кольцом, для чего сравнивали его с линиями окружностей разного размера, нанесенных на прозрачную пленку. После этого подсчитывали количество годичных колец на самом раннем участке керна, равном вычисленному радиусу, и прибавляли к количеству выявленных и сдатированных годичных колец на образце.

Для построения наибольших по длительности хронологий по ширине годичных колец из общей совокупности образцов на каждом профиле были отобраны те, у которых возраст превышал 180-200 лет. Для каждого образца измеряли ширину годичных колец с точностью 0.01 мм на измерительном комплексе LINTAB-III с программной поддержкой TSAP. Индивидуальные хронологии были перекрестно сдатированы друг с другом с помощью графического пакета TSAP, а их стандартизация производилась при помощи экспоненциальной функции или сплайн-функции в программном пакете Trend (Riemer, 1991).

Для оценки распределения индексов прироста и их чувствительности к изменчивости внешнего фактора использовали такие статистические характеристики, как стандартное отклонение, коэффициент чувствительности, синхронности, ассиметрия и эксцесс. Согласованность в изменчивости радиального прироста между хронологиями оценивалась по коэффициентам корреляции и синхронности. Осреднением 35 и 12 индивидуальных хронологий индексов прироста деревьев, произрастающих на высотах 1400-1580 м над ур. м. во 2 и 3 место-

произрастаниях (рис.1) были получены обобщенные хронологии №1 и 3 соответственно. Осреднением 28 и 16 индивидуальных серий индексов прироста деревьев, произрастающих на высотах 1270-1410 м над ур. м. во 2 и 4 местопроизрастаниях были получены обобщенные хронологии №2 и 4 соответственно. Осреднением 47 и 44 индивидуальных серий индексов прироста были получены генерализированные хронологии: 1+3 -для верхних и 2+4 -нижних участков лиственничников соответственно.

В исследовании были использованы данные по средним температурам отдельных месяцев ($T^{срм}$) и суток ($T_{срс}$) и месячным суммам осадков (О) ГМС Ненастная (1932-1993 гг. -$T^{срм}$, 1930-1972 гг. –О), Барнаул (1838-1988 гг. -$T^{срм}$. 1915-1989 гг. -$T_{срс}$; 1891-1993 гг. -О), Минусинск (1915-1989 гг. - $T^{срм}$, $T_{срс}$), Междуреченск (1957-1999 гг. -$T^{срм}$, 1941-1999 гг. -О), Коммунар (1951-1996 гг. -О), Неожиданный прииск (1951-1993 гг. - $T^{срм}$, О). Но лишь данные ГМС Ненастная, размещенной на высоте 1186 м над ур. м., наиболее близко отражают климатические условия, складывающиеся в местопроизрастаниях высокогорных лиственничников. На основе выявленных высоких связей между средними месячными температурами всех указанных выше станций и вычисленных уравнений регрессий были рассчитаны $T^{срм}$ за период 1838-1931 гг. и $T_{срс}$ за период 1915-1989 гг. для ГМС Ненастная, что позволило вычислить средние температуры пятидневок и суммы температур >0°С и >5°С.

Связь радиального прироста лиственницы с климатическими характеристиками оценивалась изначально по функции отклика (Fritts, 1976, 1991; Lough, 1993). Процедура количественных реконструкций климатических характеристик, поверка и адекватность моделей реконструкций проводились стандартными дендрохронологическими методами (Methods..., 1990; Ваганов и др. 1996).

Глава 4. Общая характеристика распространения, состава и структуры высокогорных лиственничников

Лиственница сибирская широко распространена в предлесостепных и лесостепных районах Хакасии и Кемеровской области (Куминова, Маскаев, 1976), но слагаемые с ее участием сообщества существенно отличаются от произрастающих на Кузнецком Алатау высокогорных лиственничников. Ранее в литературе

для Кузнецкого Алатау указывалось лишь одно (см.рис.1-(8)) местонахождение лиственницы сибирской (Седельников, 1979). В 1999 году в альманахе "Природное наследие Кемеровской области" были опубликованы фотографии, указывающие на существование лиственничников в системе горы Большой Каным (средняя часть Кузнецкого Алатау).

