



Бартыш Александр Александрович

Закономерности формирования древостоев на верхней границе леса в условиях современного изменения климата (на примере Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива)

06.03.02 – Лесоустройство и лесная таксация;

06.03.03 – Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2008

Работа выполнена на кафедре лесной таксации и лесоустройства
Уральского государственного лесотехнического университета

Научные руководители:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Зуфар Ягфарович Нагимов

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Павел Александрович Моисеев

Официальные оппоненты:
доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
Сергей Леонидович Менщиков
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Надежда Аркадьевна Кряжевских

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Башкирский государственный
аграрный университет»

Защита диссертации состоится «27» ноября 2008 г. в 10⁰⁰ часов на за-
седании Диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государст-
венном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург,
Сибирский тракт, 36, УЛК-2, ауд. 320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского госу-
дарственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан « 27 » октября 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

А.Г. Магасумова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Одной из важнейших научных проблем по-
следних лет стала оценка реакции экосистем и их отдельных компонентов
на глобальные и региональные изменения климата. Известно, что наиболее
чувствительными к изменению климатической обстановки являются эко-
системы в высокогорных и высокоширотных районах. Следовательно, в
этих районах можно получить наиболее надежные и обоснованные резуль-
таты при изучении особенностей формирования и устойчивости экосистем
в условиях изменения климата.

Древостои на верхнем пределе произрастания до сих пор остаются
слабо изученными в лесоводственно-таксационном отношении. Изучение
лесов в высокогорьях в основном носило описательный характер. В то же
время исследования особенностей формирования и современного состоя-
ния лесов в этих условиях чрезвычайно актуальны. Их результаты в пер-
вую очередь важны для оценки динамики верхней границы леса и эколо-
гической роли формирующихся на ранее безлесых территориях насажде-
ний.

Исследования автора проводились в 2004-2007 гг. в рамках между-
народного проекта ИНТАС-01-0052 и проекта РФФИ-05-04-48466.

Цель и задачи исследования. Основная цель работы – выявление
особенностей формирования древостоев и оценка их современной струк-
туры на верхнем пределе произрастания лесов в одной из наиболее возвы-
шенных частей Северного Урала в связи с изменениями климата.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- оценка лесорастительных условий на исследуемых объектах и вы-
явление факторов, оказывающих наибольшее влияние на процессы форми-
рования древостоев верхней границы леса;
- изучение динамики верхней границы леса на основе оценки изме-
нений таксационных показателей и возрастной структуры древостоев при
движении вдоль высотного градиента;
- оценка дифференциации деревьев и закономерностей их распреде-
ления по таксационным показателям на различных высотных уровнях;
- исследование взаимосвязей между таксационными показателями
стволов и крон и степени конкурентных взаимоотношений между ними.

Научная новизна. Впервые в условиях Северного Урала изучена
динамика верхней границы леса на основе оценки возрастной структуры
древостоев разных пород, произрастающих на склонах разной экспозиции.

Выявлены основные факторы, влияющие на формирование насажде-
ний на верхнем пределе произрастания лесов. Изучены изменчивость так-
сационных показателей деревьев и закономерности распределения деревь-
ев по таксационным признакам на различных высотных уровнях. Исследо-
ваны взаимосвязи между таксационными показателями стволов и крон де-

ревьев. Получены данные о таксационной структуре сформировавшихся на ранее безлесных территориях древостоев.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- в последние столетия произошло поднятие верхней границы леса относительно уровня моря на склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива;
- заселение лесной растительностью вышележащих, ранее безлесных пространств, характеризуется цикличностью и имеет специфические особенности на склонах разной экспозиции;
- сформировавшиеся в экотоне верхней границы леса древостои отличаются высокой гетерогенностью (дифференциацией деревьев по возрасту, размерам и жизненной форме);
- строение древостоев существенно различается в зависимости от высоты их расположения относительно уровня моря.

Практическая значимость работы. Результаты исследований могут быть использованы при проведении научных, лесоучетных и лесохозяйственных работ в высокогорных лесах Северного Урала. Практическое применение могут иметь данные об изменчивости таксационных показателей деревьев и корреляционные уравнения связей между таксационными показателями стволов и крон.

Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивается анализом достаточного по объему экспериментального материала, собранного с использованием апробированных методик, применением современных математических методов, компьютерной техники и прикладных программ.

Личный вклад. Сбор экспериментального материала в полевых условиях, лабораторный анализ образцов выполнены автором лично или при его непосредственном участии. Получение таксационных характеристик древостоев, вычисление статистических показателей, разработка уравнений, интерпретация полученных результатов, формулировка выводов сделаны лично автором.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов и конференции молодых ученых «Биосфера Земли: прошлое, настоящее, будущее» (Екатеринбург, 2008 г.)

Публикации. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 5 печатных работах, в т.ч. в журналах, рекомендемых ВАК – 2.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Список использованной литературы включает 163 наименования, в том числе 83 иностранных. Текст изложен на 167 страницах, иллюстрирован 22 таблицами и 30 рисунками.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В 20 веке усиление процесса лесовозобновления и увеличение сомкнутости редколесий и криволесий ниже верхней границы леса было отмечено в различных районах мира (Kearney, 1982; Lavoie, Payette, 1992; Jakubos, Romme, 1993; Taylor, 1995; Woodward et al., 1995; Lloyd, Graumlich, 1997; Kullman, 2001). Выявлен факт расселения подроста выше границы леса и ее продвижение вверх на 30-80 м высоты в течение последних 60-80 лет на Южном (Моисеев и др., 2004) и Полярном Урале (Шиятов и др., 2005). Капралов Д.С. и др. (2006), проанализировав аэрофотоснимки, ландшафтные фотографии и описания верхней границы леса в 1956 и 2005 гг., пришли к выводу о том, что за последние 50 лет произошло поднятие (в среднем на 40 м высоты) и изменение состава и структуры верхней границы мелколесий в горах Северного Урала (Тылайско-Конжаковско-Серебрянский горный массив). Однако остаются неясными начало и механизм подобных изменений.

Изучением закономерностей формирования, строения и роста древостоев в различных экологических условиях занимались многие исследователи (Никитин, 1966; Шанин, 1967; Верхунов, 1975; Кузьмичев, 1977; Гусев, 1978; Маслаков, 1981; Шавнин, 1990; Луганский, Нагимов, 1994, Гурский, 1997; Нагимов, 2000; Колтунова, 2004; Соловьев, 2006 и др.). Отмечается, что исследования строения древостоев дает объективную информацию о свойствах древостоев, в том числе об их стабильности и устойчивости (Дробышев и др., 2003). Степень напряженности конкурентных взаимоотношений в древостое изучается при помощи величины относительной высоты H:D (Высоцкий, 1962, Юкнис, 1983; Нагимов, 2000, Третьякова, 2006) и по степени криволинейности связи высоты и диаметра ствола (Юникс, 1983).

Целенаправленных лесоводственно-таксационных исследований на верхней границе леса проведено очень мало. Определенный вклад в решение этой проблемы внесла Т.С. Бабенко (2006).

