



**РІСТ ДЕРЕВ  
КАРПАТСЬКИХ ЛІСІВ**  
(у басейні ріки Дністер)

**THE GROWTH OF TREES  
OF THE CARPATHIAN FORESTS**  
(in the basin of the Dniester River)

National Academy of Sciences of Ukraine  
State Museum of Natural History  
Precarpathian Forestry College  
Forestry Sciences Academy of Ukraine  
Shevchenko Scientific Society

Platon Tretyak, Yuriy Chernevyy

# THE GROWTH OF TREES OF THE CARPATHIAN FORESTS

(in the basin of the Dniester River)

Lviv  
Publishing House of Lviv Polytechnic National University  
2018

Національна академія наук України  
Державний природознавчий музей  
Прикарпатський лісогосподарський коледж  
Лісівнича академія наук України  
Наукове товариство ім. Шевченка

Платон Третьак, Юрій Черневий

# РІСТ ДЕРЕВ КАРПАТСЬКИХ ЛІСІВ

(у басейні ріки Дністер)

Львів  
Видавництво Львівської політехніки  
2018

**Рецензенти:**

**Григорій Криницький**, доктор біологічних наук, професор;  
**Василь Парпан**, доктор біологічних наук, професор;  
**Георгій Гриник**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Андрій Малиновський**, доктор сільськогосподарських наук, ст. науковий співробітник

**Reviewers:**

**Hryhorij Krynytskyi**, Doctor of biological sciences, Professor;  
**Vasyl' Parpan**, Doctor of biological sciences, Professor;  
**Georgij Grynyk**, Doctor of agricultural sciences, Professor;  
**Andriy Malynovskyi**, Doctor of agricultural sciences, Senior Researcher

*Рекомендувала до друку Вчена рада  
Державного природознавчого музею НАН України  
(протокол № 6 від 5 липня 2018 р.)*

*Recommended for publication by the Academic Council of the State Natural History  
Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine  
(Minutes No. 6 of July 5, 2018).*

**Третяк Платон**

Т 66

Ріст дерев карпатських лісів (у басейні ріки Дністер) / Третяк Платон, Черневий Юрій. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с., 57 табл., 157 рис., 71 літ. джерело.

ISBN 978-966-941-242-3

DOI <https://doi.org/10.23939/book.growth.2018>

Викладено оригінальні результати досліджень ходу росту дерев старшого віку різних видів, що росли в лісах регіону. Подані аналітичні матеріали свідчать, зокрема, про невідповідність темпу росту у висоту досліджених дерев раніше усталеним тенденціям. Максимальна продуктивність дерев більшості автохтонних видів спостерігається у віці понад 80 років. У дуба звичайного, бука європейського, ялиці білої, ялини європейської, сосни кедрової найбільші показники поточного приросту об'ємів стовбурів спостерігаємо у віці 200–300 і навіть 350 років. Наведені аналітичні та теоретичні узагальнення актуалізують проблему осучаснення застарілих нормативних матеріалів щодо продуктивності лісів Карпат в Україні та їх потенційних екологічних функцій.

Для фахівців-екологів, науковців, студентів біологічного, лісгосподарського та географічного напрямів.

**УДК 630.5**

The original results of researches on the growth of older trees of different species that grew up in the forests of the region are presented. The presented analytical materials testify, in particular, about the inconsistency of the growth rate with the height of the investigated trees established before tendencies. The maximum productivity of trees of most autochthonous species is observed at the age of 80 years. For the trees of *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*, *Pinus cembra* and other species the largest values of the current increase of in the trunks volume observed at the age of trees 200–300 and even 350 years. The presented analytical and theoretical generalizations actualize the problem of modernization of outdated normative materials concerning the productivity of Carpathian forests in Ukraine and their potential ecological functions.

Переклали англійською мовою: Андрій Стасів, Платон Третяк  
Translating into English language: Andriy Stasiv, Platon Tretyak

© П. Третяк, Ю. Черневий, 2018  
© Національний університет  
“Львівська політехніка”, 2018



## Зміст / Contents

Вступ .....	7
Introduction .....	7
Подяки .....	11
Thanks .....	11
Об'єкти, методика і матеріали .....	13
Objects, methods and materials .....	13
Природні умови регіону .....	16
The Regional Natural Environment .....	16
Передкарпатська височина .....	24
Carpathian Foothills .....	24
Береза повисла .....	25
<i>Betula pendula</i> Roth .....	25
Бук лісовий .....	31
<i>Fagus sylvatica</i> L. ....	31
Вільха клейка .....	41
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn. ....	41
В'яз голий .....	47
<i>Ulmus glabra</i> Huds. ....	47
Граб звичайний .....	53
<i>Carpinus betulus</i> L. ....	53
Дуб звичайний .....	61
<i>Quercus robur</i> L. ....	61
Дуб звичайний, викопаний із заплави ріки Лімниці .....	68
<i>Quercus robur</i> tree that was dig out from the floodplain of the Limnytsya River .....	68
Ялиця біла .....	73
<i>Abies alba</i> Mill. ....	73
Низькогір'я Східних Бескидів .....	82
Lowmountains of the Eastern Beskids .....	82
Бук лісовий .....	83
<i>Fagus sylvatica</i> L. ....	83
Ялина європейська .....	89
Швидкорослі дерева на мезо-евтрофних ґрунтах .....	89
<i>Picea abies</i> (L.) Karst. ....	89
Fast growing trees on meso-eutrophic soils .....	89
Повільнорослі дерева на оліго-мезотрофних ґрунтах .....	97
Slow growing trees on oligo-mesotrophic soils .....	97
Ялиця біла .....	103
<i>Abies alba</i> Mill. ....	103
В'яз голий .....	110
<i>Ulmus glabra</i> Huds. ....	110
Клен несправжньооплатановий (явір) .....	118
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. ....	118
Модрина європейська і модрина польська <i>Larix decidua</i> Mill. and <i>Larix polonica</i> Racib. ....	124
Річкові тераси в Горґанах .....	131
River terraces in Gorgany range .....	131
Береза повисла .....	132
<i>Betula pendula</i> Roth .....	132
Сосна звичайна .....	138

<i>Pinus sylvestris</i> L.....	138
Динаміка росту дерев на торф'яному болоті.....	138
The dynamics of tree growth in a peat bog .....	138
Динаміка росту дерев на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах.....	143
The growth of the trees on wet dystrophic gleyic skeletal Fluvisols.....	143
Ялина європейська.....	151
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.....	151
Ялиця біла .....	157
<i>Abies alba</i> Mill. ....	157
Середньогір'я Ґорґан .....	165
Gorgany range montane zone.....	165
Бук лісовий .....	166
<i>Fagus sylvatica</i> L. ....	166
Ялина європейська.....	172
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.....	172
Ялиця біла .....	179
<i>Abies alba</i> Mill. ....	179
Високогір'я Ґорґан.....	190
Gorgany range altimontane zone.....	190
Сосна кедрова .....	191
<i>Pinus cembra</i> L. ....	191
Ялина європейська.....	198
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.....	198
Ялина європейська (штучне насадження).....	208
<i>Picea abies</i> (L.) Karst. (silviculture) .....	208
Теоретичне узагальнення.....	214
Theoretical generalization .....	214
Порівняльний аналіз узагальнених тенденцій ходу росту дерев .....	215
A comparative analysis of the general trends of the growth of trees .....	215
Передкарпатська височина .....	215
Carpathian Foothills .....	215
Низькогір'я Східних Бескидів .....	217
Low mountains of the Eastern Beskids .....	217
Річкові тераси у Ґорґанах.....	219
The river terraces in Gorgany range.....	219
Середньогір'я.....	219
The montane zone.....	219
Високогір'я .....	221
Altimontane zone .....	221
Критичні міркування та рекомендації .....	224
Critical considerations and recommendations .....	224
Висновки Conclusion.....	229
Список посилань / References .....	230
Резюме .....	234
Summary.....	234

## Вступ

Серед природних систем суходолу планети ліси відіграють надзвичайно вагомі середовищеві функції. Вони полягають, зокрема, в депонуванні вуглецю з атмосфери, акумулюванні та використанні запасів води, збагаченні атмосфери вологою і киснем. Все це наслідки біологічної продуктивності лісових екосистем і, насамперед, їх автотрофних компонентів, тобто рослинних організмів [9, 28, 30, 42, 45, 56, 62, 63, 64, 66, 69, 70].

Загалом ліси вкривають 31% поверхні суходолу. Їхня площа орієнтовно становить 4 млрд гектарів. На одного мешканця Землі припадає 0,6 га лісу. Загальну біомасу лісів світу оцінюють у розмірі 600 млрд тонн сухої речовини, або 149 тонн на 1 га. У біомасі лісів світу міститься 289 млрд тонн вуглецю [30].

Європейські ліси також вагомо впливають на газовий склад атмосфери та на формування клімату. Загалом їхня площа становить 215 млн га. Загальний запас лісу в Європі оцінено в 35 млрд м<sup>3</sup>. Середня щільність запасів лісу в європейському регіоні становить 163 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що перевищує світовий середній показник (133 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>). Внаслідок фотосинтезу ліси поглинають із атмосфери велику кількість діоксиду вуглецю. У наш час щорічно в лісовій біомасі та ґрунті акумулюється 719 млн тонн вуглецю або приблизно 3,3 т·га<sup>-1</sup> [28, 61]. Така його кількість міститься в 6,7 т·га<sup>-1</sup> сухої фітомаси. Водночас це означає, що упродовж року ліси Європи споживають 2636 млн тонн діоксиду вуглецю, 1078 млн тонн води, 7939 терават·годин (ТВт·год) сонячної та теплової енергії, а також продукують в атмосферу 1917 млн тонн кисню. У перерахунку на один гектар це становить 12,1 т·га<sup>-1</sup> діоксиду вуглецю, 4,9 т·га<sup>-1</sup> води, 36,4 МВт·год·га<sup>-1</sup> (мегават·годин) енергії, 8,8 т·га<sup>-1</sup> кисню.

Продукційний процес фітомаси супроводжується інтенсивною транспірацією, що полягає у випаровуванні води з листової поверхні рослин. Вона забезпечує всмоктувальну функцію коріння, транспортування судинами розчину поживних речовин від коріння до листя, а також охолодження листової поверхні. Вважається, що для продукування

## Introduction

Among the natural systems of the land of the planet, forests have an extremely important environmentally creating functions. They are, in particular, in the deposition of carbon from atmosphere, the accumulation water reserves and its use, also the enrichment of atmosphere with moisture and oxygen. All this is the result of the biological productivity of forest ecosystems and, first of all, their autotrophic components, that is, the plant organisms [9, 28, 30, 42, 45, 56, 62, 63, 64, 66, 69, 70].

In general, forests cover 31% of the surface of the land. Their area is estimated at 4 billion hectares. For one inhabitant of the Earth there are 0.6 hectares of forest. The total biomass of the world's forests is estimated at 600 Gt of dry matter, or 149 tons per hectare. In general, the world forests biomass contains 289 Gt of carbon [30].