В настоящее время для южной части Кузнецкого Алатау, включая обнаруженные нами (Моисеев, 1999), описано девять местопроизрастаний лиственницы, которые по приуроченности к различным по ориентации склонам хребта Тигертыш и бассейнам рек мы разделили на три района: *северный* – бассейн р.Бельсу (см.рис.1- №№1-5); *северо-восточный* – бассейн р.Туралыг (№№ 6, 7); *юго-восточный* – бассейн р.Каратас (№№ 8, 9).

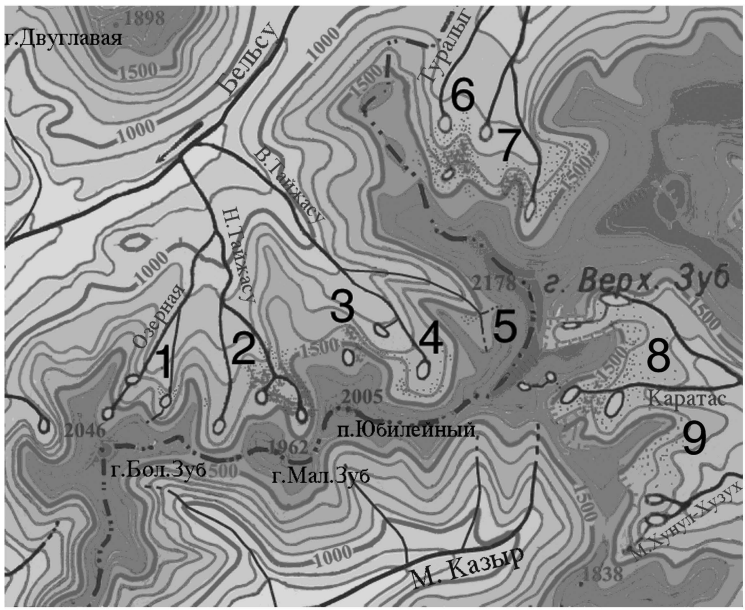

Рис.1. Местопроизрастания лиственничников в южной части Кузнецкого Алатау (указаны цифрами 1-9)

Все обнаруженные нами местопроизрастания лиственницы приурочены к переходной полосе между кедрово-пихтовыми лесами и горными тундрами. Они начинаются чистыми лиственничными редколесьями в верхних частях склонов (около 1560-1580 м над ур. м.), где на отдельных, особо обдуваемых участках,

многие деревья имеют стланиковую форму роста (отроги г.Верхний Зуб). Средняя высота ($H^{ср}$) деревьев на таких участках не превышает 5,7 м, а диаметр ($D^{ср}$)- 12,1 см (табл.1). Хотя здесь и встречаются отдельные старовозрастные (340 лет) деревья, но все же средний их возраст ($A^{ср}$) около 83 лет (92% всех деревьев появилось после 1900 г.). На защищенных от господствующих юго-западных ветров участках $H^{ср}$ деревьев равна 10,6 м, а $D^{ср}$ -19,2 см (табл.1). Здесь встречаются единичные особи возрастом до 420 лет, а $A^{ср}$ равен 145 годам (71% всех деревьев появились после 1850 г.). На таких участках отсутствуют сухостой и валёж лиственницы. Все это указывает на то, что активное заселение лиственницей верхних участков происходило в последние 100-150 лет.

На участках, где уже появляются отдельные прямоствольные кедры и большое количество пихт стланиковой формы роста, $H^{ср}$ лиственниц колеблется от 8 до 11 м, а $D^{ср}$ от 18 до 29 см (табл.1). Здесь встречается больше старовозрастных (300-400 лет) деревьев, но $A^{ср}$ все же не превышает 168-181 года (73-82% всех деревьев появилось после 1800г.). Это указывает на то, что активное заселение происходило здесь в последние 200 лет.

На нижнем пределе распространения лиственница встречается в достаточно густом окружение крупных кедров (*Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr), низкорослых пихтовых куртин (*Abies sibirica* Ledeb.) и кривоствольных берез (*Betula pubescens* Ehrh.). Здесь $H^{ср}$ лиственниц равна 15-18 м (максимум 26 м), а $D^{ср}$ - 34-41 см (максимум 82 см) (табл.1). На этих участках были обнаружены несколько лиственниц возрастом около 500 лет и более (возможно до 600 (центральная часть ствола у них выгнила). Средний возраст лиственниц составляет 200 (86% всех деревьев появилось после 1750 г.) и 275 лет (79% всех деревьев появилось в период с 1650 по 1880 гг.), что вместе с небольшим количеством отмерших стволов, указывает на интенсивное возобновление здесь в XVII-XIX веках.