В целом, проведенный анализ литературных данных позволяет сделать заключение, что многие вопросы формирования древостоев на верхней границе леса в условиях меняющегося климата изучены в недостаточной степени, а некоторые нуждаются в конкретизации для исследуемого района. Леса высокогорий в районе исследований остаются слабоизученными в таксационном отношении.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива. Он расположен в южной части средневысотных северо-уральских горных хребтов, представляющих собой частич-

но обособленный горный узел на границе Северного и Среднего Урала.

Климат в районе горного массива холодный и избыточно влажный. Летний период относительно короткий и умеренно теплый, зимний – длинный и холодный, с ранним становлением снежного покрова.

На склонах массива имеет место высотная поясность. Выделяют четыре высотных пояса: холодногольцовопустынный (первичных лабильных сообществ), горно-тундровый, подгольцовых редколесий и мелколесий и горно-лесной (Фамелис, Никонова, Шарафутдинов, 1985).

В схеме лесорастительного районирования Урала рассматриваемая территория входит в северотаежный лесорастительный округ Североуральской среднегорной провинции Уральской горно-лесной области (Колесников и др., 1973).

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, ОБЪЕКТ, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ РАБОТ

В основу работы была положена методика международного проекта ИНТАС-01-0052. На склонах различной экспозиции закладывались высотные профили. На каждом профиле фиксировались три высотных уровня: верхний – на высоте верхней границы редин, средний – у верхней границы редколесий, нижний – у верхней границы сомкнутых лесов.

На каждом высотном уровне закладывались от 2 до 6 пробных площадей размером 20x20 м. Высота над уровнем моря и географические координаты пробной площади устанавливались с помощью GPS.

На пробных площадях для каждого дерева определялись следующие характеристики: порода, номер, точное местоположение, происхождение (семенное, вегетативное), жизненная форма дерева (стволовая, многоствольная, стланиковая), высота, диаметр ствола у основания и на высоте груди, диаметр проекции кроны по двум направлениям и ее протяженность. У каждого дерева с диаметром у основания более 3 см брали буровой образец древесины (керн), а у усохшего выпиливали диск у основания ствола.

Для подсчета годичных колец каждый буровой образец древесины закреплялся в деревянном держателе, зачищался бритвенным лезвием и отбеливался зубным порошком.

Подсчет и датировка годичных колец на кернах и дисках производились в направлении от периферии к центру с использованием мастерхронологии (график погодичного изменения индексов радиального прироста) исследуемого района (Шиятов, 1986).

Изменение климатической обстановки в районе исследований оценивалось по данным, полученным на метеостанциях г. Карпинска, г. Серова и пос. Бисер за период с конца 19 по конец 20 века.

В марте 2007 г. для изучения снегонакопления на пробных площадях

и прилегающих к ним участках производилась снегомерная съемка. Одновременно исследовалась зависимость минимальной зимней температуры верхнего слоя почвы от мощности снежного покрова. С июля 2004 по август 2005 гг. с помощью датчиков производилось измерение и запись температуры воздуха в пределах пробных площадей.

В ходе полевых работ проведенных с 2002 по 2007 гг. на склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива было заложено 6 высотных профилей. Профили №1 (нижний уровень расположен на высоте 905 м над уровнем моря, а верхний – на высоте 1000 м) и №2 (895 м и 995 м) заложены на склоне северной экспозиции г. Серебрянский Камень. На этих профилях в составе древостоев доминирует лиственница. Профиль №3 (950 м и 1050 м) расположен на юго-восточном склоне г. Серебрянский Камень и тоже представлен лиственничными древостоями. Профиль №4 (945 м и 1050 м) заложен на юго-восточном склоне г. Конжаковский Камень. Здесь представлены преимущественно березовые древостои. Профиль №5 (945 м и 1030 м) находится на юго-западном склоне г. Острая Косьва, а профиль №6 (930 м и 1015 м) – на северо-западном склоне г. Тылайский Камень. На этих двух профилях в составе древостоев преобладает ель.

В табл. 3.1 в качестве примера приведены основные таксационные характеристики древостоев для трех профилей.

Таблица 3.1. Основные таксационные показатели древостое

Высотные уровни	Таксационные показатели древостои				
	средний возраст, лет	средний диаметр, см	средняя высота, м	густота, шт./га	сомкнутость крон
Профиль №1					
верхний	56	4,4	2,6	956	0,17
средний	97	7,7	3,6	1955	0,60
нижний	191	15,5	6,3	1980	1,29
Профиль №4					
верхний	2,8	2,6	44	1132	0,20
средний	4,5	3,1	66	3725	0,82
нижний	6,8	4,0	94	2009	0,73
Профиль №5					
верхний	81	5,7	2,2	563	0,13
средний	136	8,9	3,0	1300	0,39
нижний	134	17,2	5,4	1744	0,76

Данные профилям №2 и №6 собраны и предоставлены к.с.-х.н. В.А. Галако.

На шести профилях расположены 73 пробных площади, общей площадью 2,92 га. Таксационные показатели определены для 7172 деревьев (возраст установлен для 3062 деревьев). На 52 участках измерена глубина снежного покрова, в 48 точках – температура почвы на глубине 2-5 см.

Математико-статистическая обработка экспериментальных данных

проводилась с помощью компьютерных программ «Exsel 2003», «Statistica 6.0», «Statgraphics Plus 5.1».

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА СТАЦИОНАРНЫХ ВЫСОТНЫХ ПРОФИЛЯХ

4.1. Анализ изменения климатической обстановки в районе исследований

Анализ инструментальных данных по метеостанциям г. Карпинска, г. Серова и пос. Бисер за период с конца 19 по конец 20 в. показывает существенное увеличение температуры воздуха и количества атмосферных осадков. В результате сравнения средних значений температуры воздуха за 20 первых и последних лет периода наблюдений было установлено, что среднегодовая температура воздуха увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$. При этом среднезимняя температура выросла на $3,0^{\circ}\text{C}$, а среднелетняя – только $0,8^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовое количество осадков увеличилось с конца 19 по конец 20 на 260 мм (41%). Повышение количества осадков в зимний и летний периоды произошло в близком масштабе (60 и 66 мм соответственно). Следует отметить, что в феврале, марте, мае и июне количество выпадающих осадков осталось практически на одном уровне.

В целом можно констатировать, что в исследуемом районе климат стал более теплым и влажным. Причем в условиях высокогорий большое значение для роста древесных растений имеет не только общее потепление климата, но и повышение мощности снежного покрова.

4.2. Характеристика локальных условий местопроизрастаний

При оценке условий местопроизрастания насаждений на исследуемых профилях кроме высоты над уровнем моря и экспозиции склонов определялись степень увлажнения почвы, средняя температура воздуха (в зимний и летний периоды, а также за год), глубина снежного покрова, минимальная температура верхних слоев почвы в зимний период. Профили №1, №2 и №3 (в составе древостоев преобладает лиственница) находятся в восточной части горного массива. Степень увлажнения почвы здесь не имеет резких различий по высотным уровням: на верхнем уровне она сухая, а на нижележащих – свежая. Высотные уровни на этих профилях не значительно различаются и по значениям средних годовых, зимних и летних температур. Глубина же снежного покрова резко увеличивается при переходе от верхнего уровня к среднему (от 0,50 м до 1,50 м) и в меньшей степени – при переходе от среднего к нижнему (от 1,50 до 1,60). Такое изменение мощности снежного покрова объясняется тем, что значительное количество снега сдувается с вышерасположенных безлесных пространств и задерживается деревьями верхней границы леса. Причем на среднем и нижнем уровнях снег задерживается сильнее, чем на верхнем. На верхнем уровне древостой редкий и снег больше сдувается, чем накапливается. С

уменьшением высоты над уровнем моря повышается минимальная температура верхних слоев почвы. На верхнем уровне почва значительно охлаждается ($-5,1^{\circ}\text{C}$), а на среднем и нижнем уровнях – в гораздо меньшей степени ($-0,7^{\circ}\text{C}$). Существует положительная зависимость минимальной температуры почвы в зимний период от глубины снежного покрова.

