

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ТАКСАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ БУКОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

А. Б. ЯХЬЯЕВ,  
кандидат технических наук, доцент,  
Е. В. ХАЛИЛОВ,  
старший преподаватель,  
Азербайджанский архитектурно-строительный университет  
(AZ-1073, Азербайджан, г. Баку, ул. А. Султанова, д. 11; тел. 8 (012) 539-10-34)

**Ключевые слова:** *буковые древостои, таксационные признаки, возраст, полнота, распределение, уравнение связи.*

Для изучения взаимосвязи таксационных показателей буковых древостоев исследования проводились в 14 пробных площадях, заложенных в двух лесхозах северного региона Республики Азербайджан. Во время исследования в пробных площадях 5648 деревьев было распределено на три группы диаметров: 12–20; 24–44; 48–56 см, в дальнейшем изучение взаимосвязи таксационных показателей провели по этим группам. Исследуемые букняковые насаждения представлены частично расстроенными коренными сообществами. На верхней и нижней границах среднего горного пояса формируются смешанные, а в самом среднем поясе в основном чистые по составу древостои. Анализ экспериментальных данных возраста и размеров буковых древостоев показал, что диаметры и высоты в пределах отдельных классов возраста значительно варьируются, при этом между ними существуют определенные связи. Взаимосвязи таксационных показателей характеризовали коэффициентом корреляции, который варьируется в пределах  $r = 0,832–0,996$ . Эти данные показывают высокую степень корреляционной связи между указанными признаками. Корреляционную зависимость между таксационными признаками выражали через логарифмическое уравнение типа  $y = \ln(x) - b$ . В работе для каждой группы диаметров, соответствующих возрастам молодняков, средневозрастных и спелых древостоев, установили конкретные уравнения связи между диаметром и высотой с возрастом и ступенями толщины деревьев, а также их статистические показатели. Параметры уравнений и статистические показатели связи таксационных признаков для разных групп диаметров представлены графически. Сравнение с помощью критерия согласия экспериментальных данных с эмпирическими выражениями еще раз подтвердило сильную изреженность буковых древостоев в прошлом. Полученные уравнения связи могут быть использованы при инвентаризации буковых древостоев Большого Кавказа и разработке лесопроектов.

## RELATIONSHIP OF TAXATION RATES OF BEECH STANDS

A. B. YAKHYAEV,  
candidate of technical sciences, associate professor,  
E. V. KHALILOV,  
senior lecturer,  
Azerbaijan Architecture Construction University  
(11 A. Sultanova Str., AZ-1073, Azerbaijan, Baku; tel.: +7 (012) 539-10-34)

**Keywords:** *beech stands, taxation evidence, age, completeness, distribution, correlation equation.*

To examine the relationship of taxation indicators of beech stands investigations on 14 sample plots laid in two forestry of northern region of the Azerbaijan Republic were carried out. During the study of the plots, 5648 trees were divided into three groups of diameters: 12–20; 24–44; 48–56 cm, the study of the relationship indicators taxation was carried out by these groups. Investigated beech stands presented by partly frustrated indigenous communities. Composition of the stands in the upper and lower boundaries of the middle mountain zone are mixed, and in the middle belt there are substantially pure on the composition forest stands. The analysis of beech stands size and age experimental data, reveal that the diameters and heights within the individual age classes vary greatly, in this case there is some connection between them. Relationships of taxation indicators characterize the correlation coefficient, which ranges  $r = 0,832–0,996$ . These data indicate a high degree of correlation between specified attributes. Correlation between taxation indices expressed by a logarithmic equation of the type:  $y = \ln(x) - b$ . For each group of diameters corresponding to the age of young growths, middle-aged and mature stands specific equation of relationship between diameter and height with age and diameter classes of trees established, as well as their statistics. In this work parameters of equations and statistical indicators of relationship of taxation indicators for the respective groups of diameters have a graphical representation. Comparisons with the help of the criteria for the consent of the experimental data with empirical expressions again corroborate the strong thinning beech stands in the past. Obtained equations can be used for inventory of beech stands of the Greater Caucasus and the development of forest projects.