European forests also have a significant impact on the gas composition of atmosphere and on climate formation. In total, their area is 215 million hectares. The total growing stock of forests in Europe is estimated at 35 billion m<sup>3</sup>. The average density of growing stock in forests in the European region is 163 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, which is larger than the world average (133 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>). As a result of photosynthesis, forests absorb a large amount of carbon dioxide from the atmosphere. At present, 719 million tons of carbon accumulates annually in forest biomass and soil, or approximately 3.3 t·ha<sup>-1</sup> [28, 61]. This amount is contained in 6.7 t·ha<sup>-1</sup> of dry phytomass. At the same time, it means that over the course of the year Europe's forests consume 2 636 million tons of carbon dioxide, 1 078 million tons of water, 7 939 terawatt-hours (TW·h) of solar and thermal energy, and produce in the atmosphere 1917 million tons of oxygen. In terms of one hectare, it is 12.1 t·ha<sup>-1</sup> of carbon dioxide, 4.9 t·ha<sup>-1</sup> of water, 36.4 MWh·ha<sup>-1</sup> (megawatt hour) of energy, 8.8 t·ha<sup>-1</sup> oxygen.

The production process of phytomass is accompanied by intense transpiration, consisting of the evaporation of water from the leaf surface of plants. It provides a suction function of the roots, the transport of solutions of nutrients from the roots to the leaves by vessels, and cooling of the leaf surface. It is believed that for the production of one

одного кілограма сухої речовини фітомаси для транспірації використовується від 200 до 1000 літрів води. Ця величина залежить від фізіологічних особливостей рослин, природно-кліматичних умов та застосованої агротехніки вирощування культур. Для рослин помірного клімату з характерним С3-фотосинтезом такий транспіраційний коефіцієнт може становити 450–900 літрів на 1 кг сухої речовини фітомаси [5, 33, 46].

Процес випаровування вимагає великої кількості енергії. Випаровування однієї тонни води споживає 637 кВт·год теплової енергії. Таким чином, щоб забезпечити середній приріст фітомаси лісів у Європі ( $6,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ ), випаровування споживає  $1900\text{--}3800 \text{ МВт} \cdot \text{год} \cdot \text{га}^{-1}$ . У перерахунку це становить  $190\text{--}380 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^{-2}$ . Упродовж року це може забезпечити середнє споживання теплової енергії потужністю  $22\text{--}44 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ . У середніх широтах Європи ( $30\text{--}60^\circ$ ) до поверхні суші в середньому надходить  $100\text{--}250 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  сонячної енергії [32]. Отже, середній приріст фітомаси лісів у Європі споживає приблизно 22 % сонячної енергії.

Тому приріст фітомаси є вагомим регулятором регіонального клімату. Знищення лісів, знеліснення поверхні суходолу зменшує загальний приріст фітомаси і, відповідно, використання енергії на фотосинтез та транспірацію. Це призводить до підвищення температури приземних шарів атмосфери. І навпаки, збільшення приросту фітомаси збільшує використання теплової енергії та значною мірою охолоджує й додатково зволожує повітря. Саме тому одним із радикальних шляхів запобігання потеплінню та зменшенню вологості клімату на суходолі повинно бути розширення площ лісів та підвищення їх продуктивності [40]. Практичне здійснення таких проектів потребує відповідного теоретичного обґрунтування. Основою його повинні бути узагальнені фактичні біометричні дані про ріст деревостанів у різних природно-кліматичних та ґрунтово-гідрологічних умовах. Особливо це стосується мішаних різновікових деревостанів. Їх моделювання вимагає застосування знань про хід росту складових дерев різних видів.

Ця проблема є особливо актуальною для України. Тутешні ліси та інша деревна

kilogram of dry matter, phytomasses for transpiration are used from 200 to 1000 liters of water. This value depends on the physiological characteristics of the plants, the natural and climatic conditions and the applied crop cultivation farming techniques. For the plants of moderate climate with characteristic C3-photosynthesis, such transpiration coefficient can be 450–900 liters per 1 kg of dry matter phytomass [5, 33, 46].

The evaporation process requires large amounts of energy. Evaporation of one ton of water requires 637 kWh of heat energy. Thus, to ensure the average increment of phytomass in Europe ( $6.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), the evaporation uses  $1900\text{--}3800 \text{ MWh} \cdot \text{ha}^{-1}$ . In recount it is  $190\text{--}380 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ . In the course of the year it can provide the average consumption of heat energy with the capacity of  $22\text{--}44 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  by power. In the middle latitudes of Europe ( $30\text{--}60^\circ$ ) an average of  $100\text{--}250 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}$  of solar energy enters to the surface of the land [32]. Consequently, the average increment of phytomass in Europe consumes about 22 % of the incoming solar energy.

That is why, the increment of biomass is an important regulator of the regional climate. The destruction of forests, the deforestation of the surface of the land reduces the growth of phytomass and, consequently, decreases the use of energy for photosynthesis and transpiration. It leads to the increment in the temperature of the surface layers of the atmosphere. Conversely, the increment of phytomass uses thermal energy, significantly cools and further moistens the air. That is why one of the radical ways to prevent warming and to reduce the humidity of the climate on the land should be the expanding the forests area and increasing of their productivity [40]. The practical implementation of such projects requires appropriate theoretical substantiation. The basis of it should be generalized actual biometric datas on the growth of forest stands in different natural climatic and soil-hydrological conditions. This is especially true for mixed uneven-aged forest stands. Their modeling requires the application of knowledge about the course of growth of tree components of different species.

This problem is especially relevant for Ukraine. Local forests and other woody

рослинність займають заледве 15,9 % від загальної площі (майже 9,6 млн га) [26]. Їх середній запас становить  $218 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  [28, 26, 37]. Це доволі високий показник, оскільки він значно більший, ніж актуальний для Європи загалом, проте трохи менший, ніж властивий для центрально-східного регіону Європи [28]. За попередніми оцінками, загальний обсяг фітомаси лісів України на 2009 рік становив 1317,9 млн тонн. Він містив 658,9 млн тонн вуглецю [62, 39, 41]. Середній поточний приріст об'єму деревини в лісах України тепер сягає  $3,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  [26], тобто майже 1,7 %. У Європі загалом цей показник нижчий, всього 1,29 %. Відповідно, можна вважати, що річний приріст біомаси в лісах України сягає  $2,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , в тому числі депонованого вуглецю –  $1,35 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Ці показники значно нижчі, ніж наведені для Європи загалом. Упродовж року українські ліси можуть забезпечити середнє споживання теплової енергії потужністю лише 9–18  $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ . Зважаючи на екологічні пріоритети, щоб досягнути європейського рівня, необхідно підвищити продуктивність лісів щонайменше вдвічі.

Традиційно склалося бачення, що найвищі значення річного приросту стовбурної деревини властиві молодим та середньовіковим деревостанам. Подібною є також думка, що у старшому віці деревостанів приріст деревини зменшується [47, 58]. Саме тому з біологічної та економічної точки зору встановлено доцільним вік стиглості деревостанів 80–100 років. Таке бачення потребує ретельної перевірки і додаткового дослідження, оскільки продуктивність лісів старшого віку в офіційних джерелах майже не представлена [28, 58, 67]. Особливо це стосується мішаних різновікових деревостанів природного походження.

В Україні таких деревостанів у віці стиглості та старшого віку залишилось зовсім не багато (приблизно 7 %). Переважно вони є розрідженими, а запас стовбурної деревини їх невеликий,  $250\text{--}500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  [37]. Це результат інтенсивної господарської діяльності, періодичних рубань деревостанів. Тому, відповідно, невеликим є поточний приріст біомаси лісів в Україні. Адже їх запаси можуть сягати понад  $800 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , а поточний

vegetation occupy only 15,9 % of the total area (almost 9,6 million hectares) [26]. Their average stock is  $218 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  [28, 26, 37]. This is relatively high rate, because it is much more than actual for Europe as a whole, but slightly less than typical for the Central-Eastern Region of Europe [28]. According to preliminary estimates, in 2009 the total amount of phytomass of forests of Ukraine amounted to 1 317.9 million tons. It contained 658.9 million tons of carbon [62, 39, 41]. The average annual Increment in timber volume in Ukraine's forests now reaches  $3.9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$  [26], which is almost 1.7 %. In Europe, this indicator is generally lower, only 1.29 %. Accordingly, it can be assumed that the annual growth of biomass in the forests of Ukraine reaches  $2.7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ , in that deposited carbon –  $1.35 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ . These indices are much lower than those for Europe as a whole. In the course of the year, Ukrainian forests can provide an average thermal energy consumption of only 9–18  $\text{W} \cdot \text{м}^{-2}$  by power. Comparing the environmental priorities with European level, it is necessary to increase the productivity of forests at least twice.

Traditionally, a vision has emerged, that the highest values of the annual growth of stem wood are characteristic of young and middle age forest stands. Similar is the opinion that in older age of the forest stands the growth of the wood decreases [47, 58]. That's why from the biological and economical point of view the age of forest stands ripeness is defined as 80–100 years. Such vision needs careful verification and additional research, as the productivity of the forests of older age in official sources is almost not represented [28, 58, 67]. This is especially true for natural mixed uneven-aged forest stands.

In Ukraine, the area of such forests in the age of mature and older age remained a small amount (about 7 %). They are mainly rarefied and their stem volume of stands is low,  $250\text{--}500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  [37]. This is the result of intensive economic activity, periodic felling of stands. According to this fact, is a small current increment of forests biomass in Ukraine. However, their stands volume can reach over  $800 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , and annual increment



приріст біомаси – більше  $10 \text{ t} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  [22, 66]. Для прикладу, деревостани віком понад 100 років мають середні запаси більше  $800 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  у Бельгії, Франції, Німеччині, Угорщині, Латвії, Нідерландах, Словенії [28].

Такі деревостани потрібно всебічно дослідити і розробити моделі їх росту. Насамперед, це стосується біометричних показників ходу росту та продуктивності. Прикладом можуть слугувати нові таблиці ходу росту та продуктивності деревостанів Північної Євразії [42], які охоплюють 200- і навіть 300-річний період їх росту.

Особливо актуальними є ці питання для різновікових деревостанів, що сформувалися шляхом природного відновлення. Адже у нормативних таблицях такі матеріали зовсім не представлені [22, 47, 58, 59]. Різновікові деревостани складаються з множини дерев різних видів, віку та розмірів. Їхні біометричні показники дуже різняться. Усереднення їх (середнє арифметичне зважене) не дає коректних результатів.

Щоб подолати цю проблему, слід застосовувати узагальнення біометричних показників кожного окремого дерева, що легко здійснити за допомогою сучасних комп'ютерних методів. Це особливо стосується дерев віком понад 100 років. Отже, необхідні усереднені табличні дані щодо віку, діаметру, висоти, об'ємів стовбурів дерев та приросту цих показників.

На цій основі можна розробити математичні поліноми ходу росту та приросту біометричних параметрів дерев різного віку, що росли в різних типах природно-географічних та ґрунтово-гідрологічних умов.

Подекуди в лісах Карпат ще трапляються і велетенські дерева, вік яких сягає понад 200 років. Вони потребують не лише збереження, а й також дослідження біометричних особливостей їх росту. Адже така біометрична інформація здебільшого відсутня [4, 27, 43, 44, 48, 50, 51]. На жаль, біометрична інформація щодо таких дерев, які росли і ростуть у Карпатському регіоні, відсутня і в нормативних матеріалах. Досить мало і наукових публікацій з цих питань [1, 2, 11, 12, 14, 20, 21, 23, 34, 35, 36, 55, 58, 66].