Описанная выше закономерность увеличения среднего и максимального возраста деревьев в лиственничниках с уменьшением высоты над ур.м. указывает на то, что в последние 200-300 лет в высокогорьях Кузнецкого Алатау происходило последовательное, не всегда одинаковое по скорости, продвижение вверх предела распространения высокогорных лиственничников, которые вытеснялись

Таблица 1. Характеристика высокогорных лиственничников Кузнецкого Алатау

Показатели \ Местопроизрастания		Верховья р. Нижняя Тайжасу (№2)		На северных склонах г. Малый Зуб (№2)		Верховья р. Верхняя Тайжасу и склоны пика Юбилейного (№3, 4)			Северные отроги г. Верхний Зуб (№6, 7)	
Высота над ур м		1277-1345	1390-1445	1415-1430	1440-1480	1340-1440	1410-1440	1440-1580	1400-1450	1450-1560
Средний диаметр ствола Лц, см		41,3±1,9	29,2±0,7	24,1±1,1	19,4±0,8	34,3±1,2	23,7±1,1	19,2±0,4	18,5±0,7	12,1±0,9
Средняя высота ствола Лц, м		17,8±0,6	11,4±0,3	10,4±0,4	8,7±0,3	15,5±0,4	10,3±0,3	10,6±0,2	8,2±0,2	5,7±1,0
Средний возраст Лц, лет		273±18	176±11	184±23	156±15	205±13	185±13	145±6	168±13	83±7
Средняя ширина кроны Лц, м		7,7±0,4	5,3±0,1	3,8±0,3	4,3±0,2	7,7±0,4	4,7±0,2	4,6±0,1	4,1±0,2	2,0±0,1
Количество лиственниц, на га		122	175	242	325	135	141	289	343	245
Количество подроста Лц, на га		7	214	61	325	53	67	157	123	184
Общее количество Лц, на га		129	389	303	650	188	208	446	466	429
Количество кедра (> 8 м), на га		63	3	65	0	35	10	5	3	0
Количество кедра (< 8 м), на га		133	155	1371	679	72	290	357	295	254
Общее количество кедра, на га		196	158	1436	679	107	300	362	298	254
Средняя глубина почвы, см		29±2	20±1	21±1	19±1	29±2	19,5±1	18±0,5	—	—
Каменистость, %		0,8	11,6	42,2	19,4	0	8,3	12,5	5,1	21,3
Среднее пр. покрытие, %	Ольховник	14,5	9,4	0,0	0,0	4,3	0,0	0,3	0,0	0,0
	Пихта	9,1	3,7	24,5	2,7	2,4	13,8	0,4	0,1	0,0
	Береза круглолистная	0,1	26,1	19,3	36,4	2,2	17,7	14,9	29,6	31,5
	Черника	23	31,2	40,5	31,8	29	27,2	14,0	1,5	1,4
	Водяника черная	0,0	1,3	0,0	18,4	0,4	3,3	5,6	5,4	3,5
	Брусника	0,0	2,7	1,5	8,4	0,5	1,9	1,4	10,9	1,1
	Бадан	11,7	5,8	9,5	3,1	2,5	16,7	7,7	3,3	3,2
	Вейник Лангсдорфа	30,5	9,0	3.0	0,0	14,1	5,1	5,3	16,2	2

или замещались снизу кедрово-пихтовым лесами. Аналогичный процесс был выявлен на Полярного Урале (Шиятов, 1967, 1981, 1993) и Горном Алтае (Золотовский, 1938; Крылов, Речан, 1967; Воробьев и др., 1998).

Глава 5. Влияние климатических факторов на радиальный прирост лиственницы сибирской

Статистический анализ построенных нами хронологий показал, что они обладают высокой чувствительностью к воздействию общего внешнего фактора, о чем свидетельствуют их основные характеристики (табл.2).

Таблица 2

Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий

Статистические характеристики	3	1	4	2	1+3	2+4
Период, лет	266	305	317	283	330	398
Коэффициент чувствительности	0,30	0,28	0,25	0,22	0,29	0,24
Стандартное отклонение	32,9	30,1	27,8	22,6	30,2	23,6
Асимметрия	0,05	-0,06	-0,02	-0,37	-0,14	-0,31
Эксцесс	0,01	-0,33	0,16	0,18	-0,30	0,15

Наибольшие корреляционные связи и синхронность отмечается между 1-ой и 3-ей хронологиями (0,87 и 87,1% соответственно) и между 2-ой и 4-ой хронологиями (0,82 и 87,4% соответственно). Эти результаты позволяют объединить хронологии в группы, которые четко соотносятся с высотным положением мест отбора образцов - верхние (1400-1580 м) и нижние участки (1270-1410 м н.ур.м.).