*Положительная рецензия представлена Т. А. Ахвердиевой, доктором технических наук, деканом Азербайджанского архитектурно-строительного университета.*

Изучение возрастной структуры, строений по диаметру и высоты буковых древостоев показало, что между возрастом и биометрическими размерами деревьев существует определенная зависимость [7]. Как известно, разновозрастные буковые насаждения характеризуются постепенным переходом от подростка к верхнему пологу. В таких древостоях на одной и той же площади одновременно представлены деревья с I по XV классы возраста и выше. Разница в возрастах отдельных деревьев в пределах только одной ступени толщины достигает 110 лет, что связано с величиной периода замедленного роста и другими факторами среды. Однако преобладающая часть стволов в пределах отдельной ступени ограничивается разницей примерно в два класса возраста. Как видно, одному значению признака соответствует более одного значения другого признака, а это указывает на наличие между ними корреляционной зависимости [2, 4].

В опубликованных работах по буковым лесам Кавказа и Карпат И. М. Науменко (1956), Л. В. Бицина (1965), И. П. Коваля (1969), Я. А. Сабана (1988) и других отмечается, что зависимость между диа-

метром (d) и возрастом (A), а также между диаметром и высотой (H) можно выразить определенными уравнениями [5].

И. М. Науменко (1956) установил связь между возрастом и диаметрами деревьев в отдельности для ступеней толщины от 8 до 56 см и 60 см и выше. В принятых им возрастных делениях первое соотношение охватывает преимущественно деревья второго и третьего поколений, а второе соотношение соответствует деревьям первого поколения.

И. П. Коваль (1969) предлагал зависимость между диаметрами и возрастом в разновозрастном буковом насаждении в определенных границах представить уравнением параболы третьей степени. Зависимость между анализируемыми показателями оценил по корреляционному отношению, в качестве независимой переменной принимал возраст.

Я. А. Сабан (1988) при изучении таксационного строения буковых древостоев Карпат по высоте аналитическим путем установил связь между относительными диаметрами и высотами, которая в пределах группы средних диаметров выражается уравнением параболы третьей степени.

Таблица 1  
Характеристика древостоев пробных площадей  
Table 1  
Characteristics of plots of forest stands

№ ПП	Состав древостоя	Высота, м у. м.	Крутизна, град.	Экспозиция	Тип леса	Средние			Относ. полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
						A, лет	D, см	H, м		
№ of PLOT	Stands features	Height, a. s. l. m	Steep-ness, degree	Exposure	Forest type	Average			Rel. full-ness	Stock, m <sup>3</sup> /ha
						A, year	D, cm	H, m		
ПП-1 plot-1	8Бк2Гр 8Be2Hr	1156	22	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.					
ПП-2 plot-2	6Бк4 Гр+Яс 6Be4 Hr+As	938	19	сев. N	букн. оvc. beech. fes.					
ПП-3 plot-3	6Бк2Д2Гр 6Be2O2Hr	908	25	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.					
ПП-4 plot-4	10Бк 10Be	1242	23	сев.-вос. NE	букн. оvc. beech. fes.	172	44	22	0,51	163
ПП-5 plot-5	7Бк3Гр 7Be3Hr	884	20	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.	130	36	19	0,58	166
ПП-6 plot-6	5Бк5Гр 5Be5Hr	764	32	сев.-вос. NE	букн. оvc. beech. fes.	138	40	21	0,43	122
ПП-7 plot-7	8Бк2Кл 8Be2Ac	764	32	сев.-вос. NE	букн. оvc. beech. fes.	94	24	12	0,61	90
ПП-8 plot-8	8Бк2Кл 8Be2Ac	1340	26	сев.-вос. NE	букн. ясм. beech. ash.	110	32	19	0,54	143
ПП-9 plot-9	8Бк2Кл 8Be2Ac	1340	26	сев.-вос. NE	букн. ясм. beech. ash.	144	40	20	0,63	176
ПП-10 plot-10	8Бк2Кл 8Be2Ac	1340	26	сев.-вос. NE	букн. ясм. beech. ash.	198	56	29	0,72	254
ПП-11 plot-11	6Бк2Гр2Кл+Яс 6Be2Hr2Ac+As	830	35	сев.-зап. NW	букн. оvc. beech. fes.	182	52	26	0,63	187
ПП-12 plot-12	6Бк2Гр2Кл+Яс 6Be2Hr2Ac+As	830	35	сев.-зап. NW	букн. оvc. beech. fes.	68	12	13	0,40	67
ПП-13 plot-13	8Бк2Д 8Be2Oa	1412	25	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.	116	32	19	0,50	132
ПП-14 plot-14	8Бк2Д 8Be2Oa	1412	25	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.	80	20	14	0,44	78
ПП-15 plot-15	5Бк4Гр1Д 5Be4Hr1Oa	768	36	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.	84	20	15	0,42	72
ПП-16 plot-16	5Бк4Гр1Д 5Be4Hr1Oa	768	36	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.	124	32	19	0,52	136
ПП-17 plot-17	4Бк4Гр2Кл+Д 4Be4Hr2Ac+Oa	920	20	сев.-вос. NE	букн. разт. beech. forb.	68	48	30	0,45	190
ПП-18 plot-18	4Бк3Д3Гр 4Be3Oa3Hr	836	22	сев.-зап. NW	букн. разт. beech. forb.					
ПП-19 plot-19	5Бк3Д2Гр 5Be3Oa2Hr	870	26	сев.-зап. NW	букн. ясм. beech. ash.					
ПП-20 plot-20	8Бк2Гр 8Be2Hr	1318	18	сев.-зап. NW	букн. разт. beech. forb.					