Саме такі фактичні нормативні матеріали щодо росту старовікових дерев вкрай необ-

of biomass – more than  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$  [22, 66]. For example, stands over 100 years old have average volume of over  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in Belgium, France, Germany, Hungary, Latvia, Netherlands, Slovenia [28].

Such forest stands need to be thoroughly explored and must be developed the models of their growth. First of all, it concerns biometric indicators of growth course and productivity. An example is the new tables of the growth and productivity of the Northern Eurasian forests [42], which cover the 200 and even 300 years of their growth.

Particularly relevant are these issues for uneven-aged forest stand, that were formed by natural regeneration. Indeed, in the normative tables, such data are not presented at all [22, 47, 58, 59]. Multi-aged forest stands consist of a plurality of the trees of different species, of different age and size. Their biometric parameters vary greatly. Averaging them do not give the correct results (arithmetic average weighted).

To overcome this problem, it is necessary to apply a generalization of the biometric indexes of each individual tree, which is easy to implement with the modern computer methods. This is especially true for trees over 100 years old. Therefore, averaged tabular data concerning for age, diameter, height, tree trunk volume and increment of these indices are required.

On this basis, mathematical polynomials of the growth and increment of biometric parameters of the trees of different age, that in sundry types of natural geographic and soil-hydrological conditions growing, can be developed.

Somewhere in the Carpathian forests there are gigantic trees, whose age is over 200 years old. They require not only the preservation but also the study of biometric characteristics of their growth. After all, such biometric information is mostly absent [4, 27, 43, 44, 48, 50, 51]. Unfortunately, the biometric information for such trees that grew and grow in the Carpathian region is unrepresented and in normative materials. There are also a few scientific publications on these issues [1, 2, 11, 12, 14, 20, 21, 23, 34, 35, 36, 55, 58, 66].

It is these factual normative materials on the growth of old-age trees that are very

хідні для розв'язання важливої проблеми динаміки розвитку різновікових мішаних деревостанів, що утворені деревами декількох едифікаторних видів. Адже ще у 1942 році відомий учений-лісівник Галичини Андрій Пясецький влучно прогнозував, що у порівнянні такі динамічні біометричні характеристики ходу росту дерев, які ростуть у різних умовах, можуть дати відповідь на питання про особливості "перебігу розвою динаміки" таких деревостанів, а також здатність їх до самовідтворення [52]. На жаль, у науковій літературі майже відсутні такі відомості стосовно лісів західного регіону України [60, 57].

Саме тому метою нашого дослідження було пізнання закономірностей ходу росту за базовими біометричними показниками дерев, що ростуть у лісах Карпат у межах басейну ріки Дністер. Особливу увагу при цьому надавали старовіковим деревам, які ростуть у типових ґрунтово-кліматичних умовах, якими є свіжі та вологі ґрунти середньої родючості на Передкарпатській височині та в горах Бескидах і Горганах.

У цій монографії пропонуємо оригінальні результати досліджень ходу росту та приросту 219 модельних дерев різних видів, особливо старшого віку.

Сподіваємося, що наша праця буде корисною для застосування у моніторингових наукових дослідженнях лісів у національних парках та природних заповідниках. Також представлені у цій праці матеріали можуть бути використані для практичного лісівництва. Зокрема, це стосується вироблення засад вирощування наближених до природних багатовікових різновікових деревостанів. Запропоновані біометричні узагальнення можуть бути застосовані для визначення орієнтовного віку велетенських дерев та розроблення методичних засад біометричних досліджень мішаних різновікових деревостанів й побудови відповідних нормативних таблиць.

### Подяки

Наші дослідження були виконані упродовж 2004–2015 років за участю студентів, викладачів і працівників Прикарпатського лісгосподарського коледжу (м. Болехів, Івано-Франківська область, Україна). Особ-

essential for solving an important problem of the dynamics of development of uneven-aged mixed stands, which are formed by trees of several edificatory species. Yet, in 1942 the well-known Galician Forestry scientist, Andriy Pyasetskyj, accurately predicted that in comparison, such dynamic biometric characteristics of the growth of trees, that grow in different conditions, can give an answer to the question of the peculiarities of the "course of development dynamics" of such stands, and as well as their ability to self-regenerations [52]. Unfortunately, in the scientific literature there is practically no information concerning forests of the western region of Ukraine [60, 57].

That is why the purpose of this study was to know the regularities of growth according to the basic biometric indices of the trees growing in the Carpathian forests within the basin of the Dniester River. Particular attention was paid to the old-age trees, which grow in typical soil-climatic conditions, which are fresh and wet soils of middle fertility on the Carpathian Foothills and in Beskydy mountains and also Gorgany range.

In this monograph we offer the original results of research about the course of growth and increment of 219 model trees of different species especially of older age.

We hope that our work will be useful for use in the monitoring scientific research of forests in national parks and nature reserves. Also, the materials presented in this paper can be used for practical Forestry. In particular, this concerns the elaboration of the principles of growing close to natural multi-species uneven-aged forest stands. The proposed biometric generalizations can be used to determine the estimated age of giant trees and to develop the methodological principles of biometric studies of mixed all-age forest stands and the creation of appropriate normative tables.

### Thanks

Our research was executed out during 2004–2015 with the participation of students, teachers and employees of the Precarpathian Forestry College (Bolechiv, Ivano-Frankivsk region, Ukraine). Particularly important was

ливо важливою була участь у зборі та первинній обробці матеріалів викладача Андрія Савчина. Він організовував і керував студентськими експедиціями. Також разом зі студентами формував колекцію модельних дерев, здійснював біометричні вимірювання.

Всебічно сприяли проведенню цих досліджень працівники місцевих лісгосподарських підприємств.

У проведенні досліджень, опрацюванні матеріалів та підготовці рукопису авторам надавали допомогу фахівці Національного лісотехнічного університету України (м. Львів) та Державного природознавчого музею Національної академії наук України (м. Львів).

Також доктор Станіслав Кухажик, заступник директора Бещадського національного парку (Польща), та філолог Андрій Стасів, викладач англійської мови Прикарпатського лісгосподарського коледжу, надали нам фахову допомогу. Значну підтримку надав академік НАН України Дмитро Гродзінський, який представив наші узагальнення до публікації в журналі "Доповіді Національної академії наук України".

Автори монографії висловлюють щире подяку всім колегам за надану допомогу.

Видання профінансовано з Івано-Франківського обласного фонду охорони навколишнього природного середовища.

the participation in the collection and initial processing of the materials of teacher Andriy Savchyn. He organized and directed student expeditions. Also, together with students, he formed a collection of model trees, carried out biometric measurements.

Employees of the local Forestry Enterprises thoroughly contributed to this research.

Scientific specialists of the National Forestry University of Ukraine (Lviv) and the State Natural History Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine (Lviv), helped the authors during the research processing and preparation of the manuscript.

Also, Dr. Stanisław Kucharzyk, deputy director of the Bieszczady National Park (Poland), and the philologist Andriy Stasiv, the teacher of English language at the Precarpathian Forestry College, provided us with a professional assistance. Considerable support was rendered by the Academician of NAN of Ukraine Dmytro Grodzinskiy, who presented our generalizations to the publication in a magazine "Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine".

The authors of this monograph express sincere gratitude to all Colleagues for their help.

The publication is funded from Ivano-Frankivsk Oblast Environmental Protection Fund.



## Об'єкти, методика і матеріали

Дослідження виконані на прикладі лісів Карпатської частини басейну ріки Дністер у межах різних природних районів (рис. 1):

- листопадних широколистяних лісів Передкарпатської височини;
- мішаних ялиново-ялицево-букових лісів низькогір'я Східних Бескидів;
- ялиново-букових та ялинових лісів середньогір'я Горган.

Вивчали біометричні показники модельних дерев. Всього було відібрано 219 таких дерев. Більшість з них були ушкоджені вітроломами і вітровалами, або відведені до рубання на лісосіках. Загальні статистичні відомості про них наведені у відповідних таблицях. Місця росту дерев подано у системі координат WGS-84. Висоту над рівнем моря "H" вказано в метрах (м н. р. м). Біометричні показники стовбурів подано в таких одиницях: A – вік дерев, роки; H – висота дерев, метри; D – товщина стовбурів, сантиметри; V – об'єм стовбурів, метри кубічні.

В аналітичних дослідженнях застосовували загальнозживані в лісовій біометрії методи аналізу ходу росту стовбура дерева у висоту (H), за товщиною (D) та об'ємом (V), а також середнього та поточного приростів (Z) цих біометричних показників [6, 7, 24, 47].

Отож, виконано поперечні зрізи стовбурів на кореневій шийці, висоті 1 та 1,3 м і далі кожні 2 м у зручних для цього місцях, із зазначенням висоти кожного зрізу над кореневою шийкою. Об'єм стовбурів встановлювали за сумою об'ємів окремих відтинків стовбура, визначаючи їх як фігури зрізаного конуса на основі даних про довжину відрізка стовбура та середні радіуси нижнього і верхнього зрізів [7, 31, 24]. Всі зрізи цих модельних дерев зберігаються в колекції Прикарпатського лісогосподарського коледжу (м. Болехів, Івано-Франківська область, Україна).

За фактичними даними ходу росту, поточного та середнього приросту дерев кожного виду визначено їх середні величини та отримано відповідні математичні моделі трендів розвитку. За усередненими значеннями поточного річного приросту об'єму стовбурів визначено усереднені значення його частки від об'єму стовбурів:  $\Delta V/V$ , %·рік<sup>-1</sup>.

## Objects, methods and materials

Researches are executed on the example of the forests of Carpathian part of Dnister river basin within the limits of different natural regions (Figure 1):