Профили №5 и №6 (в составе древостоев доминирует ель) расположены на западе горного массива и поэтому характеризуются более влажными почвами, чем рассмотренные выше профили. Высокая влажность почвы здесь обусловлена большим количеством выдающихся осадков. Изучение процесса снегонакопления на этих профилях показало, что глубина снега закономерно увеличивается сверху вниз. Однако, несмотря на существенный перенос снега, глубина его значительна на всех высотных уровнях (от 1,15 до 2,00 м). Минимальная зимняя температура верхних слоев почвы сравнительно высока: $-1,8...-0,7^{\circ}\text{C}$. Она увеличивается с уменьшением высоты над уровнем моря.

Профиль №4 располагается в центральной части горного массива. Почва здесь влажная на всех высотных уровнях в связи с большим количеством выпадающих осадков. Снежный покров отличается значительной мощностью (1,7-1,8 м), мало зависящей от высоты над уровнем моря. Это по-видимому связано со сравнительно более слабым переносом снега ветром. Почва на всех высотных уровнях охлаждается всего до $-0,8...-0,7^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, на стационарных высотных профилях условия для формирования и роста насаждений весьма различны. Наиболее жестки они на профилях №1-№3, где произрастают лиственничные древостои.

ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА ПОД ВЛИЯНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Особенности формирования древостоев верхней границы леса изучались на основе анализа породного состава древостоев и подроста и распределения деревьев по годам их появления на различных высотах над уровнем моря.

5.1. Лиственничные древостои

В ходе исследования для каждого профиля в разрезе высотных уровней были рассчитаны состав и густота древостоев и подроста. В качестве примера в табл. 5.1 приведены материалы по первому профилю.

Данные табл. 5.1 показывают, что в составе древостоев на всех высотных уровнях первого профиля преобладает лиственница (99, 94, и 69% соответственно). По мере уменьшения высоты над уровнем моря усложняется состав древостоев (на верхнем уровне произрастает только две породы, а на нижнем – уже пять), уменьшается участие лиственницы и увеличивается участие других пород, особенно береск.

Таблица 5.1. Состав и густота древостоев и подроста на первом профиле

Порода	Древостой		Подрост	
	доля в составе, %	Густота, шт./га	доля в составе, %	густота, шт./га
Верхний уровень (990-1010 м н.у.м.)				
Лиственница	99	904	34	425
Береза	0	0	3	42
Ель	0	0	4	50
Кедр	1	54	59	746
Итого	100	956	100	1263
Средний уровень (930-950 м н.у.м.)				
Лиственница	94	1565	13	135
Береза	5	285	26	260
Ель	0	10	27	275
Пихта	0	55	18	185
Кедр	1	40	16	160
Итого	100	1955	100	1015
Нижний уровень (900-910 м н.у.м.)				
Лиственница	69	685	1	5
Береза	17	660	4	20
Ель	7	300	28	125
Пихта	1	245	47	210
Кедр	6	90	20	90
Итого	100	1980	100	450

На всех высотных уровнях состав подроста резко отличается от состава древостоя. На верхнем уровне доминирует кедр (59%) и значительна в возобновлении роль лиственницы (34%). С уменьшением высоты над уровнем моря наблюдается закономерное уменьшение доли подроста лиственницы и кедра. Наибольшая представленность подроста березы наблюдается на среднем уровне. Для успешного возобновления этой породы на верхнем уровне слишком суровы условия среды, а на нижнем – значительна отрицательная роль ценотических факторов (светолюбивая береза страдает под пологом древостоя). Заметно резкое увеличение доли темнохвойного подроста (до 95%) на нижнем уровне. На наш взгляд, это в первую очередь связано с увеличением густоты древостоев на данном уровне.

С уменьшением высоты над уровнем моря увеличивается густота древостоев: значительно при переходе от верхнего уровня к среднему и в меньшей степени – от среднего к нижнему. Густота подроста наоборот, со снижением высоты над уровнем моря, сокращается. Это объясняется увеличением густоты древостоев по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему. На 2 и 3 профилях были получены подобные результаты. Таким образом, оценка естественного возобновления дает основание полагать, что в будущем в лиственничниках усилятся позиции темнохвойных пород и березы.

Для оценки динамики верхней границы леса было проведено сравне-

ние возрастной структуры древостоев, расположенных на различных высотах над уровнем моря. На рис. 5.1. показаны графики распределения деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях (объединенные данные 1-3 профилей).

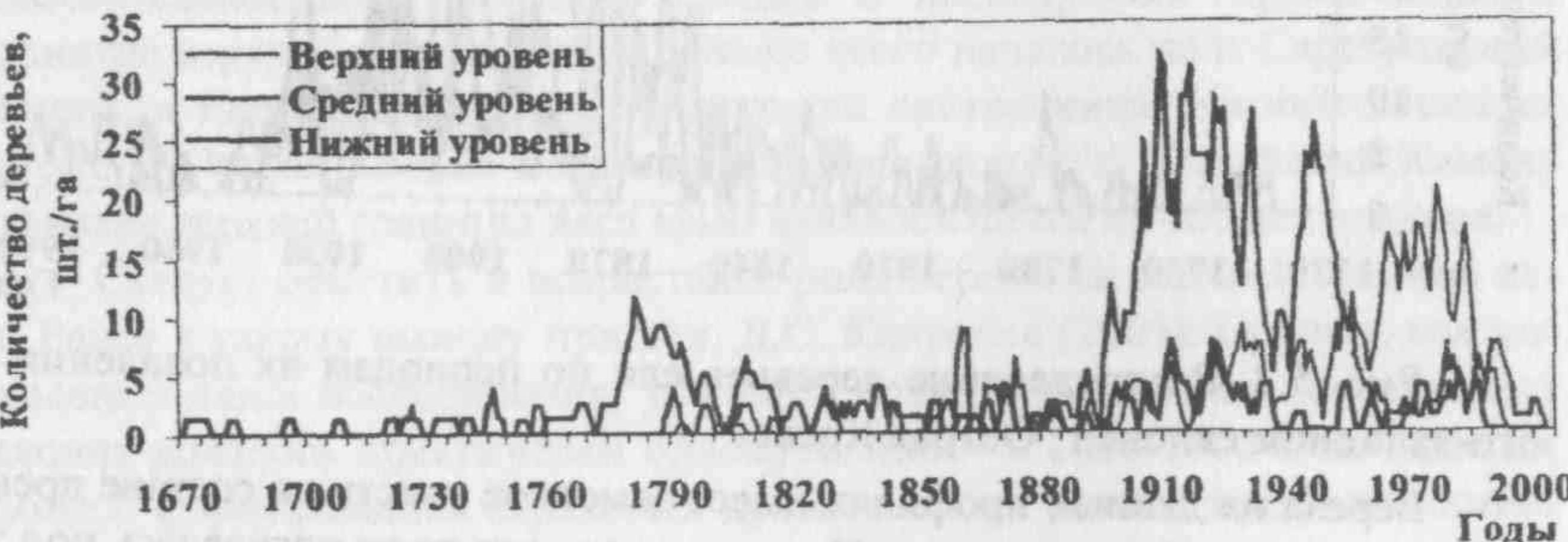


Рис. 5.1. Распределение деревьев лиственницы по периодам их появления на склонах г. Серебрянский Камень

Данные, приведенные на рис. 5.1 свидетельствуют, что на склонах г. Серебрянский Камень для нижнего уровня характерны два периода массового заселения лиственницы: 1775-1815 и 1880-1940 гг. На среднем уровне массовое ее наступление происходило в период с 1890 по 1960, на верхнем – в 1940-1990 гг.