**Цель и методика исследований.** Цель данной работы – установить связь между таксационными показателями низко- и среднеполнотных буковых древостоев по группам средних диаметров, соответствующих молоднякам средневозрастных и спелых насаждений.

Связь между таксационными показателями буковых лесов Большого Кавказа изучали в Шабранском лесхозе на девяти, в Килезинском лесхозе на пяти пробных площадях (ПП). Во время полевых работ в двух лесхозах описаны 4280 и 1368 деревьев, всего были заложены 14 пробных площадей, описаны 5648 деревьев (табл. 1). Согласно И. С. Сафарову и В. А. Олисаеву (1991), район исследования относится к лесорастительной области южных макросклонов Большого Кавказа. Рельеф расположения ПП гористый с высотой 850–1650 м у. м. и крутизной склонов 15–35° [5–6].

На каждой пробной площади проводили лесоводно-таксационное описание, сплошной перечет деревьев, у 35–40 деревьев измеряли высоты выотомером Блюме – Лейсса (Германия). Возраст древостоя определяли по кернам, взятым у шейки корня 30–40 деревьев бука, 4–6 сопутствующих пород, и по спилам на этой же высоте 5–7 деревьев бука и 2–3 сопутствующих пород.

Таксационные материалы анализировали в соответствии с методическими указаниями [1–4].

При проведении предварительного осмотра обнаружено, что состав древостоя пробных площадей смешан с дубом, грабом, кленом и др. В подлеске встречается лещина, боярышник, мушмула, груша лесная, яблони лесные, бузина и др. Напочвенный покров неравномерный, преобладает ясменник, мел-

котравье, овсяница и др. Тип леса – разнотравный, овсяницевый, мелкотравно-ясменниковый. Для древостоев характерно сильное колебание высоты (толщины) деревьев, здесь можно найти экземпляры бука любой высоты (толщины), начиная от нескольких сантиметров (от 6 до 100 см) до 34 м. Возраст отдельных экземпляров бука (включая подрост) на одной и той же площади колеблется от первого класса возраста до 386 лет. Наибольшее количество его находится в группе молодняков.

**Результаты исследований.** Исследуемые букняки представлены частично расстроенными коренными сообществами. Они на верхней и нижней границах среднего горного пояса формируют смешанные, а в самом среднем поясе в основном чистые по составу или с меньшей примесью древостоев. Доминирует бук, присутствует граб, дуб, клен и ясень. Древостоев пробных площадей низко- и среднеполнотные и относятся к III–IV классам бонитета.