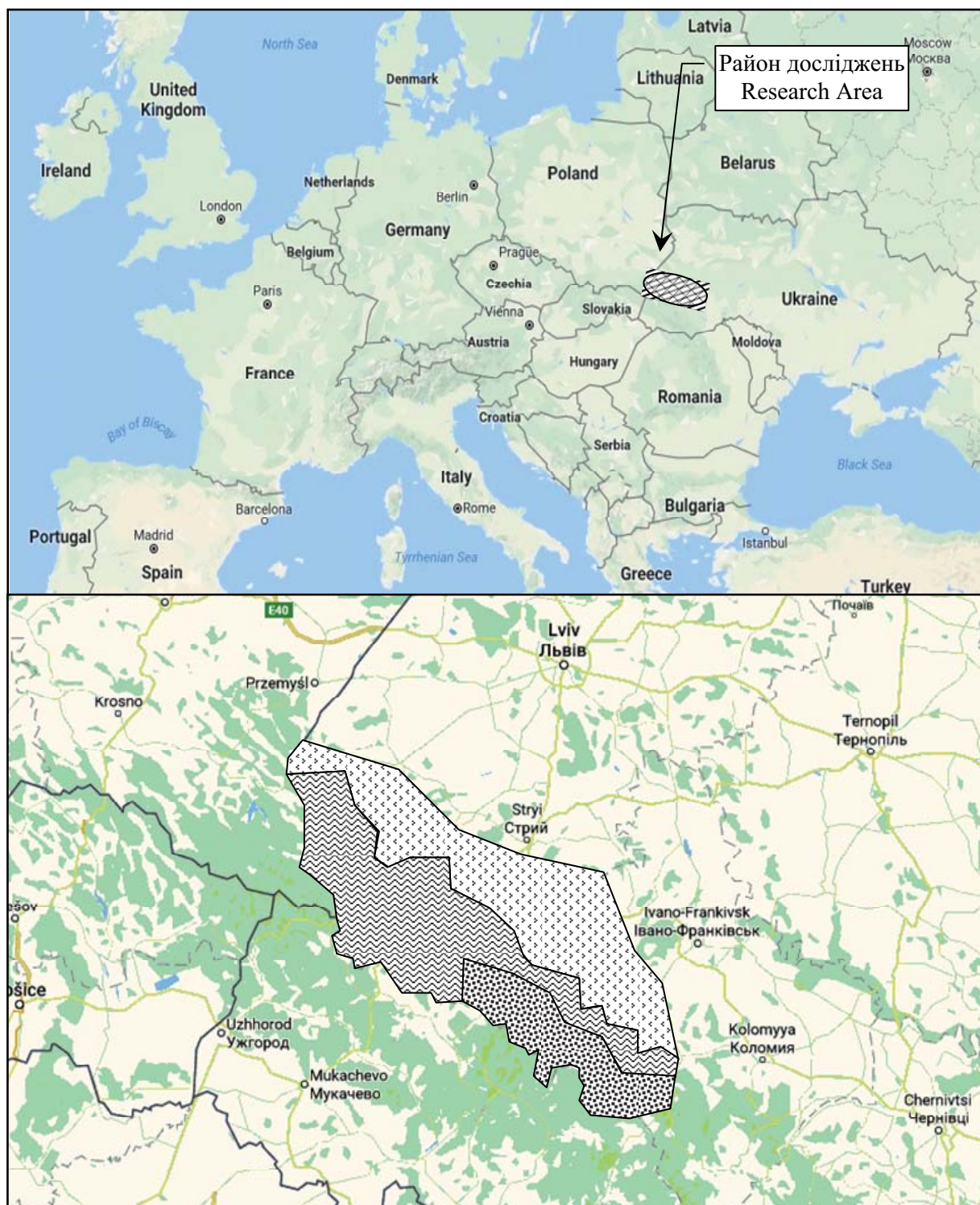
- deciduous broadleaf forests of Carpathian Foothill zone;
- mixed spruce-fir-beech forests of Eastern Beskids submontane zone;
- spruce-beechen and spruce forests of Gorgany range mid-altimontane zone.

Biometrical indexes of model trees were studied. In total 219 such trees were selected. Most of them were damaged by wind and windbreaks, or set recognized for felling on cutting area. General statistical information about them is resulted in the corresponding tables. The places of tree growth are given in the coordinate system WGS-84. Altitude (above sea level) "H" is given in meters (m a.s.l.). The biometric values of the trunks are given in the following units: A – the age of trees, years; H – the height of trees, meters; D – the thickness of trunks, centimeters; V – the volume of trunks, meters cubic.

In researches the generally accepted methods of the forest biometric analysis of growth progress of tree trunk by parameters of height, diameter and volume and also average and current increments (Z) of these biometric indices were applied [6, 7, 24, 47].

Therefore, the transversal cuts of trunk are executed on a root-collar, at height 1 m and 1,3 m and farther, that a 2 m is in comfortable for this purpose places, with the obligatory pointing of height of every cut above a root-collar. The volume of trunks was set after the sum of volumes of the separate cuttings-off of the trunk, determining them, as figures of the cut away cone on the basis of information about length of trunk sections and middle radiuses of lower and overhead cuts [7, 31, 24]. All cut-sections of the model trees are stored in the collection of Precarpathian Forestry College (Bolechiv, Ivano-Frankivsk region, Ukraine).

From actual data of growth progress of the trees of each species and their middle and current increment, their average values were calculated and the proper mathematical models of their growth were developed. Based on such average values of current annual increment of volume of trunks, average values of their part in the volume of trunks were calculated:  $\Delta V/V$ , %·yr<sup>-1</sup>.



**Рис. 1.** Географічне розташування району досліджень – карпатської частини басейну ріки Дністер: 1 – Передкарпатська височина, 2 – низькогір'я Східних Бескидів, 3 – середньогір'я масиву Горгани

**Fig. 1.** Geographical location of the research area – the Carpathian part of the Dniester river basin: 1 – Carpathian Foothill zone, 2 – Eastern Beskids submontane zone, 3 – Gorgany range mid-altimontane zone

Також побудовано таблиці вирівняних усереднених значень видових чисел для стовбурів різних видів дерев залежно від їх довжини та діаметру.

Also the tables of tree stems form factors of different species in dependence on their length and diameter are built.



УВАГА! В таблицях, а також в тексті англійською мовою вжито англійський стандарт написання чисел: десятковий розділювач – кома, а груп розрядів (тисяч) – пробіл. В тексті українською мовою застосовано чинний в Україні стандарт написання чисел.

На графіках величини  $\Delta H$ ,  $\Delta D$ ,  $\Delta V$  – поточні прирости відповідних показників.

Швидкість росту дерев порівнюємо за нормативами вирівняної і доповненої шкали розподілу насіннєвих деревостанів за класами бонітету, яка застосовується в Україні, Росії та інших країнах [42]. Вони представляють середню висоту найбільших дерев панівного виду деревостану в різному віці, тобто швидкість їх росту. Для зручності розуміння наводимо відповідність класів бонітету до "Site index values" [8, 38], які застосовуються в Німеччині, США й інших країнах (табл. 1).

WARNING! In the tables, as well as in the English text, the English standard of writing numbers is used: the decimal separator is a comma "," and spaces as separator between the thousands groups. In the text of the Ukrainian language the standard of writing of numbers in current in Ukraine is applied.

Charts value  $\Delta H$ ,  $\Delta D$ ,  $\Delta V$  – current increments of the corresponding indices.

The speed of tree growth is compared according to the norms of the aligned and supplemented distribution scale of the seed stands of bonitet classes in used terms in Ukraine, Russia and other countries [42]. They represent the average height of the largest trees of the dominant species of the forest stand at different ages, that is their rate of growth. For convenience, we find the relevance of the bonitet classes to "Site index values" [8, 38], which are now used in Germany, the United States and many other countries (Table 1).

Таблиця 1

Table 1

**Відповідність класів бонітету деревостанів (B) "Site index values" (SI)**  
**Conformity of the forest stands bonitet classes (B) to "Site index values" (SI)**

B	H		SI		B	H		SI	
	A = 50	A = 100	A = 50	A = 100		A = 50	A = 100	A = 50	A = 100
I <sup>c</sup>	34.6–31.8	49.2–45.6	32	46	II	17.4–14.6	26.9–23.3	15	24
I <sup>d</sup>	31.7–29.0	45.5–41.9	29	42	III	14.5–11.7	23.2–19.6	12	20
I <sup>c</sup>	28.9–26.1	41.8–38.2	27	39	IV	11.6–8.9	19.5–15.9	9	16
I <sup>b</sup>	26.0–23.2	38.1–34.4	24	35	V	8.8–6.0	15.8–12.2	6	13
I <sup>a</sup>	23.1–20.3	34.3–30.7	21	31	Va	5.9–3.1	12.1–8.5	3	9
I	20.2–17.5	30.6–27.0	18	27	Vb	3.0–0.2	8.4–4.8	1	5

Примітка: B – клас бонітету; A – вік, роки; H – середня висота дерев.

Note: B – Bonitet class; A – age, years; H – average height of trees

Узагальнення аналітичних матеріалів та їх порівняння виконано враховуючи локальні типи лісорослинних умов відповідно до специфіки природних географічних комплексів. Такі результати ми порівнювали з існуючими нормативними показниками [58, 59]. Здійснювали це на основі індексів середньої висоти дерев у віці 50, 100, 150 і більше років. При цьому до уваги брали і відповідні у цьому віці середні показники товщини стовбурів та їх об'ємів з величинами абсолютного та відносного приросту. Прогнозування можливої продуктивності деревостанів виконано беручи до уваги середні біометричні показники 100 елітних дерев на 1 га [38].

Generalization of analytical materials and their comparison it was executed into account local types of forest ecological conditions in accordance with the specifics of natural geographic complexes. We compared these results with existing normative indicators [58, 59]. This was done on the basis of the indexes of average height of trees at the age of 50, 100, 150 and more years. At the same time, the average indicators of the thickness of the trunks and their volumes with the values of absolute and relative increase were taken into account for this age. Forecasting of the possible productivity of the stands was done taking into account the average biometric indices of 100 elite trees per hectare [38].

## Природні умови регіону

Дослідження були зосереджені в лісах середньогір'я Горган, низькогір'я Східних Бескидів та на прилеглих височинах Передкарпаття (рис. 1). Біогеографічні особливості регіону зумовлені його географічним розташуванням на Європейському континенті та в межах Карпатської гірської системи. Загалом його біорізноманіття зумовлене належністю до східноєвропейської провінції мішаних лісів. Орографічні особливості гірської місцевості зумовлюють формування висотної поясності рослинного покриву [53, 54].

Морфоструктури рельєфу сформовані на морських осадових відкладах крейдової, палеогенової та неогенової геологічних епох у межах Карпатського флішового басейну. У часі альпійського горотворення ці осадові породи були зім'яті у складки, насунуті та підняті. Унаслідок цього процесу виникли Зовнішні Карпати, до яких належать Горгани та Бескиди. Поміж Зовнішніми Карпатами та Східноєвропейською платформою на фундаменті Передкарпатського прогину утворилася Передкарпатська височина. Для неї характерні горбисто-хвилясті форми рельєфу, а також прирічкові тераси. Для гірської частини властиві низькогірні та середньогірні форми рельєфу. М'який глинистий геологічний фундамент зумовив формування переважно полого-схилих низькогірних форм гірських масивів.

У межах залягання твердих пісковикових грубошаруватих товщ поширені крутосхилі середньовисокі гірські масиви з характерними кам'янистими розсипами на гребенях хребтів. Їх власне і називають Горганами.

Місцеві кліматичні й гідрологічні умови зумовлені характерним для цієї частини Карпат помірно-континентальним вологим кліматом. На височині Передкарпаття за рік випадає 600–800 мм опадів, а в горах – значно більше, до 1500 мм. На височині середня річна температура повітря становить 7–8 °C. У горах на висоті близько 1400 м н. р. м середня річна температура знижується до +3 °C. На більших висотах вона сягає нуля.

Період вегетації на Передкарпатській височині триває близько 230 днів, а в горах, залежно від висоти над рівнем моря, він становить 180–90 днів. Це головна причина

## The Regional Natural Environment

Reserches were concentrated in the forests of Gorgany range mid-altimontane zone, of Eastern Beskids submontane zone and of Carpathians Foothills (pict. 1). The biogeographical features of region are conditioned his geographical position on the European continent and within the limits of the Carpathians mountain system. In general, his biodiversity are caused by belonging to the Eastern European Mixed Forest province. The orographic features of the mountainous area the altitude zonality of the vegetation cover are formed [53, 54].