Как отмечалось выше в составе лиственничных древостоев встречается береза. Нами выявлено, что заселение нижнего уровня всех трех профилей березой наиболее активно происходило с 1898 по 1936 и с 1946 по 1993 гг. Появление березы на среднем уровне приурочено к 1946-1993 годам. Таким образом, береза на указанных профилях появилась позже лиственницы и создает ей определенную конкуренцию.

5.2. Еловые древостои

Оценка таксационной структуры древостоев на 5 и 6 профилях показала, что в исследуемых ельниках наблюдается частичная смена ели на березу. Причем на 6 профиле этот процесс проявляется в большей степени. Однако, оценка естественного возобновления дает основание полагать, что в будущем в исследуемых древостоях будут доминировать ель и пихта.

Графики распределения деревьев ели по периодам их появления на различных высотных уровнях профиля №5 показаны на рис. 5.2. Ель на юго-западном склоне г. Острая Косьва наиболее активно заселяла нижний уровень в период с 1820-1940 (с пиком 1870-х), средний – 1840-1940 (с пиком в 1900-х), а верхний – 1880-1950 (с пиком в 1920-х гг.).

Заселение елью 6 профиля (северо-западный склон г. Конжаковский Камень) происходило несколько позже: на нижнем уровне в 1860-1940, среднем – 1890-1960, верхнем – 1940-1990 гг.



Рис. 5.2. Распределение деревьев ели по периодам их появления на юго-западном склоне г. Остров Косьва

Береза на данных профилях имеет заметное участие в составе древостое только на нижнем уровне. Причем, здесь она тоже появлялась под защитой преобладающей породы (в 1880-1860 гг.), как и на 1-3 профилях.

5.3. Березовые древостои

Несколько иные результаты получены в березняках (на 4 профиле). Здесь на всех высотных уровнях древостои состоят почти полностью из березы (на верхнем уровне 99%, на среднем – 90% и на нижнем 98%). Подрост также в основном представлен березой (на верхнем уровне – 79%, на среднем – 96% и на нижнем 83%). Таким образом, на 4 профиле береза доминирует в настоящее время и вряд ли уступит свои позиции в будущем.

Графики распределения деревьев березы по периодам их появления на различных высотных уровнях профиля №4 показаны на рис. 5.3.



Рис.5.3. Распределение деревьев березы по периодам их появления на юго-восточном склоне г. Конжаковский Камень

На склонах г. Конжаковский Камень береза интенсивно заселяла нижний уровень с 1890 по 1940, средний – с 1910 по 1960, верхний – 1940 по 2000 гг.

Начало поднятия границы леса и процессы формирования древостоев в значительной степени определяются экспозицией склонов и древесной породой, произрастающей на прежней границе леса и являющейся пионерной при освоении безлесных пространств (породы отличаются различной требовательностью к условиям среды). В исследуемом горном массиве поднятие верхней границы леса раньше всего началось на г. Серебрянский Камень, а пионерной породой выступала лиственница. На юго-западном склоне г. Остров Косьва и северо-западном склоне г. Тылайский Камень поднятие верхней границы леса елью началось почти на 100 лет позднее.

Следует отметить и возрастание роли березы на верхней границе леса. Ранее к такому выводу пришел Д.С. Капралов (2005). Причем, как показывают наши исследования, усиление позиций березы на исследуемых склонах началось практически одновременно – в 1880-1900-х гг. Однако, процесс формирования березовых древостоев на разных профилях имеет отличительные особенности. Они связаны с экспозицией склонов, наличием в составе других пород и т.д.

5.4. Оценка влияния изменений климата и локальных условий местопроизрастаний на формирование верхней границы леса

При изучении особенностей формирования насаждений особое место уделяется оценке подроста, как самому его уязвимому компоненту.

В условиях высокогорья, подрост может подвергаться морозному выжиманию, повреждению холодным воздухом, снежной абразии, морозному иссушению и т.д. Поэтому для его выживания необходима защита снежного покрова.

Как было показано выше, в процессе снегонакопления за последнее столетие произошли благоприятные для выживания подроста изменения: увеличилось количество осадков в зимний период, изменился режим их накопления – повысилось их количество осенью и в первую половину зимы (вследствие этого почва промерзает слабо).

Нами на 1-3 профилях были проведены специальные исследования, в процессе которых на основе расчета частных коэффициентов корреляции выявлялась теснота связи между количеством деревьев, появившихся в определенные календарные годы и различными климатическими факторами (средней температурой и суммой осадков холодного периода, средней температурой и суммой осадков теплого периода). Для анализа привлекались климатические показатели в разные периоды жизни дерева – в год появления дерева, на второй год после его появления и т.д.

Выяснилось, что для выживания подроста лиственницы наиболее существенное значение имеют: температура воздуха ($r = 0,43$) и количество осадков в зимний период ($r = 0,30$) при выходе подроста из под защиты травяно-кустарникового покрова (в возрасте 7-10 лет), а также температура воздуха холодного периода ($r = 0,30-0,62$) при выходе его из под

щиты снежного покрова (на верхнем уровне в 16-19 лет, на среднем в 24-30 лет).

Приуроченность породы к тем или иным склонам зависит от экспозиции склона и зависящих в значительной степени от нее влажности почвы, глубины снежного покрова и температуры верхних слоев почвы в зимний период. Ель и береза предпочитают западные части исследуемого массива с влажными почвами, а лиственница хорошо себя чувствует в восточной части на свежих и сухих почвах.

Оценка минимально необходимого для выживания подроста глубины снежного покрова показала, что она составляет для лиственницы 50, ели 100 и березы 150 см.

Древесные породы по разному реагируют на температуру верхних слоев почвы в зимний период. Подрост лиственницы выдерживает отрицательную температуру до $-5 - 6^{\circ}\text{C}$, а ели и березы могут погибнуть уже при температуре -1°C .

Таким образом, факт начала поднятия верхней границы леса лиственницей объясняется меньшей требовательностью данной породы к климатическим условиям. Более требовательные породы стали участвовать в этом процессе значительно позднее.

ГЛАВА 6. СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

В настоящих исследованиях значительный интерес представляет оценка стабильности сформировавшихся на ранее безлесных территориях насаждений. Изучение закономерностей строения древостоев позволяет объективно оценивать различные аспекты их жизнедеятельности, в том числе устойчивость к тем или иным внешним факторам. Наши исследования показали, что закономерности строения древостоев на всех исследуемых профилях имеют общие тенденции. Поэтому в данной главе мы ограничились в основном данными, полученными на первом профиле.