При анализе возрастной и размерной структуры буковых древостоев ранее нами было отмечено значительное варьирование диаметра и высоты в пределах отдельных классов возраста, при этом существует определенная связь между этими показателями. Связь диаметра с возрастом характеризуется коэффициентом корреляции, который варьируется в пределах  $r = 0,832-0,996$ . Эти данные показывают высокую степень связи между указанными признаками, причем в спелых частях древостоев значение коэффициента корреляции немного меньше, чем в молодняках и средневозрастных насаждениях [8, 10].

Корреляционную зависимость между диаметром, высотой и возрастом выражали через логарифмическое уравнение типа  $y = a \ln(x) - b$ . На ос-

Таблица 2  
**Параметры уравнений и статистические показатели связи таксационных признаков**  
 Table 2

**Parameters of equations and statistical indicators of connection of taxation signs**

Группа диаметров <i>Diameter group</i>	Параметры уравнения <i>Parameters equations</i>			Статистические показатели <i>Statistical indicators</i>				
	R <sup>2</sup>	a	b	r	V, %	A	E	τ <sub>2</sub>
Связь диаметра с возрастом при средних диаметрах <i>Relation of the diameter with age on the average diameters</i>								
12–20 см (см)	0,87	23,02	80,42	0,99	58,7	+0,26	-1,19	0,99
24–44 см (см)	0,95	41,37	164,2	0,99	52,4	-0,12	-1,45	0,99
48–56 см (см)	0,99	58,27	248,7	0,98	40,4	-0,50	-1,10	0,96
Связь высоты с возрастом при средних диаметрах <i>Relation of the diameter with height on the average diameters</i>								
12–20 см (см)	0,96	9,18	25,99	0,99	35,3	-0,36	-1,30	0,98
24–44 см (см)	0,99	10,55	33,81	0,97	30,1	-0,72	-0,69	0,94
48–56 см (см)	0,85	7,94	14,52	0,83	13,5	-1,64	+1,67	0,69
Связь высоты со ступенями толщины при средних диаметрах <i>Relation of the height with width steps on the average diameters</i>								
12–20 см (см)	0,99	8,45	9,30	0,97	27,1	-0,70	-0,65	0,95
24–44 см (см)	0,99	7,83	7,89	0,95	25,3	-0,94	+0,04	0,91
48–56 см (см)	0,93	6,88	(+) 0,35	0,89	12,2	-1,43	+1,44	0,80

нове данного уравнения рассчитывали конкретные уравнения связи для каждой группы диаметров деревьев. Коэффициенты аппроксимации ( $R^2$ ) уравнений изменялись в пределах 0,847–0,997. Параметры уравнений и статистические показатели представлены в табл. 2.

Вычисленные по указанным уравнениям значения диаметров и высот деревьев при соответствующих возрастах, а также значения высот при соответ-

ствующих ступенях толщины деревьев по группам средних диаметров показаны на рис. 1 (а, б, в).

С этими уравнениями по возрасту можно определить диаметр древостоя с точностью до 3–5 см. Поскольку исследования проводились в основном на ранее сильно изреженных неурегулированными рубками древостоях, такую степень точности можно считать приемлемой.

