

УДК 630.[5+5.582]:632.2

**А. І. ЗАДОРЖНИЙ<sup>1</sup>, Г. Г. ГРИНИК<sup>2\*</sup>**

**ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ БАЗИСНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ДЕРЕВИНИ СТОВБУРІВ ЯЛИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ В ПЕРЕВАЖАЮЧИХ ТИПАХ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛОНІНСЬКОГО ХРЕБТА (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

1. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

2. Національний лісотехнічний університет України

За результатами досліджень деревостанів ялини європейської на території Полонинського хребта Українських Карпат у переважаних типах лісорослинних умов (ТЛУ) С<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> проаналізовано особливості динаміки щільності деревини стовбурів, деревини стовбурів у корі та кори стовбурів дерев у абсолютно сухому стані, у стані максимального насичення вологою, а також базисної щільності. Середні значення базисної щільності деревини стовбура в ТЛУ С<sub>3</sub> становить  $392 \pm 9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , а у ТЛУ D<sub>3</sub> –  $345 \pm 8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ . Встановлено, що максимальна різниця середніх значень базисної щільності в різних типах лісорослинних умов є характерною для кори –  $103 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (25,4 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>) у порівнянні з рештою фракцій, де ця різниця є менш істотною – значення середньої базисної щільності деревини стовбура відрізняється на  $45 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (12,0 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>), а деревини стовбура в корі – на  $64 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (16,4 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>). Здійснено моделювання вікової динаміки базисної щільності деревини стовбура та її залежності від значення діаметра та висоти стовбура. З'ясовано, що характерним для динаміки значень середньої базисної щільності деревини стовбура ялини європейської з віком для ТЛУ С<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> є зменшення значень показника в молодому віці та поступове зростання до віку стиглості. Середні значення показника є вищими в ТЛУ С<sub>3</sub>, якщо порівняти з ТЛУ D<sub>3</sub>.

Ключові слова: базисна щільність, ялина європейська, надземна фітомаса, деревина стовбура.

**Вступ.** Можливість оцінювання потенційних об'ємів біомаси в карпатських лісах, з погляду можливого її використання з екологічною, виробничою та енергетичною метою, є надзвичайно важливим питанням, вирішення якого є актуальним і нині. Зважаючи на важливість стабілізаційної ролі лісів, на сьогодні потрібна достовірна інформація, на основі якої можна здійснювати прогнозування впливу лісових масивів Карпат на екологічний стан довкілля регіону. Значні площі на території лісового фонду в Українських Карпатах займають похідні ялиники. Тому питання особливостей якості та формування деревини стовбурів дерев ялини європейської в таких умовах потребує детального дослідження та аналізу. Одним із основних показників, який характеризує деревину, є базисна щільність деревини стовбура. Для дослідження фітомаси стовбурів дерев ялини європейської важливим є аналіз впливу типів лісорослинних умов та висотної гірської поясності на динаміку базисної щільності та залежність цього показника від таксаційних показників дерева (висоти та діаметра на висоті 1,3 м).

**Мета дослідження** – оцінювання динаміки щільності деревини стовбурів ялини європейської в похідних ялинових деревостанах букових типів лісу в типах лісорослинних умов С<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> на території Полонинського хребта Українських Карпат.

**Матеріали й методи.** Для дослідження динаміки щільності компонентів фітомаси стовбура (деревини стовбура, деревини стовбура в корі та кори стовбура) похідних ялинових деревостанів використано дослідні дані 28 тимчасових пробних площ (ТПП), закладених за діючими вимогами до пробних площ лісовпорядних [9]. Пробні площі закладено в межах лісового фонду державних підприємств «Міжгірське ЛГ», «Воловецьке ЛГ» та «Свалявське ЛГ» Закарпатського обласного управління лісового і мисливського господарства на території Полонинського хребта Українських Карпат. Пробні площі закладено в деревостанах, які ростуть у таких типах лісу: волога грабова бучина (7 шт.), волога ялиново-ялицева бучина (6 шт.), волога ялицева бучина (5 шт.), волога ялиново-ялицева суббучина (5 шт.), волога грабова суббучина (5 шт.). Вік деревостанів, що досліджувалися, на пробних площах становив від 18 до 102 років, клас бонітету – I–II, відносна повнота – від 0,64 до 0,81.