При анализе кривых изменения индексов прироста лиственницы сибирской, произрастающей на разных высотных уровнях (см.рис.2). прослеживаются определенные различия в норме реакции на общий для всех хронологий внешний фактор. Но все же, хорошо выраженные максимумы приростов наблюдались во всех хронологиях в середине 1610-х, 1630-х, 1640-х, 1660-х, 1680-х, 1700-х, 1720-х, в конце 1760-х и начале 1770-х, в начале 1780-х, в 1800-х, в конце 1820-х, в 1850-х, в середине 1870-х, в конце 1890-х и в1900-х, в начале 1920-х и 1930-х, в середине 1940-х, 1950-х, 1970-х и начале 1990-х. Эти данные объясняют высокую синхронность (не <80%) и корреляционные связи (не <0,71) даже между хронологиями для различных высотных уровней. Существенные различия значений индексов прироста наблюдаются лишь в 1720-1740-х и 1850-х гг. (рис.2).

В начале 1690-х гг. отмечался небольшой период длительностью 5-7 лет, где изменения были асинхронны у верхних и нижних групп хронологий, но это единственный случай на общем 330-летнем временном интервале.

При сравнении полученных нами и приведенных в работах И.П. Панюшкиной и Д.В. Овчинникова (1999) кривых изменения индексов прироста визуально отмечается сравнительно высокая синхронность между хронологиями, постро-

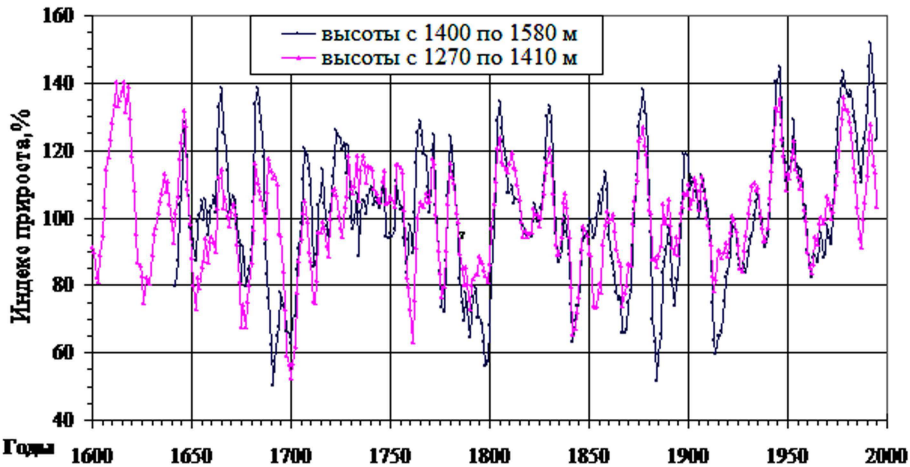

Рис.2. Генерализированные древесно-кольцевых хронологии, сглаженные 5-летней средней скользящей

При анализе связей между индексами прироста хронологий и средними месячными температурами (ГМС Ненастная) за период 1932-1989 гг., мы выявили, что наибольшие коэффициенты корреляции существуют с температурами июня текущего года роста деревьев - от +0,28 до +0,48. При исключении из выборки значений, которых лежат вне 0,95% доверительного интервала параметров линий регрессии, коэффициенты корреляции с температурами июня стали от ±0,42 до +0,62.

Также были выявлены связи между индексами прироста и суммами осадков отдельных месяцев за период 1930-1972 гг. (ГМС Ненастная). Наиболее высокие коэффициенты корреляции были обнаружены между индексами прироста и суммами осадков июня текущего года (-0,47) и июля-августа предшествующего

года (-0,39) при исключении из выборки значений, которых лежат вне 0,95% доверительного интервала параметров линий регрессии.