6.1. Распределение деревьев лиственницы по возрасту

При исследовании рядов распределения числа деревьев по возрасту прежде всего изучали характер изменения их в зависимости от высоты над уровнем моря. Анализ табл. 6.1. позволяет отметить, что средний возраст и амплитуда колебания возраста деревьев лиственницы существенным образом зависят от высоты над уровнем моря. На верхнем высотном уровне возраст деревьев колебается от 16 до 163 лет, на среднем – от 37 до 206 лет и на нижнем – от 68 до 331 года. Возрастной интервал существенно уменьшается по мере подъема в гору (с 263 на нижнем уровне, до 147 – на верхнем). Таким образом, исследуемые древостои относятся к категории абсолютно разновозрастных.

С увеличением высоты над уровнем моря существенно понижается

средний возраст деревьев лиственницы. Если на нижнем уровне этот показатель равен 191 годам, то на верхнем он снижается до 56 лет.

Таблица 6.1. Основные статистики распределения деревьев лиственницы по возрасту на различных высотных уровнях

Статистические характеристики	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень
Среднее значение, см	$56 \pm 3,0$	$97 \pm 2,5$	$191 \pm 7,2$
Минимальное значение, см	16	37	68
Максимальное значение, см	163	206	331
Коэффициент вариации, %	$56 \pm 4,8$	$35 \pm 2,0$	$33 \pm 2,9$
Коэффициент асимметрии	$1,23 \pm 0,234$	$1,09 \pm 0,180$	$-0,23 \pm 0,276$
Коэффициент эксцесса	$1,23 \pm 0,467$	$1,29 \pm 0,359$	$-0,15 \pm 0,551$
Вероятность ошибки, %	5,3	2,6	3,8

Исследуемые лиственничники отличаются высокой изменчивостью возраста деревьев. Значения коэффициента варьирования возраста закономерно уменьшаются со снижением высоты над уровнем моря, хотя амплитуда колебания возраста в этом направлении увеличивается.

Наблюдается закономерное изменение асимметрии с положительных значений на отрицательные по мере снижения высоты над уровнем моря. Такая же закономерность обнаруживается и в изменении коэффициента эксцесса. Таким образом, на верхнем и среднем уровнях распределение деревьев лиственницы по возрасту характеризуется островершинными кривыми с резкой положительной асимметрией. На нижнем уровне исследуемый ряд по форме близок к нормальной кривой. Здесь коэффициенты асимметрии и эксцесса недостоверны на 5% уровне.

Анализ графических данных распределения числа деревьев по возрасту свидетельствует, что эти ряды имеют характерные разрывы. Это дает основание для выделения в исследуемых лиственничниках возрастных поколений деревьев (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Распределение деревьев лиственницы по возрастным поколениям на высотных уровнях

Высотный уровень	Поколения		Количество деревьев, %
	№	возрастные диапазоны, годы	
Верхний	1	старше 120	4
	2	71-120	23
	3	младше 71	73
Средний	1	старше 170	5
	2	121-170	14
	3	71-120	63
	4	младше 71	18
Нижний	1	старше 250	16
	2	171-250	56
	3	121-170	14
	4	младше 121	14

Приведенные выше материалы свидетельствуют, что исследуемые древостои отличаются сложной возрастной структурой. Это объясняется особенностями (цикличностью) заселения лесной растительностью безлесных территорий выше прежней границы леса.

6.2. Распределение деревьев по диаметру и высоте

Параметры, характеризующие ряды распределения числа деревьев, зависят от многих факторов, влияющих на интенсивность процессов роста дифференциации деревьев. Эти процессы в значительной мере определяются высотой произрастания древостоев относительно уровня моря.

Средние значения диаметра закономерно уменьшаются при движении вверх по склону (табл. 6.3). Это объясняется уменьшением возраста деревьев и ухудшением условий их местопроизрастания в этом направлении. Исследуемые древостои отличаются высокой изменчивостью диаметров стволов. Коэффициент варьирования диаметров на верхнем уровне составляет 60%, на среднем – 49% и на нижнем – 39%. При сопоставлении этих данных с материалами других исследователей (Дворецкий, 1974; Верхунов, Черных, 2004; и др.) выявляется, что при примерно одинаковом возрасте коэффициенты вариации диаметров в исследуемых лиственничниках на 15-20% выше значений, приводимых в специальной литературе. На наш взгляд это объясняется значительной разновозрастностью исследуемых лиственничников.

Таблица 6.3. Основные статистики распределения деревьев лиственницы по диаметру на различных высотных уровнях

Статистические характеристики	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень
Среднее значение, см	$4,4 \pm 0,18$	$7,7 \pm 0,21$	$15,5 \pm 0,53$
Коэффициент вариации, %	$60 \pm 3,8$	$49 \pm 2,4$	$39 \pm 2,7$
Коэффициент асимметрии	$1,39 \pm 0,167$	$0,61 \pm 0,139$	$0,00 \pm 0,213$
Коэффициент эксцесса	$2,66 \pm 0,335$	$-0,27 \pm 0,278$	$0,26 \pm 0,446$

Наблюдается закономерное уменьшение коэффициента асимметрии со снижением высоты над уровнем моря. Высотная обусловленность в изменении коэффициента эксцесса не обнаруживается. Значения этого показателя на среднем и нижнем уровнях и коэффициента асимметрии на нижнем уровне не достоверны на 5% уровне значимости.

Результаты соответствующих исследований (в том числе на других профилях) показали, что в качестве вполне удовлетворительных математических функций аппроксимации эмпирических рядов на верхнем и среднем уровнях могут быть использованы кривые семейства Пирсона, а на нижнем – нормального распределения.

В исследуемых лиственничниках значения редукционных чисел диаметра составляют: на верхнем уровне 0,2-2,3; на среднем – 0,2-2,1 и на нижнем – 0,2-1,8. Следовательно, для них на верхней границе леса харак-

терен более широкий диапазон изменения относительных степеней толщины, чем по данным А.В. Тюрина (1931). По мере снижения высоты над уровнем моря число естественных степеней толщины закономерно уменьшается. Это объясняется увеличением среднего диаметра древостоев в этом направлении.

Место среднего дерева по диаметру составляет: в древостоях верхнего уровня 71,1%, среднего – 65,3% и нижнего – 60,3%. Уменьшение ранга среднего дерева с понижением высоты над уровнем моря в первую очередь связано с возрастными изменениями древостоев.

В пределах выделенных возрастных поколений сохраняется высокая дифференциация деревьев по диаметру. Коэффициент варьирования этого показателя в возрастных поколениях в большинстве случаев выше, чем коэффициенты приводимые в специальной литературе (на верхнем уровне он колеблется от 41 до 60%, на среднем – от 30 до 50%, а на нижнем – выше 27%). Таким образом, даже выделенные возрастные поколения отличаются высокой гетерогенностью. Молодые поколения деревьев на каждом высотном уровне характеризуются островершинными кривыми распределения диаметров с резкой положительной асимметрией. В старших по возрасту поколениях эти ряды трансформируются в более симметричные ряды, близкие к нормальному.