\* © А. І. Задоржний, Г. Г. Гриник, 2016

Оцінювання щільності компонентів фітомаси дерев здійснено за методикою проф. П. Лакиди [6–8], згідно з якою модельні дерева вибирали за принципом репрезентативності до розподілу за ступенями товщини з урахуванням значень висоти. Для встановлення базисної щільності компонентів фітомаси стовбура відібрано та досліджено 437 зразків стовбурів із 120 модельних дерев. Із кожного дерева вибирали зразки на відносній висоті 0,00, 0,25, 0,50 та 0,75 висоти стовбура дерева. Дослідні дані, отримані за результатом польових експериментальних робіт, опрацьовано в камеральних умовах із використанням прикладних програм *Statistica 10* та *MS Excel*.

Відповідно до використаних методик визначено та оцінено щільність деревини стовбура, щільність деревини стовбура в корі, щільність кори стовбура в абсолютно сухому стані та стані максимального насичення водою, а також базисну щільність [1]. Під час досліджень також визначено локальні щільності на відповідних відносних висотах стовбура. Визначення відповідних показників щільності здійснено за схемою попередньо проведених досліджень деревини ялини європейської в цьому ж регіоні [4]. Методика визначення різних показників щільності деревини базується на визначенні відношення маси до об'єму ( $\rho = m \cdot V^{-1}$ ,  $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ) [1].

**Результати дослідження.** Значення показників локальної щільності було визначено на пні та на відносних висотах стовбура 0,25, 0,50 та 0,75 *h*. Дослідний матеріал було згруповано за типами лісорослинних умов та визначено середні значення щільності компонентів фітомаси стовбурів ялини європейської. Аналізуючи результати дослідження, встановлено, що нижчі значення середньої щільності для деревини стовбура та стовбура в корі в абсолютно сухому стані притаманні деревині стовбура в ТЛУ С<sub>3</sub> ( $404 \pm 6$  та  $403 \pm 10 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  відповідно) у порівнянні з ТЛУ D<sub>3</sub> ( $424 \pm 5$  та  $420 \pm 12 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ). Середня щільність кори стовбура в ТЛУ D<sub>3</sub> становить  $400 \pm 3 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  і є нижчою, ніж у ТЛУ С<sub>3</sub> ( $410 \pm 8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ).

Для стану максимального насичення вологою значення середньої щільності деревини стовбура ялини європейської є дещо вищим у ТЛУ С<sub>3</sub> ( $761 \pm 7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ), ніж у ТЛУ D<sub>3</sub> ( $751 \pm 9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ). Разом з тим, вищі значення середньої щільності деревини стовбура в корі є в ТЛУ D<sub>3</sub> ( $779 \pm 11 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ), якщо порівнювати з ТЛУ С<sub>3</sub> ( $759 \pm 12 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ). Середня щільність кори стовбура є вищою в ТЛУ С<sub>3</sub> ( $779 \pm 6 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ) у порівнянні з ТЛУ D<sub>3</sub> ( $768 \pm 9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ) [4].

Максимальні значення відповідають значенням базисної щільності деревини стовбура, стовбура в корі та кори стовбура в ТЛУ С<sub>3</sub> ( $392 \pm 9$ ,  $391 \pm 6$  та  $406 \pm 8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  відповідно). У ТЛУ D<sub>3</sub> щільність деревини стовбура становить  $345 \pm 8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , деревини стовбура в корі –  $327 \pm 6 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , а кори –  $303 \pm 7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ . Встановлено, що максимальна різниця середніх значень базисної щільності в різних типах лісорослинних умов характерна для кори –  $103 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (25,4 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>), порівняно з рештою фракцій, де ця різниця є менш істотною: значення середньої базисної щільності деревини стовбура відрізняється на  $45 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (12,0 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>), а деревини стовбура в корі – на  $64 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (16,4 % від значення в ТЛУ С<sub>3</sub>).

Таки чином, можна дійти висновку, що щільність компонентів фітомаси стовбура ялини європейської в різних типах лісорослинних умов відрізняється не тільки за величиною значень, але й за вологістю в різних станах та вологоємністю.

Оцінювання динаміки показників середньої базисної щільності здійснено на основі моделювання вікової динаміки та залежності цього показника від висоти та діаметра стовбура.

Динаміку базисної щільності з віком для ТЛУ С<sub>3</sub> адекватно описує рівняння виду:

$$\rho_{6C_3} = e^{6,2085+0,00104 \cdot A^{-0,0900}}, \quad R^2 = 0,86, \quad (1)$$

а для ТЛУ D<sub>3</sub>:

$$\rho_{bD_3} = e^{6,2168+0,0011A} \cdot A^{-0,1093}, \quad R^2 = 0,88. \quad (2)$$

Графічну інтерпретацію отриманих результатів наведено на рис. 1.