Е.А. Вагановым и др. (1999), Е.А. Вагановым и А.В. Шашкиным (2000) отмечалось, что коэффициенты корреляции между индексами прироста и средней температурой пятидневок повышаются, если искать связь не с температурами календарных пятидневок, а с показателями 4-7-ой пятидневок, следующих за началом активности в камбиальном слое, совпадающим с периодом распускания хвои лиственницы, когда сумма температур >5°С переходит порог 30-40 град/дней. (Шиятов,1965; Ваганов и Шашкин, 2000). Мы рассчитали даты, когда сумма указанных температур переходит этот порог, и выяснили, что хвоя у лиственниц, произрастающих в высокогорьях Кузнецкого Алатау, распускается в интервале между 10 мая и 15 июня, но наибольшее количество случаев (59,5 %) приходится на период с 25 мая по 5 июня (12-13 пятидневки начиная отсчет с 1 апреля), при чем на периоды предшествующий среднему приходится 25,7 % от общего количества случаев, а на последующий - 14,8%.

Наибольшие коэффициенты корреляции обнаружены между индексами прироста и средней температурой 17-ой пятидневки (21-25 июня) (+0,44) и суммами температур >0°С и >5°С на конец 17-20-ой пятидневки (25 июня -10 июля) (+0,28 и +0,41 соответственно). При поиске связей между индексами прироста и суммами температур >0°С и >5°С пятидневок, следующих за началом активации камбия, значения коэффициентов корреляции возрастают в 1,5-2 раза. При этом, наибольшие коэффициенты корреляции выявлены между индексами прироста и суммами температур >0°С (+0,51) и >5°С (+0,69) на конец 5-9-ой пятидневки. Эти результаты указывают на то, что активный рост в основном происходит в июне, но так как в 40,5 % случаев активность в камбиальном слое в отдельные годы роста начинается до и после 11-13–ой пятидневки, то и активной рост прекращается не строго в конце июня (на 17-19 пятидневку), а значения коэффициентов корреляции между индексами прироста и указанными выше показателями календарных пятидневок соответственно снижаются.

Наши реконструкции показывают, что в течение последних 400 лет в высокогорьях Кузнецкого Алатау происходили неоднократные и значительные изме-

нения термических условий в июне месяце, когда средняя температура в отдельные пятилетия колебалась от 8 до 13 °С. По данным инструментальных наблюдений, в период, начиная с 1838 до 1885 г., средняя многолетняя температура июня колебалась около 9,5°С, после чего начался плавный подъем до середины 1920-х. До настоящего времени средняя температура колеблется около 10,5 °С. Наиболее теплыми в последние 160 лет были периоды в середине 1840-х, с конца 1860-х по конец 1870-х, с конца 1880-х по начало 1900-х, с середины 1910-х по середину 1930-х, в середине 1940-х, в первой половине 1950-х, в начале 1960-х, в середине1970-х и 1980-х гг.

Глава 6. Изменения климата и особенности морфометрической и возрастной структуры высокогорных лиственничников

При результате анализа зависимости распределения возраста от высоты и диаметра отдельных деревьев во всех изученных местопроизрастаний вместе, было отмечено, что выделяются две группы индивидуумов - медленно и быстро растущих. (см.рис.3 и 4). При этом такая дифференциация отмечаются, как в нижних (1270-1390 м), так и в верхних (1400-1580 м) частях высотного распространения лиственницы.

Для выяснения причин дифференциации был проведен сравнительный анализ среднего проективного покрытие растений, каменистости и глубина почвы под кронами деревьев каждой подгруппы. В результате чего мы заключили, что почвенно-грунтовые условия не оказывают заметного влияния на распределение на группы медленно и быстро растущих деревьев, так как данные показатели, являющиеся индикаторами этих условий, более схожи под медленно и быстро растущими деревьями, произрастающими на одном высотном уровне, чем под аналогичными группами на разных уровнях (табл.3).

Мы предлагаем два, наиболее вероятных на наш взгляд, варианта объяснения подобной дифференциации деревьев. Одно из объяснений основывается на предположении, что всходы, которые смогли выжить в крайне неблагоприятный период (например, очень холодный) и на первых годах жизни росли крайне медленно, всю оставшуюся жизнь растут относительно медленно, как в высоту так и

в толщину; при этом способны переживать последующие крайне неблагоприятные климатические периоды и поэтому живут достаточно долго (500-700 лет). Другая группа всходов, появившихся в большом количестве в относительно благоприятный период и на первых годах жизни росших относительно быстро, оставшуюся жизнь растет сравнительно быстро, но отмирает в последующие неблагоприятные периоды на определенную долю, что приводит к полному исчезновению через 300-350 лет.