Изменчивость высот деревьев в исследуемых древостоях несколько меньше, чем их диаметров (см. табл. 6.4). Однако различия между коэффициентами варьирования диаметров и высот, особенно на среднем и нижнем уровнях, значительно ниже, чем описываемые в специальной литературе.

Таблица 6.4. Основные статистики характеристики распределения деревьев лиственницы по высоте на различных высотных уровнях

Статистические характеристики	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень
Среднее значение, м	$2,6 \pm 0,06$	$3,6 \pm 0,09$	$6,3 \pm 0,20$
Коэффициент вариации, %	$32 \pm 2,0$	$46 \pm 2,0$	$37 \pm 2,7$
Коэффициент асимметрии	$0,72 \pm 0,167$	$0,83 \pm 0,139$	$-0,29 \pm 0,213$
Коэффициент эксцесса	$-0,29 \pm 0,335$	$-0,12 \pm 0,278$	$-0,79 \pm 0,426$
Вероятность ошибки, %	1,7	2,2	3,1

Выявляется закономерное изменение коэффициента асимметрии с положительных значений на отрицательные по мере снижения высоты над уровнем моря. Значения коэффициента эксцесса на всех уровнях отрицательны и недостоверны на 5% уровне.

Диапазон изменения редукционных чисел высоты зависит от расположения древостоев относительно уровня моря: на верхнем уровне он составляет 0,5-1,8; на среднем – 0,4-2,0 и на нижнем – 0,3-1,7. Следовательно, исследуемые древостои отличаются более широким варьированием редукционных чисел высоты, чем в примерах, приводимых в специальной литературе (Верхунов, 1976; Анучин, 1982).

Ранг среднего дерева по высоте понижается с уменьшением высоты над уровнем моря: на верхнем уровне он составляет 74,4%, на среднем – 75,9% и на нижнем – 59,4%. Это положение, как и в случае с рангом среднего дерева по диаметру, объясняется повышением возраста древостоев по мере продвижения вниз по склону.

Приведенные материалы свидетельствуют, что формирующиеся в высокогорьях древостои по строению отличаются от древостоев, произрастающих в более благоприятных равнинных условиях. Изменчивость диаметров и высот, характер их распределения в древостоях значительно различаются в зависимости от высоты над уровнем моря.

6.3. Взаимосвязь диаметра и высоты деревьев

В специальной литературе отмечается, что связь диаметра с высотой у деревьев до определенного возраста является прямолинейной. Изменение соотношений между этими показателями (появление криволинейной зависимости) в основном обуславливается не возрастом деревьев, а уровнем конкуренции между ними (Юникс, 1983; Третьякова, 2006).

Наши исследования показали, что на верхнем и среднем уровнях первого профиля связь высоты и диаметра деревьев лиственницы выражается прямой линией, а соотношение этих показателей – величина постоянная (см. рис. 6.1). Такая же закономерность отмечается в лиственничниках 2 и 3 профилей. Это означает, что на этих уровнях конкуренция между деревьями не выражена. Данное обстоятельство является следствием низкой густоты и сомкнутости крон (0,2-0,5) в данных древостоях. На нижнем уровне всех трех «лиственничных» профилей связь диаметров и высот деревьев криволинейна. Как было отмечено выше, со снижением высоты над уровнем моря наблюдается закономерное увеличение густоты и плотности древостоев. Этим объясняется нарушение изометрии роста.

Выявляется закономерное снижение высоты деревьев одинакового диаметра с повышением высоты над уровнем моря. Так, на первом профиле высота деревьев диаметром 12 см в среднем составляет на нижнем уровне около 5,6 м, на среднем – 5,1 м, а на верхнем – 4,6 м. Таким образом, с изменением высоты над уровнем моря изменяется разряд высот древостоев.

С изменением высоты над уровнем моря в древостоях меняется ход изменения высоты по ступеням диаметра. Вследствие этого кривая высот древостоя определенного высотного уровня может не быть частью (отрезком) кривой высот какого-либо разряда высот из применяемой при таксации сомкнутых древостоев разрядной шкалы.

Обнаруживается, что при одинаковых значениях диаметра стволов диаметр крон закономерно увеличивается по мере продвижения вверх по склону. Эта закономерность в первую очередь объясняется изменением ранга деревьев одинаковой толщины с изменением высоты расположения