Значення середньої базисної щільності деревини стовбура ялини європейської для ТЛУ C<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> мають подібні динамічні тенденції: в обох типах лісорослинних умов характерним є зменшення значень показника в молодому віці та незначне зростання до віку стиглості. Середні значення показника є вищими в ТЛУ C<sub>3</sub> у порівнянні з ТЛУ D<sub>3</sub>.

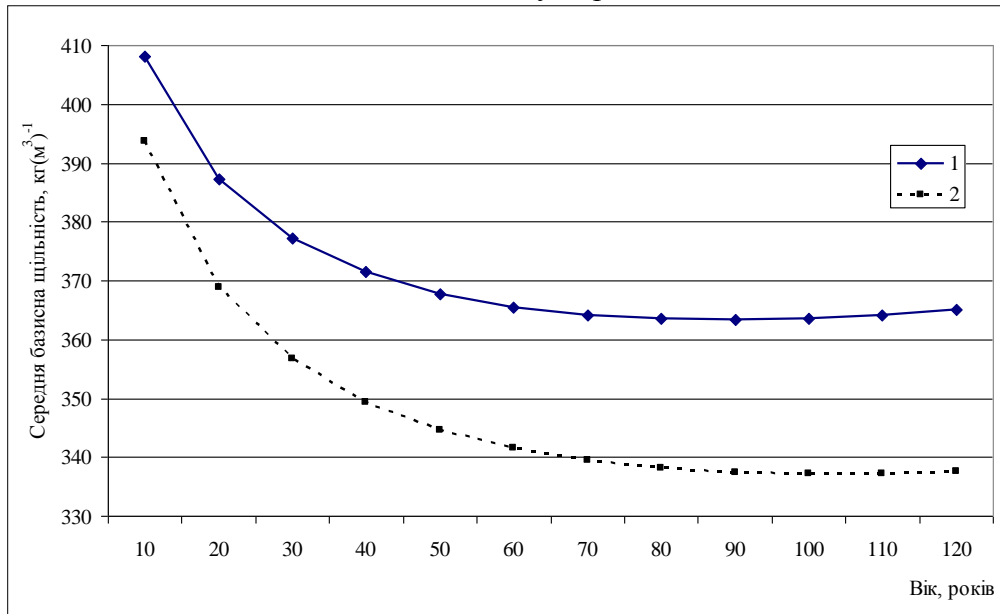


Рис. 1. Динаміка базисної щільності деревини ялини європейської в ТЛУ: 1 – C<sub>3</sub>, 2 – D<sub>3</sub>

Залежність базисної щільності для ТЛУ C<sub>3</sub> адекватно описує рівняння виду:

$$\rho_{bC_3} = 353,75 - 13,83d - 0,27h + 0,26dh + 193,01d/h, \quad R^2 = 0,87, \quad (3)$$

а для ТЛУ D<sub>3</sub>:

$$\rho_{bD_3} = 333,63 - 16,96d - 0,29h + 0,32dh + 228,59d/h, \quad R^2 = 0,86. \quad (4)$$

Протабульовані значення функції залежності базисної щільності деревини стовбура ялини європейської для ТЛУ C<sub>3</sub> наведено в табл. 1, а для ТЛУ D<sub>3</sub> – у табл. 2.

Встановлено (див. табл. 1, 2), що загалом вищі значення середньої базисної щільності деревини стовбура ялини європейської притаманні деревам на пробних площах у ТЛУ C<sub>3</sub>, якщо порівнювати з D<sub>3</sub>. Винятком є дерева ялини європейської в ТЛУ D<sub>3</sub> з діаметрами 12–14 см, висотою 8 м. Очевидно, що дослідні зразки було відібрано з модельних дерев, які дещо відставали в рості від решти дерев у цьому типі лісорослинних умов. Для решти значень цього показника характерним є їхнє зменшення зі збільшенням висоти в межах одного й того ж діаметра стовбура та збільшення – зі збільшенням значення діаметра в межах однієї й тієї ж висоти.

**Висновки.** Розроблені моделі динаміки середніх значень базисної щільності деревини стовбура ялини європейської в ТЛУ C<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> адекватно описують вікову динаміку цього показника. Характерним для динаміки значень середньої базисної щільності деревини стовбура ялини європейської з віком для ТЛУ C<sub>3</sub> та D<sub>3</sub> є зменшення значень показника у молодому віці та поступове зростання до віку стиглості. Середні значення показника є вищими в ТЛУ C<sub>3</sub> у порівнянні з ТЛУ D<sub>3</sub>. Запропоновані моделі залежності середньої базисної щільності від висоти й діаметра дерева та розроблені табличні нормативи з достатньою точністю характеризують дослідний матеріал.