Таблица 3

Характеристика основных показателей групп по темпам роста и особенностей мест их произрастаний в высокогорьях Кузнецкого Алатау

Средние показатели деревьев, особенностей местопроизрастаний и проективное покрытие видов растений, произрастающих в пределах проекций крон		На нижних участках		На верхних участках	
		Медленно растущие	Быстро растущие	Медленно растущие	Быстро растущие
Количество моделей		32	90	137	298
Диаметр ствола, см		47±3	36±1	28±1	21±1
Высота ствола, м		15,8±0,7	18,5±0,5	10,8±0,2	10,5±0,2
Возраст у основания ствола, лет		348±17	160±7	232±7	99±3
Прирост ствола в высоту (см/ год)		4,7±0,2	13,1±0,5	4,9±0,1	11,9±0,3
Прирост ствола в толщину (мм/ год)		1,36±0,05	2,54±0,01	1,22±0,03	2,19±0,05
Ширина кроны, м		7,6±0,6	8,0±0,4	5,5±0,2	4,6±0,1
Высота над ур м		1344±8	1352±6	1445±11	1463±6
Глубина почвы, см		29±2	28±2	19±1	20±1
Каменистость, %		1,6±1,1	0,7±0,4	13,0±1,5	8,4±0,9
Покрытие, %	Ольховник	8,4±3,1	6,8±1,8	2,0±0,8	1,1±0,4
	Пихта	5,5±2,0	8,9±4,6	5,2±1,1	2,9±0,5
	Береза круглолистная	0,2±0,1	1,5±0,5	21,7±2,0	24,9±1,4
	Черника	22,6±4,1	25,5±2,4	19,5±1,8	16,1±1,3
	Водяника черная	0,0	0,0	4,0±1,1	4,9±0,8
	Брусника	0,4±0,3	0,2±0,1	5,5±0,9	3,5±0,5
	Бадан	4,6±1,8	4,7±1,2	7,6±1,0	6,8±0,8
	Вейник Лангсдорфа	13,7±3,4	17,5±1,9	5,5±1,0	4,8±0,7
	Кочедыжник расставленолистный	3,7±1,9	4,3±1,1	0,0	0,0

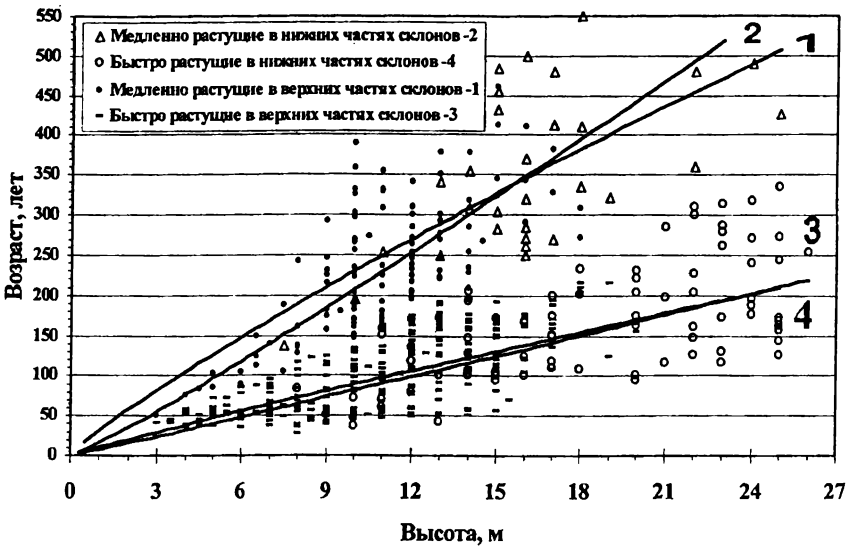

Рис. 3.Соотношение возраста на высоте 10-50 см к высоте деревьев лиственницы сибирской в разных группах по скорости роста в высоту