On the marine sedimentary deposits of the Cretaceous, Paleogene and Neogene geological epochs of the Carpathian flysch basin, relief morphostructures were arisen. During Alpine orogeny these basic sediments were folded, thrust and uplifted. As a result of these processes the Outer Carpathians, parts of which are Gorgany range and Beskids, were formed. Carpathian Foothills was formed on the basement of the Carpathian foredeep between Outer Ukrainian Carpathians and the East-European Platform. Typical for this upland are wave forms of relief and fluvial terraces. For the mountainous part are characteristic low-mountain and middle-mountain relief forms. The soft clay geological basement led to the formation mostly sloping low-mountain forms of mountain ranges.

Within the limits of the occurrence of thick-layered solid sandstonly stratas, the steep sloped of the middlemontane ranges with characteristic stony scatterings on the ridges, are widespread. They, in fact, are called Gorgany.

Local climatic and hydrological conditions are caused by with the characteristic of the Carpathians part temperate continental humid climate. In the Carpathians Foothills for the year 600–800 mm of precipitation falls, and in mountains – considerably anymore, to 1 500 mm. At an Carpathian Foothills, the average annual air temperature is 7–8 °C. In the mountains at an altitude of about 1 400 m a.s.l. the average annual temperature decreases to +3 °C. At higher altitudes it reaches zero.

The vegetation period on Carpathian Foothills is about continues 230 days, and in the mountains, depending on the altitude of above sea level, it is 180–90 days. This is the main





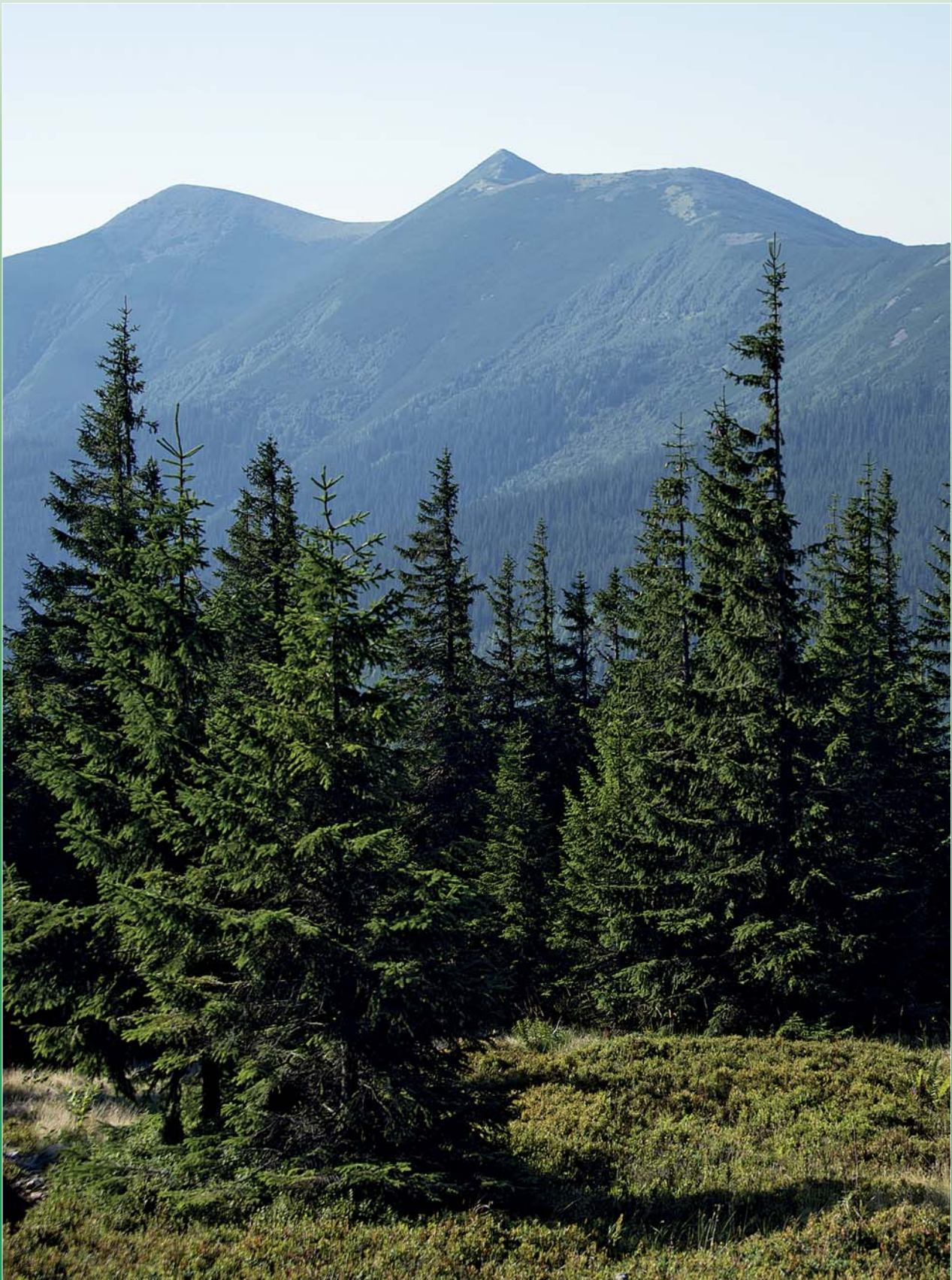
Передкарпатська височина прилягає до низькогір'я Східних Бескидів  
The Carpathian Foothills are adjacent to the Eastern Beskids lowmountains





Букові ліси з ялиною та ялицею вкривають низькогір'я Східних Бескидів  
Beech forests with spruce and fir cover the Eastern Beskids lowmountains





Гірський масив Ґорґани. Найвища гора Сивуля – 1836 м н. р. м.  
The Gorgany mountain range. The highest mountain is Syvulya 1 836 meters a.s.l.





Верхня межа лісу та субальпійське високогір'я у Ґорґанах  
The Gorgany mountain range upper timberline and subalpine belt



формування висотної диференціації природних екосистем у горах на висотні пояси гірських лісів, субальпійської та альпійської екологічних зон.

Локальні особливості геологічної і геоморфологічної будови зумовлюють формування певних ґрунтотворних субстратів: пухких кам'янистих, щебенистих та глинистих відкладів на гірських схилах. На височині це переважно піщані та глинисто-піщані, а також дрібнокам'яністі відклади. У річкових долинах зосереджені акумулятивні нагромадження гальки, піску, глини та суглинку. Такий формуючий ґрунти геологічний субстрат є переважно безвапняковистий або містить небагато вапна.

На височині типовими є поверхнево оглеєні бурувато-вимивні (*Stagnic Fragic Albeluvisol*) та оглеєні буроземні (*Gleyic Cambisols*) ґрунти. Вони сформувалися під наметом широколистяних листопадних лісів.

У горах поширені переважно бідні кислі бурі гірсько-лісові ґрунти (*Acidic Cambisols*). Вони сформувалися на щебенисто-кам'янистих відкладах на схилах під наметом мішаних хвойно-листяних лісів. На глинистих відкладах здебільшого поширені багаті слабо кислі та нейтральні типові бурі ґрунти (*Eutric Cambisols*). Вони займають невеликі площі.

У верхніх частинах гірських масивів та на їх схилах значні площі займають розсипи пісковиків. Тут є типовими примітивні ініціальні ґрунти, наскельні (*Lithic Leptosols*), на кам'янистих розсипах (*Regosols*), а також сильно-скелетні некарбонатні (*Rankers*) або поверхнево кам'яністі буроземні (*Leptic Cambisols*).

У долинах річок домінують алювіальні дерново-буроземні (*Dystric Fluvisols*), алювіальні лучно-буроземні (*Umbric Fluvisols*), а також болотні мінеральні (*Eutric Gleysols*) та торф'яні болотні (*Terric Histosols*) ґрунти.

Регіональний помірно теплий та вологий континентальний клімат підтримує доволі стабільні запаси ґрунтових вод. Вони забезпечують можливість нормального росту і розвитку лучної, чагарникової та лісової рослинності.

Загалом сучасний рослинний покрив у районі досліджень відзначається складною горизонтальною структурою та гетерогенністю лісових угруповань [10, 11, 16, 19]. Головними видами, що формують лісові де-

reason for the determining of altitude differentiation of natural ecosystems in the mountains on the altitude layers of mountain forest, subalpine and alpine life zones.

Local features of the geological and geomorphologic structure are predetermined by forming of certain soil-forming substrates: loose stony, gravel and clay deposits on the mountain slopes. On the upland, it is mostly sandy and clay-sandy, as well as shallow rocky deposits. In the river valleys accumulative deposits of pebbles, sand, clay and loam are concentrated. Such geological substrate that forms soils is predominantly non-calcic or it contains a little lime.

On Carpathian Foothills the typical are surface-gleyed brownish-washing (*Stagnic Fragic Albeluvisol*) and gley-brown (*Gleyic Cambisols*) soils. They are formed under the canopy of broadleaf deciduous forests.

In the mountains are distributed mainly poor acid brown mountain-forest soils (*Acidic Cambisols*). They are formed on gravel-stony deposits on slopes under the canopy of mixed coniferous-deciduous forests. In the clayey sediments rich slightly acid and neutral, typical brown soils (*Eutric Cambisols*) are mostly distributed. They occupy small areas.

In top parts of mountain ranges and on their slopes the sandstone deposit placers occupy considerable areas. Here are typical primitive initial soils, on rocks (*Lithic Leptosols*), on stony deposit placers (*Regosols*), and also most stony non carbonaceous (*Rankers*) and superficial stony brown (*Leptic Cambisols*).

In the river valleys the alluvial turf-brown (*Dystric Fluvisols*), alluvial meadow-brown (*Umbric Fluvisols*), and also bog mineral (*Eutric Gleysols*) or peat bog soils (*Terric Histosols*) are predominated.

Regional warm-temperate and humid continental climate maintains relatively stable groundwater reserves. They provide the possibility of normal growth and the development of meadow, shrub and forest vegetation.

In general, the modern vegetation in the research area is characterized by the complex horizontal structure and the heterogeneity of forest communities [10, 11, 16, 19]. The main species that forest stands form, are Norway

ревостани, є ялина європейська (*Picea abies*), бук лісовий (*Fagus sylvatica*), ялиця біла (*Abies alba*), дуб звичайний (*Quercus robur*). Рідше едифікаторами деревостанів є сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), дуб червоний (*Quercus rubra*), граб звичайний (*Carpinus betulus*), вільха сіра (*Alnus incana*), вільха клейка (*Alnus glutinosa*), клен-явір (*Acer pseudoplatanus*), осика (*Populus tremula*), дуже рідко – дуб скельний (*Quercus petraea*) і сосна кедрова (*Pinus cembra*).

У складі лісових угруповань часто трапляються ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), в'яз гірський (*Ulmus glabra*), черешня (*Cerasus avium*), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*) та верба козяча (*Salix caprea*).

Загалом на Передкарпатській височині ростуть мішані листопадні багатовидові ліси, що належать до синтаксонів порядків *Fagetalia sylvaticae* та *Quercetalia roboris* [25]. Впродовж останніх століть тутешні старовікові ліси з перевагою дуба звичайного, ялиці білої та бука лісового зазнали масового вирубування. Тепер на їх місці ростуть вторинні ліси з перевагою граба звичайного, берези, осики за участю дуба звичайного, ялиці, ялини та інших видів. Вони є результатом переважно другого або третього циклу регенерації. На великих площах створено лісові культури дуже різного видового складу.