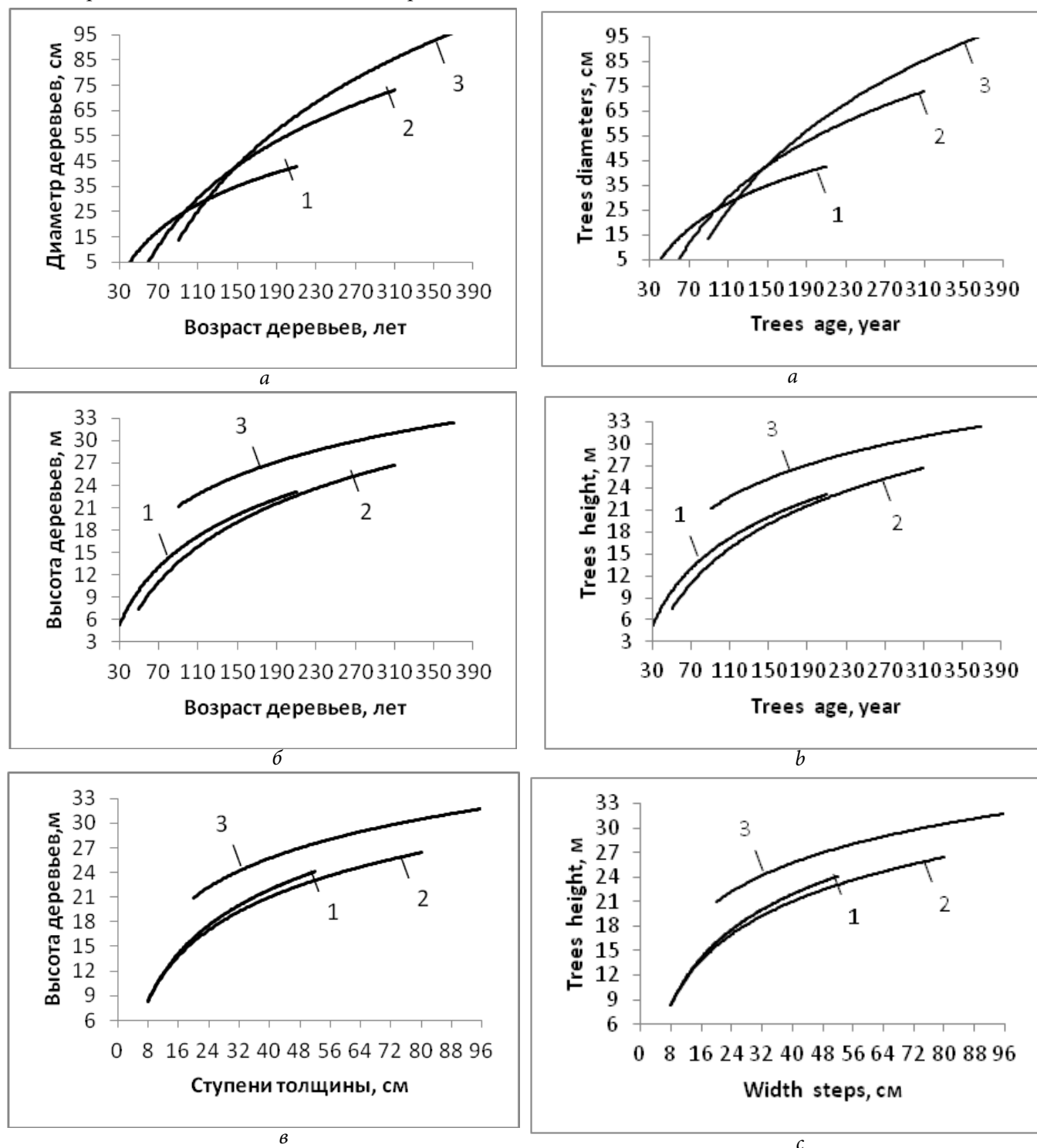


Рис. 1. Связь диаметра и высоты с возрастом (а и б) и ступенями толщины (в): 1 – в молодняках с группами средних диаметров 12–20 см; 2 – в средневозрастных древостоях – 24–44 см; 3 – в спелых древостоях – 48–56 см

Fig. 1. Relationship of diameter and height with age (a, b) and width steps (c): 1 – in young stands with mean diameter groups (12–20 cm); 2 – in middle-aged stands with mean diameter groups 24–44 cm; 3 – in mature stands (48–56 cm)

Как известно, важным показателем структуры древостоев, т. е. взаимодействия деревьев, является коэффициент вариации по диаметру. Для молодняков низко- и среднеполнотных букняков Большого Кавказа характерны высокие коэффициенты вариации диаметров по классам возраста, которые достигают 60 %. Коэффициент вариации диаметров с возрастом уменьшается от 13,5–35,3 % в средневозрастных до 12,2–27,1 % в спелых насаждениях. Как видно, в низко- и среднеполнотных буковых насаждениях с возрастом распределение диаметров по классам возраста приближается к нормальному распределению. Полученные кривые связи диаметров с классами возраста показывают, что все деревья данных древостоев пока еще имеют интенсивный рост в толщину, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции (0,983–0,996) между указанными признаками.