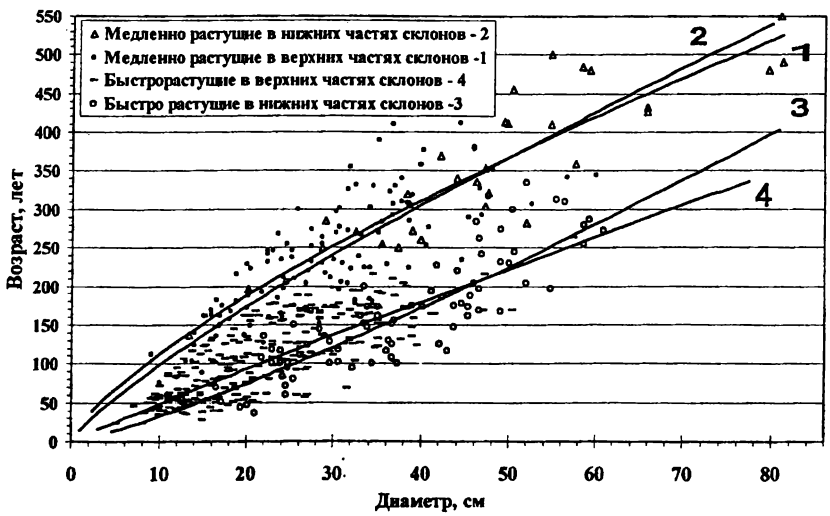

Рис.4. Соотношение возраста на высоте 10-50 см к диаметру ствола деревьев лиственницы сибирской в разных группах по скорости роста в высоту

Эти соображения об устойчивости и, особенно, долговечности медленно растущих деревьев подтверждаются нашими данными - в выборке деревьев возрастом старше 300 лет медленно растущие составляют более 90%, при этом их доля в общей выборке не превышает 30%.

Другой возможный вариант объяснения основывается на предположении, что выявленная дифференциация связанна с генетическими различиями индивидуумов, которые определяют различное содержание фитогармонов, влияющих на митотическую активность клеток меристем и, тем самым, на темпы роста (Лебеденко, 1969; Федорова, 1977).

Об этом свидетельствует тот факт, что соотношение групп в нижних (73,8 : 26,2) и верхних (68,5 : 31,5) частях высотного интервала распространения близки (причем аналогичные пропорции наблюдаются в каждом отдельном обследованном местопроизрастании), а при объяснении, основанном на влиянии климата на их дифференциацию, они должны значительно различаться (чем ниже по склону, тем климатические условия мягче, и доля медленно растущих индивидуумов должна быть значительно меньше).

При сопоставлении сглаженных 5-летней средней скользящей кривых распределения взрослых деревьев по однолетним классам возраста на высоте 10-50 см и индексов радиального прироста по годам нами было отмечено постепенное смещение максимумов и минимумов количества деревьев от максимумов и минимумов индексов прироста. Но, еще С.Г. Шиятов (1967, 1981, 1993), изучая зависимость возрастной структуры древостоев лиственничных редколесий на верхней границе леса от колебаний климата в горах Полярного Урала, выявил, что формирование возрастных поколений в наибольшей степени определяется благоприятностью термических условий того или иного периода. На основе знаний о подобных закономерностях и выявленных связей индексов прироста лиственницы с термическим режимом летних месяцев, мы провели корректировку сглаженной кривой распределения взрослых деревьев по однолетним классам возраста на высоте 10-50 см, путем внесения в нее поправок, так что большинство максимумов и минимумов последней совпали с максимумами и минимумами древесно-кольцевых хронологий (Моисеев, 2002).

По порядковым номерам и точным календарным датам мест произведенных таким способом поправок, растягивающих сглаженные кривые распределения деревьев, были простроены кривые, отражающие изменения количества лет, которые необходимо добавлять к возрасту на высоте отбора образцов медленно и быстро растущих деревьев, чтобы вычислить их реальный возраст. Для каждой кривой были вычислены уравнения. После суммирования количества лет, определенного по кернам и вычисленного по выше упомянутым уравнениям, мы определили календарный год появления каждого дерева нашей выборки и построили обобщенную кривую количества деревьев, появлявшихся в тот или иной год между 1640 и 1960 г.

Рис. 5. Сравнение сглаженных 5-летней средней скользящей кривых индексов прироста и количества деревьев лиственницы сибирской, появившихся в высокогорьях Кузнецкий Алатау

Благоприятные условия для появления всходов и выживания подроста на верхнем пределе распространения древостоев в большой степени зависят от климатической обстановки в первые годы после попадания семян на пригодный для прорастания субстрат. Так, ссылаясь на других авторов, Р. Рошфорт и Д. Петерсон (Rochefort, Peterson, 1996) считают, что улучшения условий местообитаний на верхней границе леса, в частности климатических, особенно важны в те-

чение первых 2-3 лет после прорастания семян (Knapp and Smith, 1982; Cui and Smith, 1991; Soll,1994).