Локально на перезволожених землях на височині та в горах у долинах річок ростуть вільхові деревостани (All. *Alno-Ulmion*), а на торфовищах ліси асоціації *Sphagno-Pinetum sylvestris*. Це рідкісні реліктові ліси, що збереглися з раннього післяльодовикового періоду.

У **горах** найбільш поширеними є деревостани з перевагою ялини європейської, меншою мірою бука лісового, ялиці білої, зрідка явора та ін. Переважно це мішані ліси, що за флористичною композицією наближені до угруповань союзів *Fagion sylvaticae* та *Piceion abietis*. Вони також є вторинного походження, здебільшого першого або другого циклу регенерації.

Угруповання союзу *Fagion sylvaticae* поширені на вологих буроземах: кислих

spruce (*Picea abies*), European beech (*Fagus sylvatica*), silver fir (*Abies alba*), European oak (*Quercus robur*). Rarer the edificators of forest stands are Scots pine (*Pinus sylvestris*), northern red oak (*Quercus rubra*), common hornbeam (*Carpinus betulus*), grey alder (*Alnus incana*), common alder (*Alnus glutinosa*), sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*), common aspen (*Populus tremula*), very rarely – sessile oak (*Quercus petraea*) and stone pine (*Pinus cembra*).

In composition of forest communities often occur common ash (*Fraxinus excelsior*), Norway maple (*Acer platanoides*), wych elm (*Ulmus glabra*), sweet cherry (*Cerasus avium*), mountain-ash (*Sorbus aucuparia*) and goat willow (*Salix caprea*).

In general, on the Carpathian Foothills the mixed deciduous multispecies forests are growing that belong to syntaxons of the orders *Fagetalia sylvaticae* and *Quercetalia roboris* [25]. During the last century the local old-age forests with dominating of *Quercus robur*, *Abies alba* and *Fagus sylvatica* were suffered from total felling. Now in their place grow secondary forests with the predominance of *Carpinus betulus*, *Betula*, *Populus tremula* and with the participation of *Quercus robur*, *Abies alba*, *Picea abies* and other species. They are the result of mainly the second or third cycle of regeneration. On vast areas was created the forest plantation of very various of species compositions.

Locally on the Foothills and in the mountains on the overwetting lands in the valleys of the rivers, grow the alder stands (All. *Alno-Ulmion*), also on peat bogs the forests of association *Sphagno-Pinetum sylvestris* are growing. It is rare relict forests which remain from early postglacial period.

**In mountains** most widespread are forest stands with advantage of *Picea abies*, by the less measure of *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, rarely of *Acer pseudoplatanus* and other. Mainly, these are mixed forests, which by floral composition to the groups of alliance *Piceion abietis* and *Fagion sylvaticae* are like. They are also of secondary origin, mainly the first or second cycle of regeneration.

The grouping of alliance *Fagion sylvaticae* is distributed in moist brown soils: acidic

середньої родючості (*Acidic Cambisols*) та нейтральних багатих (*Eutric Cambisols*).

У межах низькогір'я Бескидів домінують вологі мезо-евтрофні ґрунтово-гідрологічні умови. Велика різноманітність оротографічних та локальних кліматичних екологічних умов зумовлює локальне формування складної горизонтальної структури лісового покриву.

Ялицеві ліси (Ass. *Luzulo-Abietetum albae*) приурочені до північних схилів, а букові (All. *Fagion sylvaticae*) до південно-східних. Випуклі частини підвищень рельєфу зайняті березовими молодими деревостанами, а вологі западини – яворовими.

Лісові угруповання союзу *Piceion abietis* менш поширені. Вони ростуть у бідніших трофічних умовах, переважно у верхніх частинах кам'янистих гірських масивів. Проте в минулому в низькогір'ї на місці колишніх зрубаних мішаних лісів союзу *Fagion sylvaticae* були штучно створені лісові культури ялини європейської. Ці деревостани були високої продуктивності, але виявилися біологічно нестійкими, ураженими різними захворюваннями. Зараз вони масово висихають.

Ялинові ліси (*Abieti-Piceetum*) – типове природне висотно-азональне явище у горах на висоті понад 1100 м н. р. м. Вони утворюють верхню межу лісу на висоті 1400–1600 м н. р. м.

Місцями на дуже обмежених площах, переважно на бідних кам'янистих ґрунтах, трапляються ялинники з домішкою сосни кедрової (*Pinus cembra*). Це рідкісні реліктові лісові природні комплекси, що підлягають повній охороні [49]. Вище від верхньої межі лісу поширені кам'яністі розсипи та чагарники, точніше стелюхи сосни гірської (*Pinus mugo*). Вони майже суцільно вкривають верхні частини гір у пасмі Горган. Місцями серед заростей сосни гірської поодинокі ростуть низькі дерева сосни кедрової.

Такі лісові природні комплекси є типовими не лише для карпатської частини басейну ріки Дністер, а й для північного макросхилу Східних Карпат загалом.

medium fertility (*Acidic Cambisols*) and neutral rich (*Eutric Cambisols*).

Within the Beskids lowmountains moist meso-eutrophic soil-hydrological conditions are dominated. A large variety of orographic and local climatic environmental conditions the local formation of a complex horizontal structure of forest cover are determines.

The fir forests (Ass. *Luzulo-Abietetum albae*) are confined to the northern slopes, and beech (All. *Fagion sylvaticae*) to the south-eastern. The convex parts of the relief elevations are occupied by birch young stands and damp depressions of sycamore forests are occupied.

Forest grouping of alliance *Piceion abietis* is little widespread. They grow in poorer trophic conditions mainly in the upper parts of the stony mountain ranges. However in the past, in the lowmountains on the site of the former felled mixed forests (All. *Fagion sylvaticae*) artificially forest plantations of *Picea abies* were created. These forest stands were of high productivited, but as it turned out to be biologically unstabled, suffered from various pathologies. Now they massively dry up.

Spruce forests (*Abieti-Piceetum*) are a typical natural altitude-azonal phenomenon in the mountains at altitudes above 1 100 m a.s.l. They form the upper timber line within the height of 1 400–1 600 m a.s.l.

Local in very limited areas, mainly on poor stony soils, occur with fir forests with an admixture of stone pine (*Pinus cembra*). It is rare relict forest natural complexes which are subject to the complete guard [49]. Along upper timber line, common stony scattering and shrubs, or more precisely shrubs or low creeping forests, of the mountain pine (*Pinus mugo*). They almost entirely cover the upper parts of the mountains in the Gorgany range. Locally among the mountain pine communities some low trees of Swiss stone pine are grow.

Such forest natural complexes are typical not only for the Carpathian part of the Dniester River basin, but also for the northern macro-slope of the Eastern Carpathians in general.

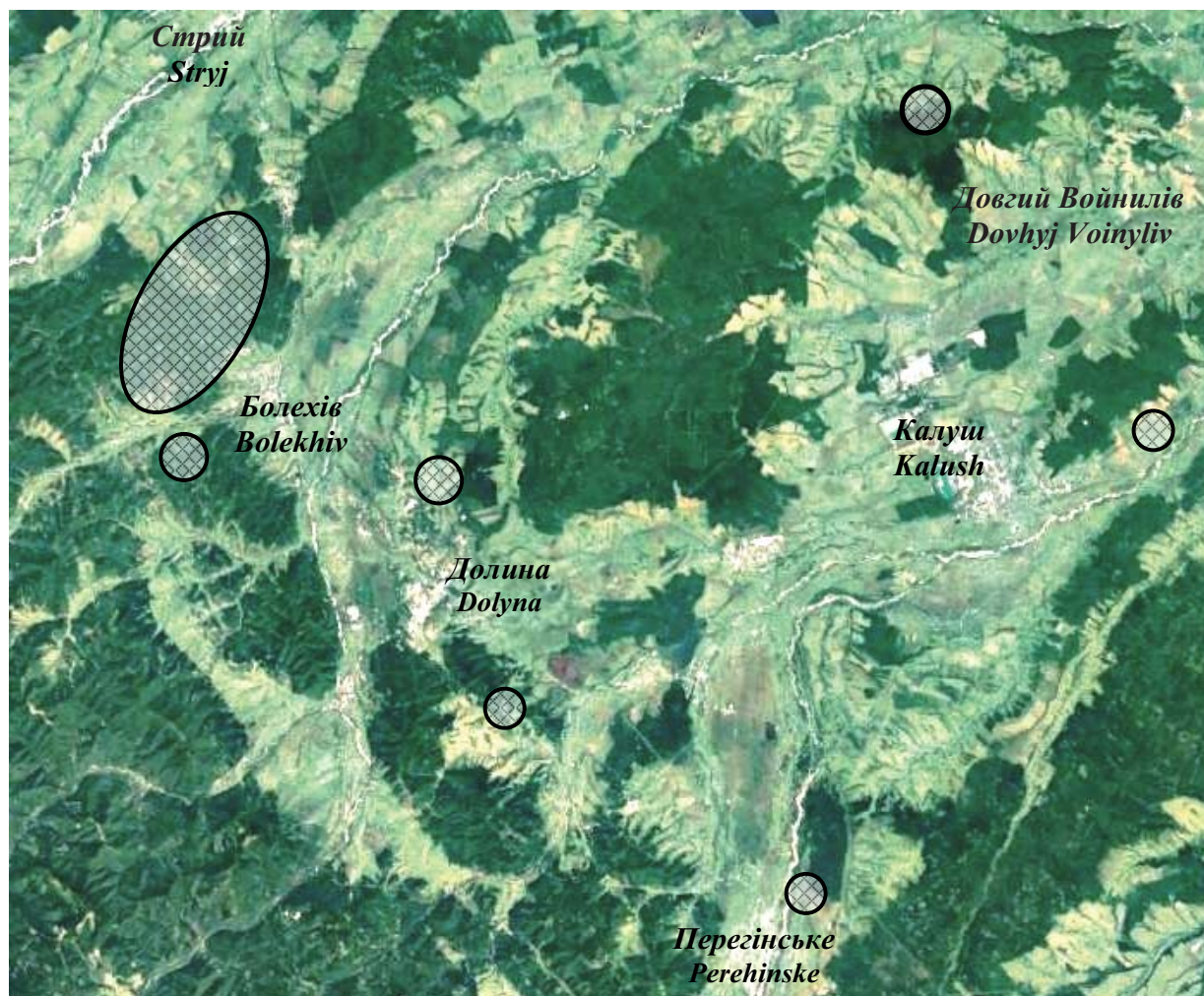


## Передкарпатська височина

Дослідження були зосереджені на землях Моршинського лісництва Державного підприємства "Стрийське лісове господарство", Болехівського та Рахинського лісництв Державного підприємства "Болехівське лісове господарство", Довговойнилівського лісництва Державного підприємства "Калуське лісове господарство". Території концентрації місць росту досліджених модельних дерев показані на рис. 2. Модельні дерева відібрано в межах висоти 250–500 м н. р. м. Ґрунтові умови: мезо-евтрофні слабо кислі супіщано-суглинкові (*Stagnic Fragic Albeluvisol*) періодично свіжі, вологі і сирі. Клімат помірно-холодний рівномірно вологий із спекотним літом, властивий для східноєвропейських листопадних широколистяних лісів.