Кривым распределения диаметров по классам возраста свойственна в молодняках положительная (+ 0,26), в средневозрастных (–0,12) и в спелых (–0,50) древостоях отрицательная асимметрия. Как видно, кривая распределения диаметров с возрастом в молодой части древостоев из-за повышенного прироста по диаметру имеет правостороннюю асимметрию. С возрастом прирост по диаметру уменьшается, и соответственно кривая связи характеризуется с левосторонней асимметрией. В рассмотренных древостоях с увеличением возраста деревьев показатели асимметрии кривых распределения диаметров уменьшаются.

В буковых древостоях показатели эксцесса кривых распределения диаметров с возрастом изменяются в широких пределах (–1,45) ... (+1,67), причем они с возрастом увеличиваются. Это связано с тем, что с возрастом концентрация деревьев около среднего по диаметру дерева уменьшается, что характерно для низкополнотных насаждений.

Изучение связи высоты древостоев с возрастом проводилось так же, как и исследования связи диаметра с возрастом (рис. 1б). Путем использования логарифмических уравнений определили корреляционные связи и статистические показатели распределения высоты деревьев по возрасту (табл. 1).

Связь между высотой и ступенями толщины деревьев устанавливали с помощью логарифмических уравнений. Вычисленные по указанным уравнениям значения высот при соответствующих ступенях толщины показаны на графике (рис. 1в).

Из графических материалов видно, что с изменением среднего диаметра древостоев кривые высот меняют свою выпуклость и наклон по отношению к оси абсцисс. При меньших диаметрах кривая высот более выпуклая и круче поднимается вверх, а с уве-

личением диаметров она становится более плоской. Кроме того, наблюдается закономерное увеличение выпуклости кривых высот в зависимости от степени изреженности насаждений. Это указывает на то, что данные насаждения с полнотой 0,2–0,3 сильно были изрежены 20–30 лет назад. За это время древостои как бы омолаживались с появлением большого числа молодняка в основном с породами примеси, которые характеризуются более интенсивным приростом в высоту [6, 9].

При изучении связи высоты с диаметром выяснилось, что в молодом возрасте в буковых древостоях имеется высокий коэффициент вариации по высоте (27,1 %), и сильно выражена отрицательная асимметрия. С увеличением средних диаметров показатели асимметрии постепенно уменьшаются (от –0,70 до –1,43), что связано с восстановительным процессом низкополнотных буковых древостоев и приближением их по структуре высоты к нормальному распределению.

С увеличением среднего диаметра древостоев крутость кривых распределения высот увеличивается от –0,65 при средних диаметрах 12–20 см до 1,44 при средних диаметрах 48–56 см. Это связано с тем, что в низкополнотных древостоях с увеличением диаметра распределение высоты деревьев еще больше отличается от нормального.

При изучении связей между таксационными показателями данные распределения диаметров и высот в зависимости от возраста и ступени толщины деревьев сравнивались с эмпирическими выражениями. Сравнения провели с помощью критерии согласия  $\chi^2$ . Из полученных данных табл. 1 видно, что во всех рассмотренных древостоях критерии согласия имеют положительное значение, т. е.  $\chi^2 > 0$ , а это еще раз подтверждает сильную изреженность буковых древостоев в прошлом.

Следовательно, полученные уравнения связи между таксационными показателями деревьев могут быть использованы при инвентаризации буковых древостоев северо-восточных склонов Большого Кавказа и разработке лесопроектов.

**Выводы.** В буковых древостоях связь между таксационными показателями установили по группам деревьев: в молодняках со средними диаметрами 12–20 см; средневозрастных – 24–44 см; спелых древостоях – 48–56 см.

Между таксационными показателями определили корреляционную зависимость, которую выразили логарифмическим уравнением типа  $y = a \ln(x) - b$ .