Таблиця 1

**Базисна щільність деревини стовбура ялини європейської в ТЛУ С<sub>3</sub>, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>**

Діаметр, см	Висота, м													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	31	32
8	450	415	393	378	368	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	475	432	404	386	373	364	–	–	–	–	–	–	–	–
12	500	448	415	393	378	367	360	355	–	–	–	–	–	–
14	525	464	425	400	382	370	362	356	–	–	–	–	–	–
16	–	480	436	407	387	373	364	357	353	–	–	–	–	–
18	–	–	447	414	392	376	366	359	354	–	–	–	–	–
20	–	–	457	421	396	379	368	360	355	352	351	–	–	–
22	–	–	468	428	401	382	370	361	356	353	352	353	353	–
24	–	–	–	435	406	385	371	362	356	353	352	353	354	355
26	–	–	–	442	410	388	373	363	357	354	353	354	355	356
28	–	–	–	–	415	391	375	365	358	354	353	354	356	357
30	–	–	–	–	420	394	377	366	359	355	354	355	356	358
32	–	–	–	–	–	398	379	367	359	356	354	356	357	359
34	–	–	–	–	–	401	381	368	360	356	355	356	358	360
36	–	–	–	–	–	–	383	369	361	357	355	357	358	360
38	–	–	–	–	–	–	385	370	362	357	356	357	359	361
40	–	–	–	–	–	–	–	372	362	358	356	358	360	362
42	–	–	–	–	–	–	–	373	363	358	357	359	361	363
44	–	–	–	–	–	–	–	–	364	359	357	359	361	364

Таблиця 2

**Базисна щільність деревини стовбура дерев ялини європейської у ТЛУ D<sub>3</sub>, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>**

Діаметр, см	Висота, м													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	31	32
8	444	403	377	360	348	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	473	421	389	368	353	343	–	–	–	–	–	–	–	–
12	501	440	401	375	358	346	337	332	–	–	–	–	–	–
14	529	458	413	383	362	348	339	333	–	–	–	–	–	–
16	–	476	424	390	367	351	341	333	329	–	–	–	–	–
18	–	–	436	398	372	354	342	334	329	–	–	–	–	–
20	–	–	448	406	377	357	344	335	330	327	327	–	–	–
22	–	–	460	413	382	360	345	336	330	327	327	328	329	–
24	–	–	–	421	386	363	347	337	330	327	327	329	330	332
26	–	–	–	428	391	366	349	337	331	328	327	329	330	332
28	–	–	–	–	396	369	350	338	331	328	327	329	331	333
30	–	–	–	–	401	371	352	339	331	328	327	329	331	334
32	–	–	–	–	–	374	353	340	332	328	327	330	332	334
34	–	–	–	–	–	377	355	341	332	328	328	330	332	335
36	–	–	–	–	–	–	357	341	332	328	328	330	333	335
38	–	–	–	–	–	–	358	342	333	328	328	331	333	336
40	–	–	–	–	–	–	–	343	333	328	328	331	333	337
42	–	–	–	–	–	–	–	344	333	328	328	331	334	337
44	–	–	–	–	–	–	–	–	334	329	328	332	334	338

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. *Вінтонів І. С.* Деревинознавство : навч. посібн. / І. С. Вінтонів, І. М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів: РВВ УкрДЛТУ, 2005. – 229 с.
2. *Гриник Г. Г.* Лісівничо-таксаційна характеристика ялинових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу / Г. Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.12. – С. 12-24.
3. *Гриник Г. Г.* Лісівничо-таксаційні особливості та динаміка складу гірських ялиників Українських Карпат / Г. Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.15. – С. 41-57.
4. *Задорожний А. І.* Залежність щільності фітомаси стовбурів дерев ялини європейської від типів лісорослинних умов у межах Полонинського хребта Українських Карпат / А. І. Задорожний, Г. Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.4. – С. 32-39.

5. Задорожний А. І. Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів державного лісового фонду Полонинського хребта Українських Карпат / А. І. Задорожний, Г. Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.10. – С. 125-139.

6. Лакида П. І. Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських карпат : монографія / П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, О. М. Васишин. – Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В. М., 2010. – 240 с.

7. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія / П. І. Лакида. – Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.

8. Нормативи оцінки надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / П. І. Лакида та ін. – К. : Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. – 192 с.

9. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання : СОУ 02.02-37-476:2006.– [Чинний від 2007-05-01]. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 32 с. – (Стандарт організації України).

Zadorozhnyy A. I.<sup>1</sup>, Hrynyk H. H.<sup>2</sup>

FEATURES OF BASIC WOOD DENSITY DYNAMICS FOR STEM WOOD OF EUROPEAN SPRUCE IN PREVAILING FOREST SITE TYPES ON THE TERRITORY OF POLONINSKY RIDGE (UKRAINIAN CARPATHIANS)

1. SHEE "Uzhhorod National University"

2. National Forestry University of Ukraine

The European spruce (*Picea abies* L.) stands were studied in the territory of Poloninsky Ridge in Ukrainian Carpathians in moist fairly fertile (C<sub>3</sub>) and moist fertile (D<sub>3</sub>) prevailing forest site types (FST). The peculiarities of wood density dynamics for the stem wood, bark covered wood and a bark were analyzed in oven-dry state and under full humidification. The basic wood density was analyzed, too. An average basic wood density in FST C<sub>3</sub> is  $392 \pm 9 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$ , and in FST D<sub>3</sub> it is  $345 \pm 8 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$ . The maximum difference in average values of basic stem density in different types of site conditions is peculiar to the bark –  $103 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$  (25.4 % of the value in the FST C<sub>3</sub>) as compared to the rest of the fractions, where the difference is less significant: the value of the average basic stem wood density differs by  $45 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$  (12.0 % of the value in the FST C<sub>3</sub>) and bark covered stem wood by  $64 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$  (16.4 % of the value in FST C<sub>3</sub>). An age dynamics simulation was done for the basic stem wood density and its dependence on the diameter and height of the stem. It was found that the reduction of the values at a young age and the gradual increase to the age of maturity is peculiar to the dynamics of average basic stem wood density of European spruce in FST C<sub>3</sub> and D<sub>3</sub>. Average values of the characteristic are higher in the FST C<sub>3</sub> compared to FST D<sub>3</sub>.

**К е у w o r d s :** basic density, European spruce, aboveground biomass, stem wood.

Задорожний А. И.<sup>1</sup>, Гриник Г. Г.<sup>2</sup>

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ БАЗИСНОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ТИПАХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛОНИНСКОГО ХРЕБТА (УКРАИНСКИЕ КАРПАТЫ)

1. ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»

2. Национальный лесотехнический университет Украины

По результатам исследований древостоев ели европейской (*Picea abies* L.) на территории Полонинского хребта Украинских Карпат в преобладающих типах лесорастительных условий (ТЛУ) C<sub>3</sub> и D<sub>3</sub> проанализированы особенности динамики плотности древесины стволов, древесины стволов в коре, коры стволов деревьев в абсолютно сухом состоянии и в состоянии максимального насыщения водой, а также базисной плотности. Среднее значение базисной плотности древесины ствола в ТЛУ C<sub>3</sub> составляет  $392 \pm 9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , а в ТЛУ D<sub>3</sub> –  $345 \pm 8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ . Установлено, что максимальная разница средних значений базисной плотности в различных типах лесорастительных условий характерна для коры –  $103 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (25,4 % от значения в ТЛУ C<sub>3</sub>) по сравнению с остальными фракциями, где эта разница не столь существенна – значение средней базовой плотности древесины ствола отличается на  $45 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (12,0 % от значения в ТЛУ C<sub>3</sub>), а древесины ствола в коре – на  $64 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (16,4 % от значения в ТЛУ C<sub>3</sub>). Осуществлено моделирование возрастной динамики базисной плотности древесины ствола и ее зависимости от значения диаметра и высоты ствола. Выяснено, что характерным для динамики значений средней базовой плотности древесины ствола ели европейской с возрастом для ТЛУ C<sub>3</sub> и D<sub>3</sub> является уменьшение значений показателя в молодом возрасте и постепенный рост возраста спелости. Средние значения показателя выше в ТЛУ C<sub>3</sub> по сравнению с ТЛУ D<sub>3</sub>.

**К л ю ч е в ы е с л о в а :** базисная плотность, ель европейская, надземная фитомасса, древесина ствола.

*E-mail:* andriy.zadorozhnyy@uzhnu.edu.ua, h.hrynyk@ntu.edu.ua

*Одержано редколегією:* 18.10.2016