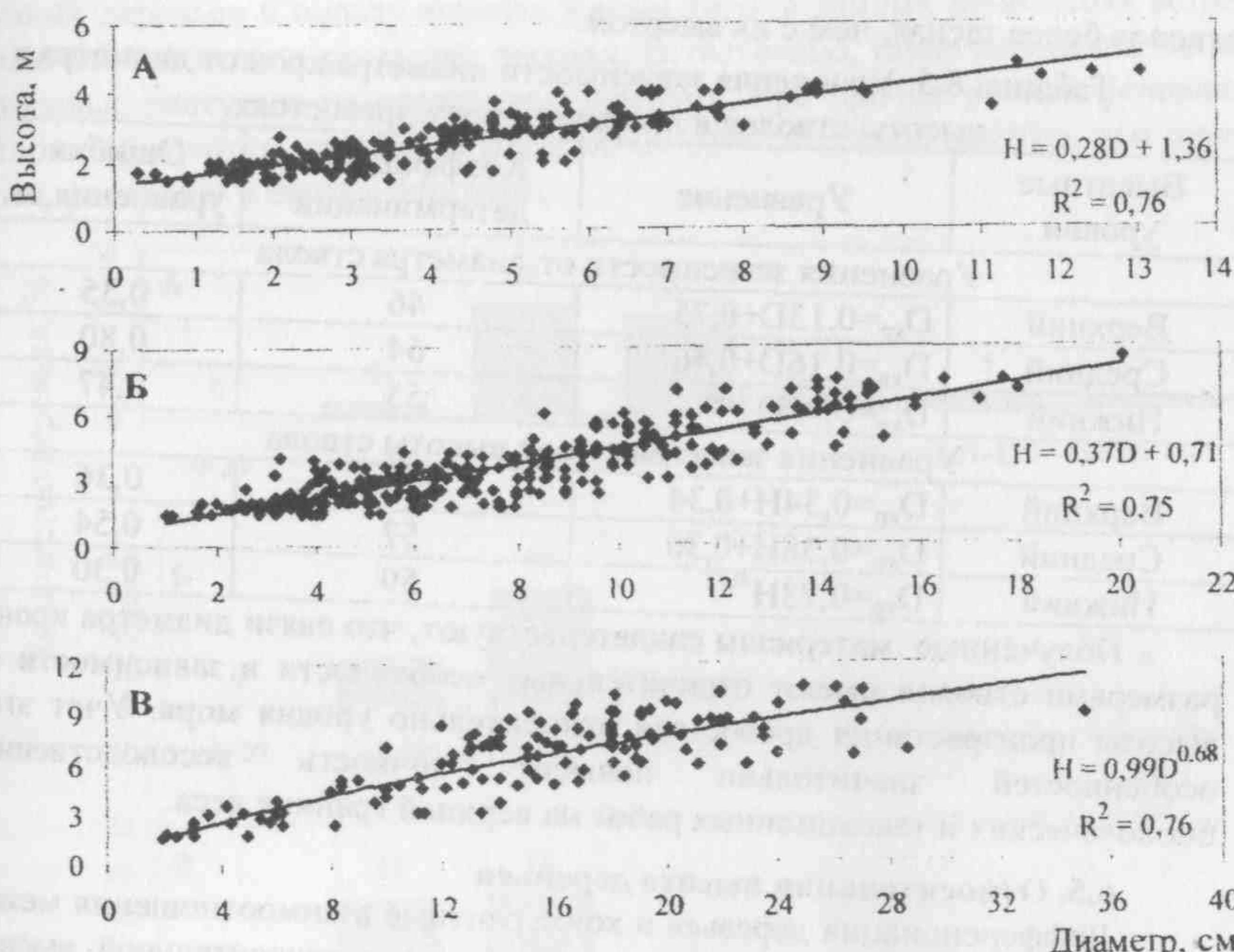


Рис. 6.1. Связь диаметра и высоты деревьев лиственницы на первом профиле: А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень. древостоев относительно уровня моря. В специальной литературе отмечается, что ранг деревьев одинаковой толщины увеличивается с уменьшением возраста и ухудшением условий местопроизрастания древостоев. Как было указано выше, с увеличением высоты над уровнем моря уменьшается возраст древостоев и ухудшаются условия их произрастания. Вследствие этого деревья одинакового диаметра имеют более высокое ранговое положение на вышерасположенных высотных уровнях, а следовательно, характеризуются в этих условиях большими размерами крон.

6.4. Взаимосвязь диаметра крон с размерами стволов

Форма связи между размерами (диаметром и высотой) стволов и диаметром крон (как и при исследовании зависимости высоты от диаметров стволов) зависит от высоты произрастания древостоев относительно уровня моря (табл. 6.5). Рассматриваемые связи на верхнем и среднем уровнях прямолинейны, а на нижнем – криволинейны. На нижнем уровне зависимость диаметра крон и от диаметра стволов и от их высоты наиболее удачно описывается степенной функцией. Теснота связей имеет тенденцию к повышению со снижением высоты над уровнем моря. Обращает на себя внимание, что в большинстве случаев связь диаметра крон с диаметром

стволов более тесная, чем с их высотой.

Таблица 6.5. Уравнения зависимости диаметра крон от диаметра и высоты стволов в лиственничных древостоях

Высотные уровни	Уравнение	Коэффициент детерминации	Ошибка уравнения, м
Уравнения зависимости от диаметра ствала			
Верхний	$D_{kp}=0,13D+0,75$	46	0,35
Средний	$D_{kp}=0,16D+0,46$	64	0,80
Нижний	$D_{kp}=0,99D^{0,68}$	55	0,47
Уравнения зависимости от высоты ствала			
Верхний	$D_{kp}=0,34H+0,34$	35	0,36
Средний	$D_{kp}=0,38H+0,36$	57	0,54
Нижний	$D_{kp}=0,73H^{0,77}$	59	0,30

Полученные материалы свидетельствуют, что связи диаметра крон с размерами стволов имеют отличительные особенности в зависимости от высоты произрастания древостоев относительно уровня моря. Учет этих особенностей значительно повысит точность лесоводственно-биологических и таксационных работ на верхней границе леса.

6.5. Относительная высота деревьев

Дифференциация деревьев и конкурентные взаимоотношения между ними наиболее полно оцениваются при помощи относительной высоты Н:Д (Высоцкий, 1962).

Как видно из рис. 6.2., максимальное количество деревьев на всех высотных уровнях имеют относительную высоту от 41 до 60. По литературным данным в сомкнутых древостоях разных пород этот показатель у большинства деревьев превышает 80.

Среднее значение относительной высоты уменьшается с понижением высоты над уровнем моря (с 58 на верхнем уровне до 41 – на нижнем). Это свидетельствует о том, что степень напряженности конкурентных взаимоотношений в исследуемых древостоях значительно ниже, чем в нормальных лиственничниках соответствующего класса бонитета (по табл. хода роста). Распределение деревьев по величине относительной высоты весьма неравномерное. Особенно это заметно на верхнем уровне. Это объясняется неравномерной полнотой и густотой произрастающих древостоев. Деревья территориально располагаются в основном биогруппами той или иной величины. Каждая биогруппа представляет собой своеобразное растительное сообщество, состоящее из растущих деревьев, тесно взаимосвязанных друг с другом и растительной средой. На рост и развитие деревьев оказывают, прежде всего, влияние ближайшие с ними «соседи», растущие в биогруппе. Причем деревья, расположенные в центре биогруппы, испытывают эффект загущенности. Это приводит к перераспределению общего прироста у

таких деревьев в пользу высоты. Кроме того, в данных древостоях встречаются и отдельно растущие деревья. Естественно, такие деревья, а также деревья, растущие на периферии биогрупп, при прочих равных условиях характеризуются меньшими значениями относительной высоты, чем деревья, растущие в центре биогрупп.