## Carpathian Foothills

The researches were focused on the lands of Morshyn Forestry of Stryj State Enterprise of Forestry Management, of Bolechiv and Rakhynya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Dowhovoynyliv Forestry of Kalush State Enterprise of Forestry Management. The areas of the growth sites of the studied model trees are shown in Figure 2. Model trees are selected within the altitude of 250–500 m a.s.l. Soil conditions: meso-eutrophic slightly acidic sandy-loam and loamy (*Stagnic Fragic Albeluvisol*) periodically mesophile, mesohygrophile and hygrophile. The climate is moderately cold, evenly humid with hot summers, typical of East-European deciduous broad-leaved forests.



**Рис. 2.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева  
**Fig. 2.** The location on the Carpathian Foothills, where model trees were taken



**Береза повисла**

Модельні зрізи виконані з дерев, що росли на території Болехівського лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство" та на сусідніх угіддях Гузіївської технічної ділянки Долинського міжгосподарського підприємства лісового господарства. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено в табл. 2 та на рис. 3. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 4–6. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 7.

***Betula pendula* Roth**

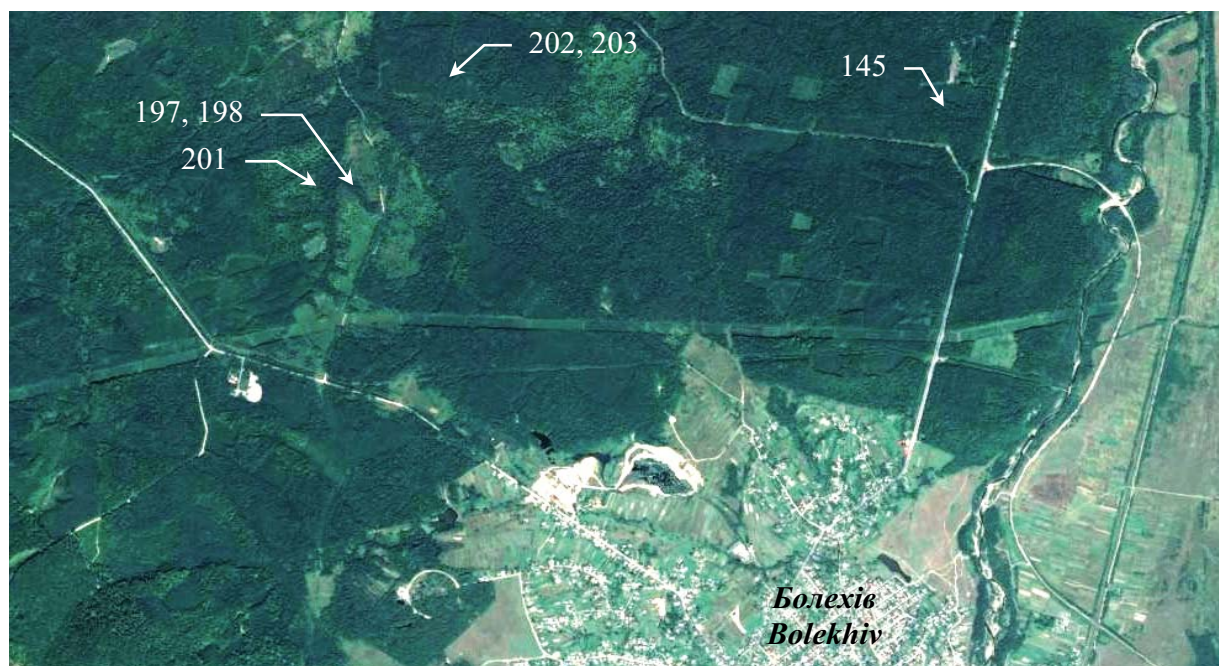
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management and on the neighboring lands of Huziyv Technical District of the Dolyna Inter-Farmer Forestry Enterprise. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 2 and in Figure 3. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 4–6. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 7.

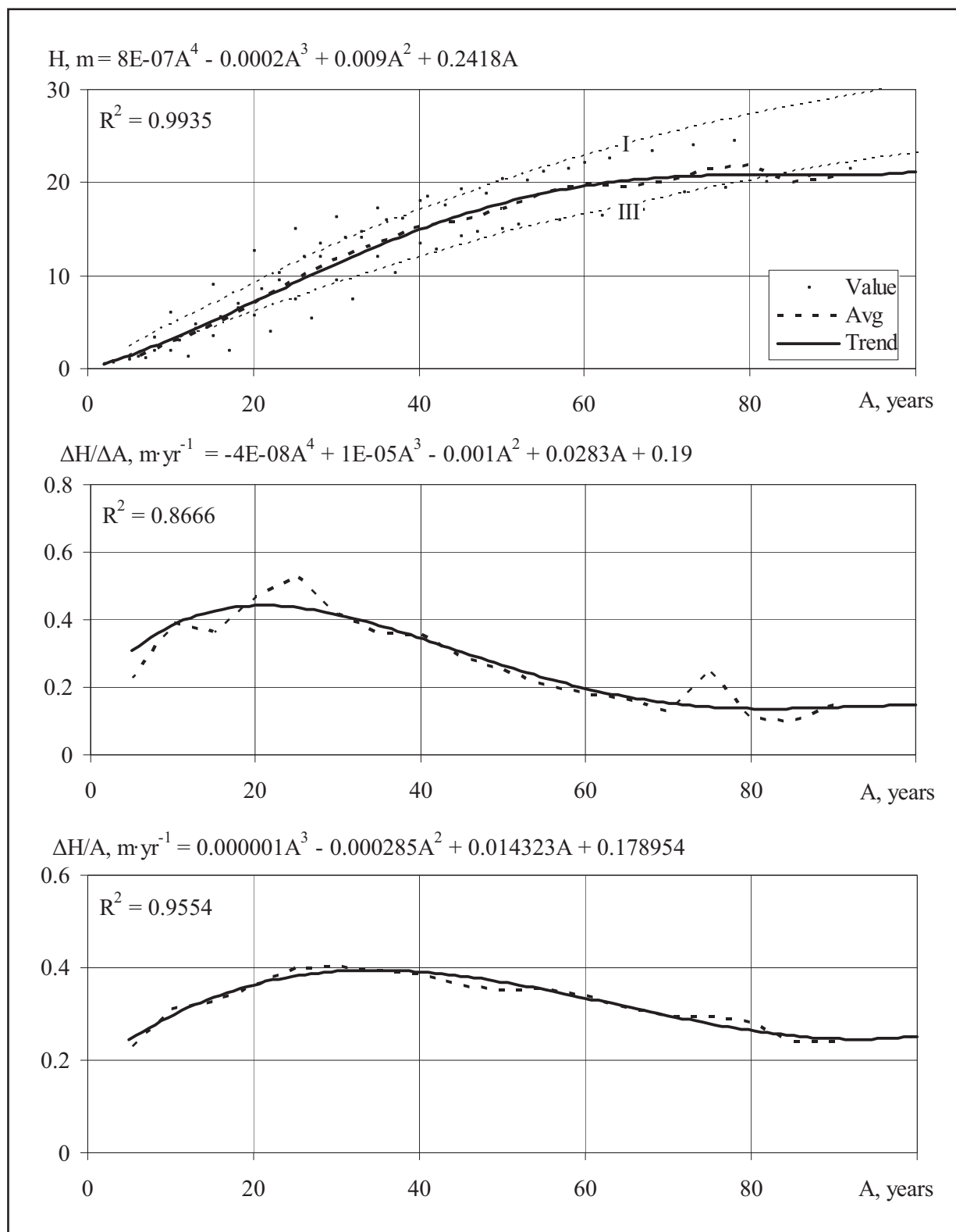
Таблиця 2

Table 2

**Модельні дерева берези повислої, що росли на Передкарпатській височині****Model trees of *Betula pendula*, that grew on the Carpathian Foothills**

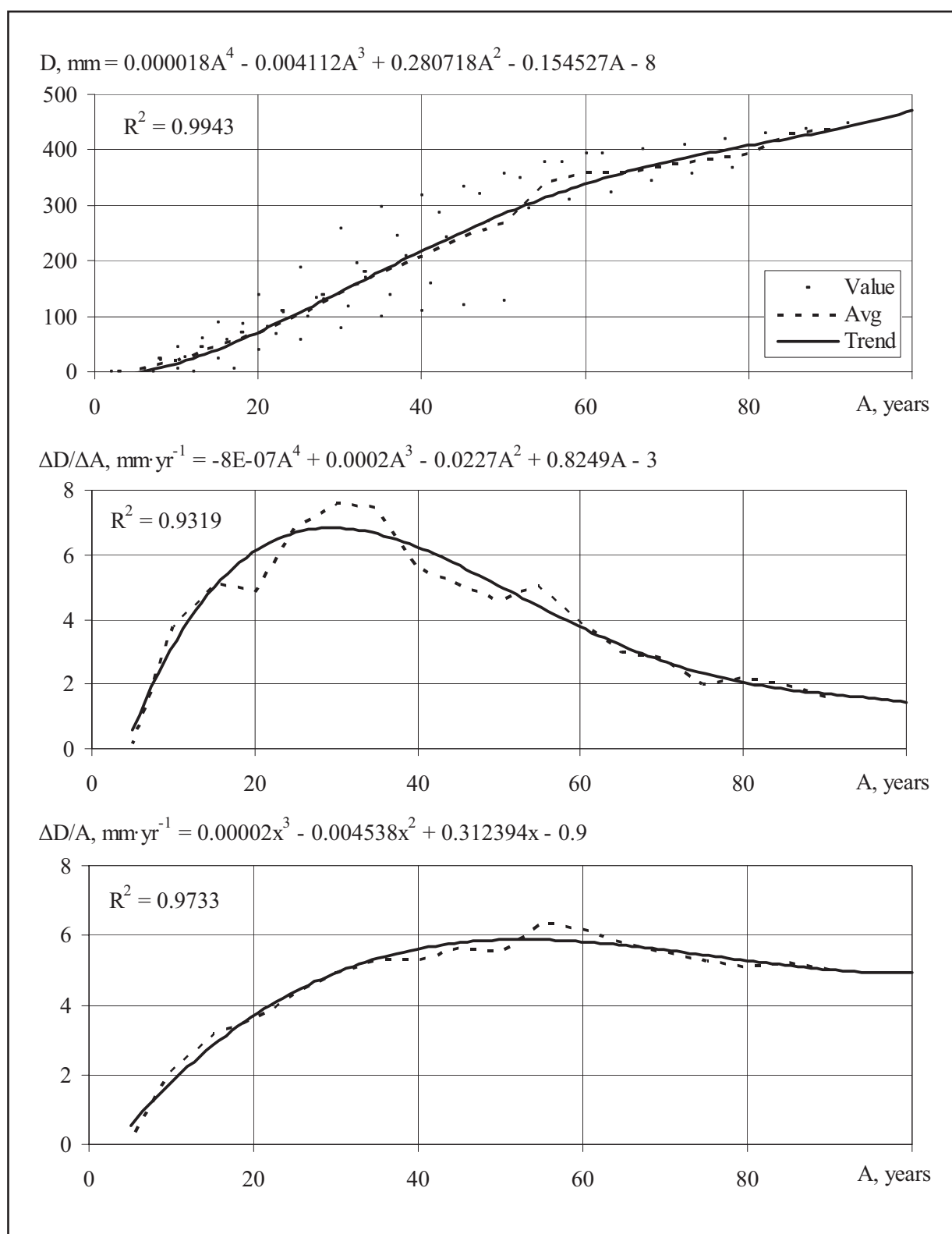
Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
145	49.10364	23.86344	360	78	24.5	36.8	1.03
197	49.10094	23.82135	391	41	18.5	15.8	0.175
198	49.10094	23.82135	391	29	14.0	18.0	0.18
201	49.10176	23.81923	388	92	21.5	44.8	1.37
202	49.10451	23.82610	390	50	15.0	12.8	0.12
203	49.10453	23.82607	390	60	22.1	39.4	1.18