Установлены статистические показатели распределения диаметров и высоты по классам возраста и ступеням толщины деревьев, и обоснованы все их отклонения от нормального распределения.

**Литература**

1. Бахтин А. А., Соколов Н. Н. Типы возрастной структуры заболоченных сосняков Архангельской области // *Лесной журнал*. 2015. № 4. С. 76–86.
2. Исмаилов Н. И. Объемные таблицы древесных пород Азербайджанской Республики. Баку, 2011. Т. I. 242 с.
3. Кутявин И. Н. Возрастная динамика роста сосны в условиях Северного Приуралья // *Лесной журнал*. 2013. № 5. С. 115–123.
4. Разин Г. С. О законах и закономерностях роста и развития, жизни и отмирания древостоев // *Лесной журнал*. 2012. № 1. С. 18–23.
5. Яхьяев А. Б. Строение буковых лесов северо-восточных склонов Большого Кавказа // *Труды ЦБ Сада НАН Азербайджана*. 2011. Т. VIII. С. 185–193.
6. Яхьяев А. Б. и др. Возрастная структура буковых древостоев северо-восточных склонов Большого Кавказа // *Известия НАН Азербайджана. Сер. : Биологические науки*. 2011. Т. 66. № 3. С. 112–116.
7. Яхьяев А. Б. Возрастная и размерная структура буковых насаждений северо-восточного склона Большого Кавказа по типам леса // *Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках : материалы V междунар. конф.* Баку : Ин-т дендрологии НАН Азербайджана, 2013. С. 323–332.
8. Sprauer S., Nagel Ju. Aboveground productivity of pure and mixed Norway spruce and European beech stands // *European Journal of Forest Research*. 2015. May. P. 25–32.
9. Racko V., Saniga M., Cunderlik I. Influence of silvicultural strategies on red heartwood occurrence in beech // *Wood research*. 2015. Jan. P. 128–133.
10. Kacprzyk M. Dead trees in beech stands of the Bieszczady national park: quantitative and qualitative structure of associated macrofungi // *Applied Ecology and Environmental Research*. 2014. Aug. P. 325–329.

**References**

1. Bakhtin A. A., Sokolov N. N. Types of age structure of waterlogged pine forests in the Arkhangelsk region // *Forest journal*. 2015. № 4. P. 76–86.
2. Ismayilov N. I. Volume tables of the tree species of the Azerbaijan Republic. Baku, 2011. Vol. I. 242 p.
3. Kutuyavin I. N. Age dynamics of *Pinus sylvestris* growth in the Northern Cis-Urals // *Forest journal*. 2013. № 5. P. 115–123.
4. Razin G. S. Laws and mechanisms of growth and development, bios and die-off of wood stands // *Forest journal*. 2012. № 1. P. 18–23.
5. Yakhyayev A. B. The structure of the beech forests in the north-east slopes of the Great Caucasus // *Proceedings of the Garden of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*. 2011. Vol. VIII. P. 185–193.
6. Yakhyayev A. B. et al. Age structure of the beech stands of the north-east slopes of the Great Caucasus // *Proceedings of the Biological Sciences of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*. 2011. № 3. Vol. 66. P. 112–116.
7. Yakhyayev A. B. Age and size structure of the beech stands of the north-east slopes of the Great Caucasus according forest types // *Landscape architectures in botanical gardens and dendroparks : materials of the V International conference*. Baku : Dendrology Institute of the ANAS, 2013. P. 323–332.
8. Sprauer S., Nagel Ju. Aboveground productivity of pure and mixed Norway spruce and European beech stands // *European Journal of Forest Research*. 2015. May. P. 25–32.
9. Racko V., Saniga M., Cunderlik I. Influence of silvicultural strategies on red heartwood occurrence in beech // *Wood research*. 2015. Jan. P. 128–133.
10. Kacprzyk M. Dead trees in beech stands of the Bieszczady national park: quantitative and qualitative structure of associated macrofungi // *Applied Ecology and Environmental Research*. 2014. Aug. P. 325–329.