Нами были выявлены отрицательные связи между количеством деревьев появлявшихся в периоды 1879 - 1930 гг. и 1931-1961 гг. и суммами средних летних температур за последующие пять лет (-0,41 и -0,71 соответственно). Также были обнаружены положительные связи между количеством деревьев появившихся в отдельные годы в периоды 1895 - 1930 гг. и 1931-1961 гг. и осредненными 5-летней средней скользящей количеством осадков (сентябрь предшествующего – август текущего года роста) (+0,63 и +0,65).

Благоприятные периоды для формирования новых поколений деревьев (см.рис.5), были приурочены к 1640-м,1660-м, 1680-м, 1700-м, 1720-м, 1740-м, 1760-1770-м, 1800-1810-м, 1850-м, 1870-1880-м, 1900-м, 1920-м, 1930-1940-м годам. Из перечисленных выше, наиболее выраженные периоды увеличения численности деревьев отмечены в 1800-1820-х гг. и 1940-1950-х гг., что совпадает с аналогичными процессами в горах Полярного Урала (Шиятов, 1967, 1981). На основе анализа полученных нами данных по подросту, подобное увеличение наблюдается так же для последних 30 лет и выражается в интенсивном лесовозобновлении в верхних частях высотного распространения лиственничников.

Общие выводы и заключение

1. В последние два-три столетия верхняя граница распространения лиственничников сместилась вверх, а кедрово-пихтовые сообщества заняли значительную часть территорий на нижнем пределе их высотного распространения.

2. В микропопуляциях лиственницы сибирской, произрастающей в высокогорьях Кузнецкого Алатау, существует дифференциация индивидуумов на группы по скорости роста в высоту и толщину, которая не связанна с особенностями условий локальных местообитаний, а может быть вызвана либо существенным различием климатической обстановкой в период появления всходов, либо генетическими различиями особей.

3. В построенных нами четырех обобщенных и двух генерализированных хронологиях по ширине годичных колец содержится сильный климатический сигнал, обусловленный изменчивостью сумм температур >5°C на конец 5-9-ой

пятидневки после начала активности в камбиальном слое, которое в 60% случаев приходится на период с 25 мая по 5 июня.

4. Выявленные связи между изменениями ширины годичных колец и климатическими параметрами (температурой и количеством осадков отдельных пятидневок и месяцев, суммами температур >0°С и >5°С) позволяют реконструировать изменения климата на Кузнецком Алатау в последние 300-400 лет.

5. Формирование возрастной структуры высокогорных лиственничников в значительной степени зависит от изменений климата, на что указывают: а) сходство между кривыми распределения взрослых деревьев по однолетним классам возраста и индексов радиального прироста по годам и б) значимые связи между количеством деревьев в однолетних возрастных группах, как с суммой средних летних температур за 5 последующих лет, так и годовым количеством осадков.

Список публикаций по теме диссертации

1. Моисеев П.А. Природные особенности территории; Природоохранная и рекреационная оценка территории; Функциональное зонирование // Технико-экономическое обоснование национального парка "Бельсу". Екатеринбург: Уральская государственная лесотехническая академия, 1996. – 277 с.

2. Моисеев П.А., Сычугов С.Э., Зюсько А.Я. Реликтовые подгольцовые лиственничные редколесия Кузнецкого Алатау // Леса Урала и хозяйство в них. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад, - 1999. - Вып.19. - С.146-150.

3. Моисеев П.А. Влияние изменений климата на возрастную структуру высокогорных лиственничников Кузнецкого Алатау в течение последних 360 лет // Реакция растений на глобальные и региональные изменения природной среды: Тез. докл. Всерос. совещ. - Иркутск, 2000. - С. 61.

4. Moiseev P.A. Influence of climate changes on radial increment and age structure of subalpine larch forests of Kuznetski Alatau over last 330 years // Tree Rings and People: Abst. of Inter. Conf. on the Future of Dendrochronology. - Davos, Switzerland, 2001. - P. 110.

5. Моисеев П.А. Влияние изменений климата на радиальный прирост и формирование возрастной структуры высокогорных лиственничников Кузнецкого Алатау // Экология. - 2002. - № 1. - С.10-17.

УГЛТУ ООП заказ №129 тир. 120 22с. 15.02.2002