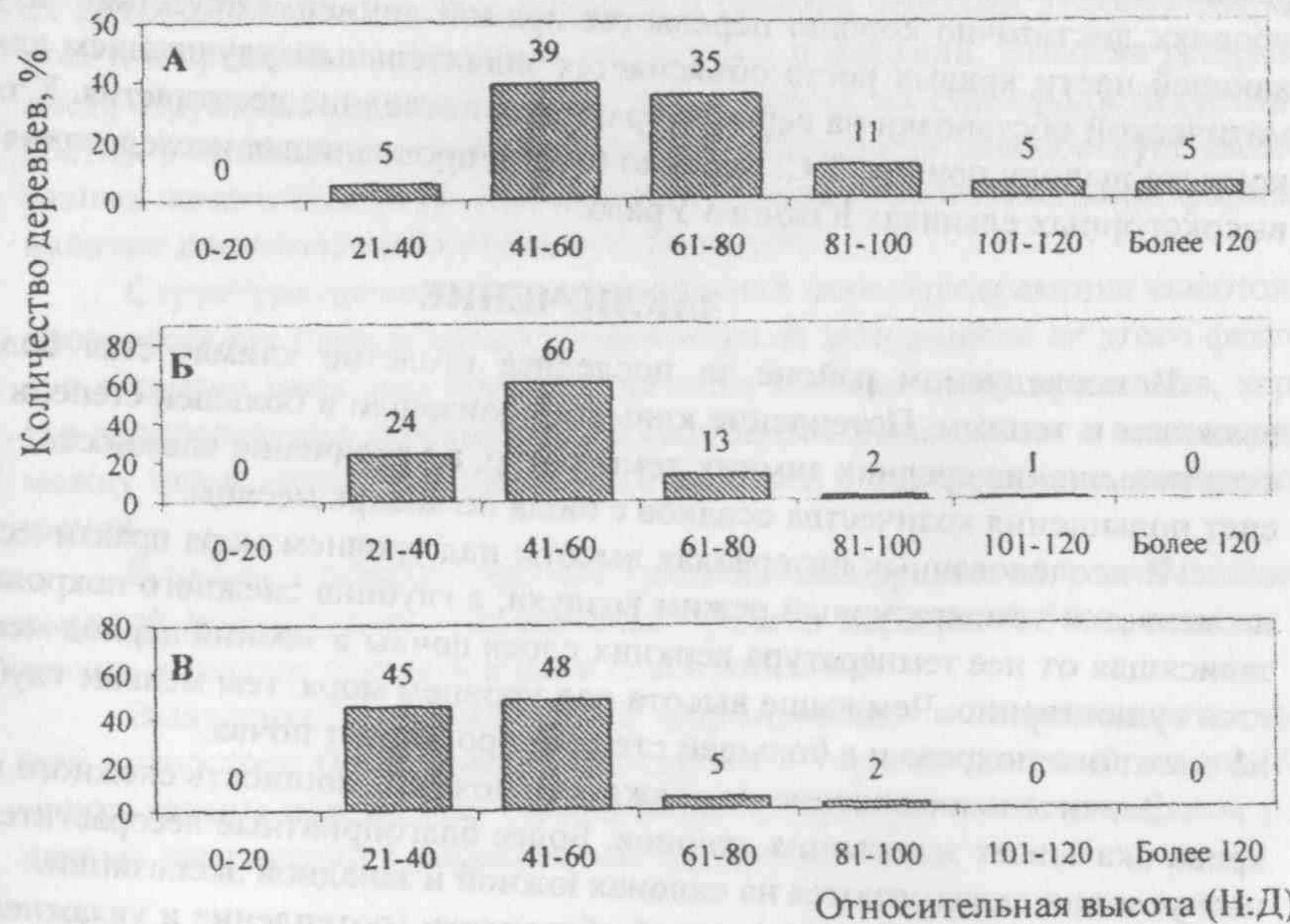


Рис. 6.2. Распределение деревьев лиственницы по показателю относительной высоты на высотных уровнях: А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

В исследуемых насаждениях встречаются многоствольные деревья – деревья, имеющие общую корневую систему и произрастающие густыми куртинами (могут насчитывать до 20 стволов). Количество таких деревьев заметно увеличивается с повышением высоты над уровнем моря. Именно этим обстоятельством можно объяснить наличие на верхнем уровне (при низкой полноте) значительного количества деревьев с относительными высотами более 120.

Таким образом, широкий диапазон варьирования относительных высот и неравномерность распределения деревьев по данному показателю можно объяснить наличием в исследуемых насаждениях достаточно обоснованных биогрупп, многоствольных и отдельно растущих деревьев.

6.6 Возрастная динамика средних диаметров и высот

Выделение в исследуемых лиственничниках возрастных поколений

позволяет с определенной долей условности рассмотреть возрастную динамику средних таксационных показателей. С этой целью для высотных уровней первого профиля по каждому возрастному поколению были определены средние значения диаметров и высот деревьев. Графические материалы показывают, что возрастная динамика диаметров и высот на всех уровнях достаточно хорошо передается прямой линией. Отсутствие затухающей части кривых роста объясняется значительным улучшением климатической обстановки на верхней границе в последние десятилетия. К такому же выводу пришла Т.С. Бабенко (2006), проводившая исследования в высокогорных ельниках Южного Урала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследуемом районе за последнее столетие климат стал более влажным и теплым. Потепление климата произошло в большей степени за счет повышения средних зимних температур, а увеличение влажности – за счет повышения количества осадков с июля по январь месяцы.

В исследованных интервалах высоты над уровнем моря практически не меняется температурный режим воздуха, а глубина снежного покрова и зависящая от нее температура верхних слоев почвы в зимний период меняется существенно. Чем выше высота над уровнем моря, тем меньше глубина снежного покрова и в большей степени промерзает почва.

Значительное влияние на влажность почвы и мощность снежного покрова оказывает экспозиция склонов. Более благоприятные лесорастительные условия складываются на склонах южной и западной экспозиции.

С изменением климатической обстановки (потепление и увлажнение климата) в районе исследований наблюдается поднятие верхней границы леса. Наглядным доказательством этого процесса является закономерное уменьшение возраста (максимального и среднего) ныне растущих деревьев разных пород при продвижении вверх по высотным профилям.

Характерной особенностью заселения лесной растительностью вышележащих, ранее безлесных территорий, является цикличность. Этот факт является причиной формирования циклично разновозрастных древостоев с несколькими возрастными поколениями деревьев и прямым подтверждением того, что в жестких условиях высокогорий для успешного роста древесных растений необходимо определенное сочетание различных факторов среды (температурного режима, мощности снежного покрова, влажности почвы). В целом же по горному массиву многоснежность зим способствует усилению позиций березы.

Начало поднятия верхней границы леса, породный состав древостоев и процессы формирования древостоев на вышележащих территориях в значительной степени определяются экспозицией склонов (от нее зависят лесорастительные условия) и древесной породой, произрастающей ниже

прежней границы леса и являющейся пионерной при освоении ранее безлесных территорий.

Строение исследуемых древостоев по возрасту, диаметру и высоте носит закономерный характер, что с биологических позиций характеризует их как сформировавшиеся природные объекты. Древостои характеризуются высокой изменчивостью возраста и размера деревьев, которая сохраняется и в пределах выделенных возрастных поколений. Высокая гетерогенность структуры древостоев свидетельствует об их стабильности (устойчивости). Увеличению гетерогенности и стабильности способствует наличие разных жизненных форм деревьев (стволовой и многоствольной формы) и наличие достаточно обособленных биогрупп.

Структура древостоев в значительной мере определяются высотой их произрастания относительно уровня моря. В зависимости от этого фактора существенно меняются средние значения таксационных признаков, характер распределения деревьев по таксационным показателям и взаимосвязей между ними, относительная высота деревьев и конкурентные взаимоотношения.

В целом в экотоне верхней границы леса древостои, различающиеся высотой произрастания относительно уровня моря на 40-50 м, следует относить к разным статистическим совокупностям.

Выявление закономерностей формирования и современного строения древостоев (на примере исследуемого горного массива) могут быть использованы при оценке таксационной структуры и экологической роли лесных насаждений в высокогорьях Северного Урала.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бартыш, А.А. Динамика верхней границы леса в связи с потеплением климата на склонах Серебрянского Камня (Северный Урал) [Текст] / А.А. Бартыш // Материалы II Всероссийской научно-техн. конф. студентов и аспирантов. Ч. 2. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2006. С. 14-17.
2. Бартыш, А.А. Динамика верхней границы леса на склонах Серебрянского Камня (Северный Урал)) [Текст] / А.А. Бартыш, З.Я Нагимов, А.С. Акулов, П.А. Моисеев, В.А. Галако // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2006. Вып. 28 С. 280.
3. Нагимов, З.Я. Структура и фитомасса березовых древостоев на верхней границе леса в условиях Северного Урала [Текст] / З.Я. Нагимов, П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, В.И. Рахманов, А.А. Григорьев // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. №3 (60), 2008. С. 61-67.

4. Бартыш, А.А. Динамика верхней границы леса на склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива (Северный Урал) [Текст] / А.А. Бартыш, З.Я. Нагимов // Материалы VI Всероссийской научно-техн. конф. студентов и аспирантов. Ч. 2. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2008. С. 236-238.

5. Моисеев, П.А. Динамика подгольцовых древостоев на склонах Серебрянского Камня (Северный Урал) в последние столетия [Текст] П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, А.В. Горяева, Н.Б. Кошкина, З.Я. Нагимов, В.А. Галако // Хвойные бореальные зоны. № 1-2, 2008 С. 17-23

155У08

Подписано в печать 23.10.2008 Объем 1,0 п.л. Заказ № 417 тираж 100 экз.
620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.