**Рис. 3.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева берези повислої**Fig. 3.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Betula pendula* were taken



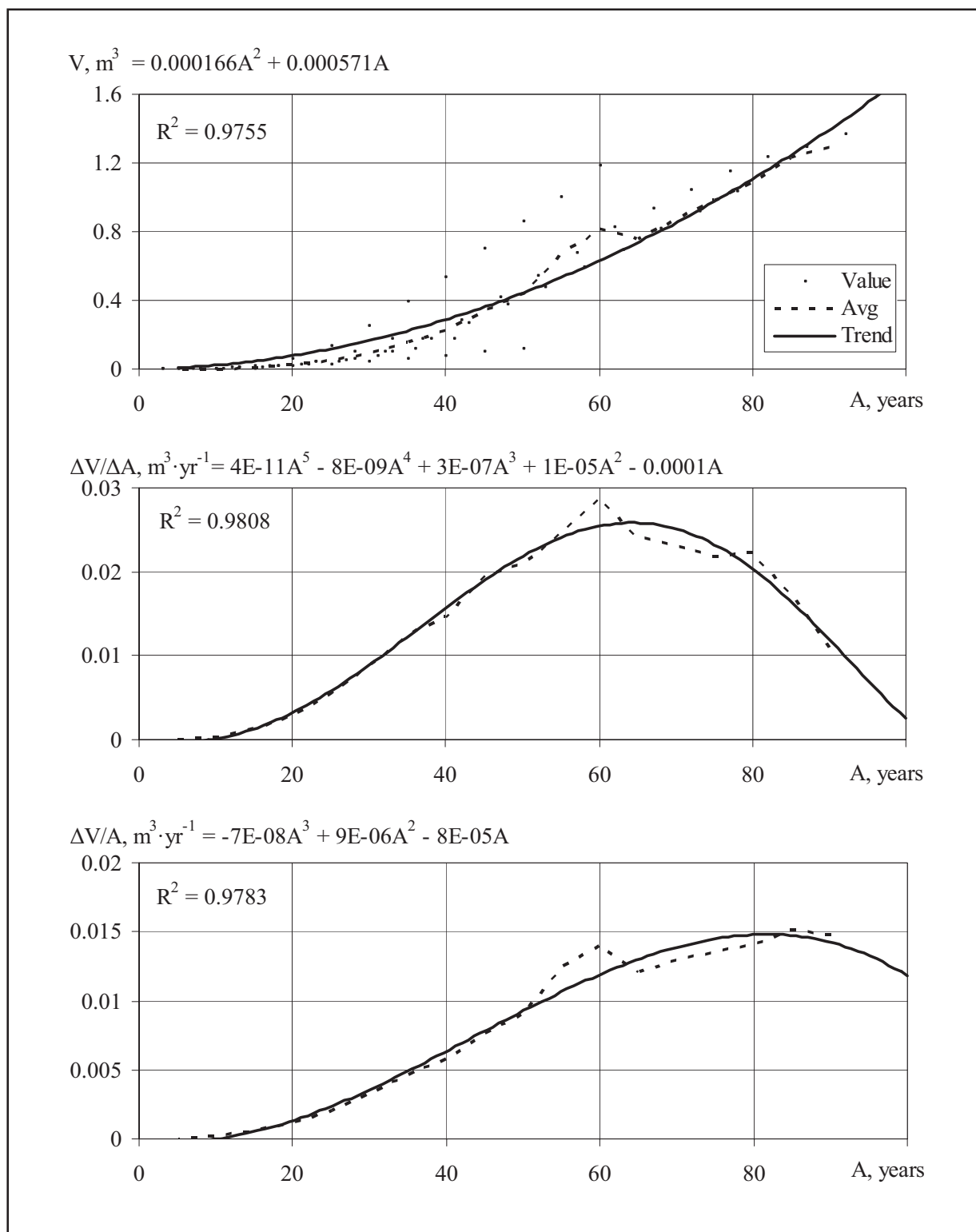
**Рис. 4.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 4.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Betula pendula* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 5.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

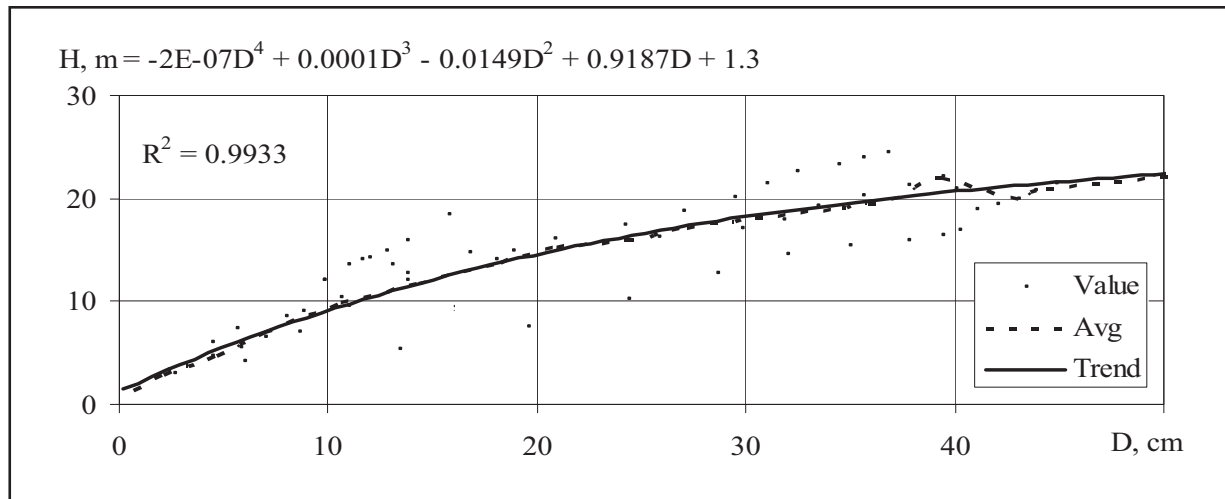
**Fig. 5.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Betula pendula* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 6.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 6.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Betula pendula* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 7.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

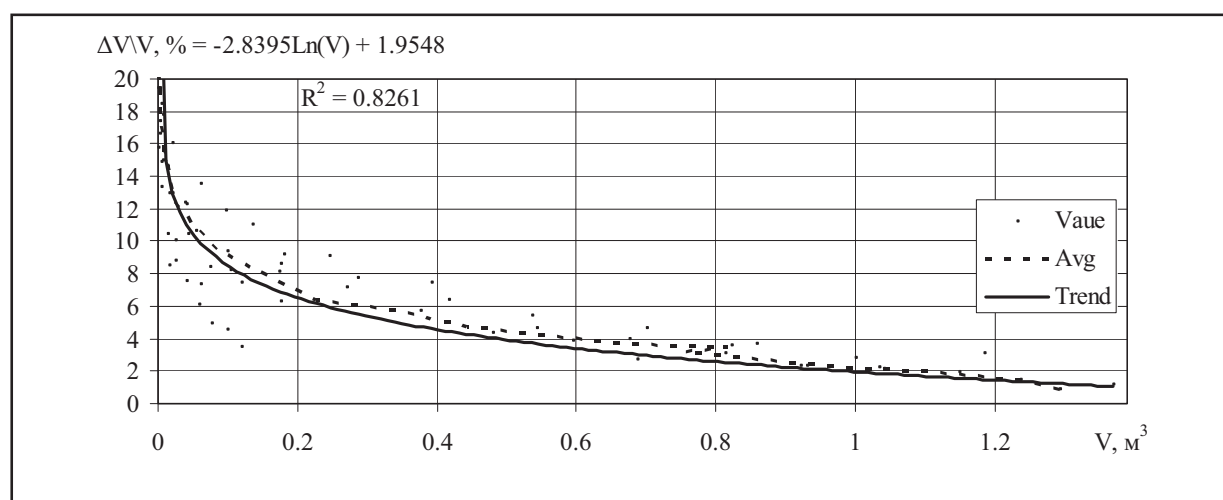
**Fig. 7.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Betula pendula* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам II–III бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 17 м, а у 100 років мала б сягати 24 м. Відповідно, товщина стовбурів сягала 28 см і трохи більше 42 см, а об'єм – приблизно 0,5 м<sup>3</sup> і трохи більше ніж 1,4 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 15–30 років і становив приблизно 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, 6 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 20–40 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,02 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 50–80 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму, 0,015 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 80 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1,0 м<sup>3</sup> він не перевищує 2,3 %. Це характерно для дерев берези повислої у віці 80 років (рис. 6 і 8).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 3). У середньому цей показник становить 0,465.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the II–III class bonitet. At the age of 50 years, their height reached 17 m, and in 100 years it would have to reach 24 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 28 cm and slightly more than 42 cm, and the volume – approximately 0.5 m<sup>3</sup> and slightly more than 1.4 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 15–30 years and was approximately 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, 6 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 20–40 years, and in the volume of stem wood, more than 0.02 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the age of 50–80 years old trees. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.015 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees of over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1.0 m<sup>3</sup>, it does not exceed 2.3 %. This is characteristic of *Betula pendula* trees at the age of 80 years (Figures 6 and 8).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 3). On average, this index is 0.465.



**Рис. 8.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 8.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Betula pendula* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills:

"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 3

Table 3

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на Передкарпатській височині:**

" $f_d$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

" $f_h$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Betula pendula* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

" $f_d$ " – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

" $f_h$ " – the moving average values of form factor of different height trunks

D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	$f_d$
8	0,562	0,528	0,502							0,555
12	0,534	0,502	0,478	0,462	0,452					0,501
16	0,511	0,480	0,457	0,442	0,433	0,429				0,459
20	0,493	0,463	0,441	0,426	0,418	0,414	0,414			0,428
24		0,451	0,430	0,415	0,407	0,403	0,403	0,405		0,405
28			0,422	0,408	0,400	0,396	0,396	0,398	0,399	0,391
32				0,404	0,396	0,393	0,392	0,394	0,396	0,384
36					0,395	0,392	0,392	0,393	0,395	0,383
40						0,394	0,394	0,395	0,397	0,387
44							0,398	0,399	0,401	0,394
48								0,405	0,406	0,405
52									0,412	0,417
$f_h$	0,568	0,502	0,455	0,425	0,408	0,401	0,401	0,404	0,408	0,465

**Бук лісовий**

Модельні зрізи виконані з дерев, що росли на території Болексівського лісництва Державного підприємства "Болексівське лісове господарство" [20]. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 4 та на рис. 9. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 10–12. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 13.

***Fagus sylvatica* L.**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management [20]. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 4 and in Figure 9. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 10–12. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 13.

Таблиця 4

Table 4

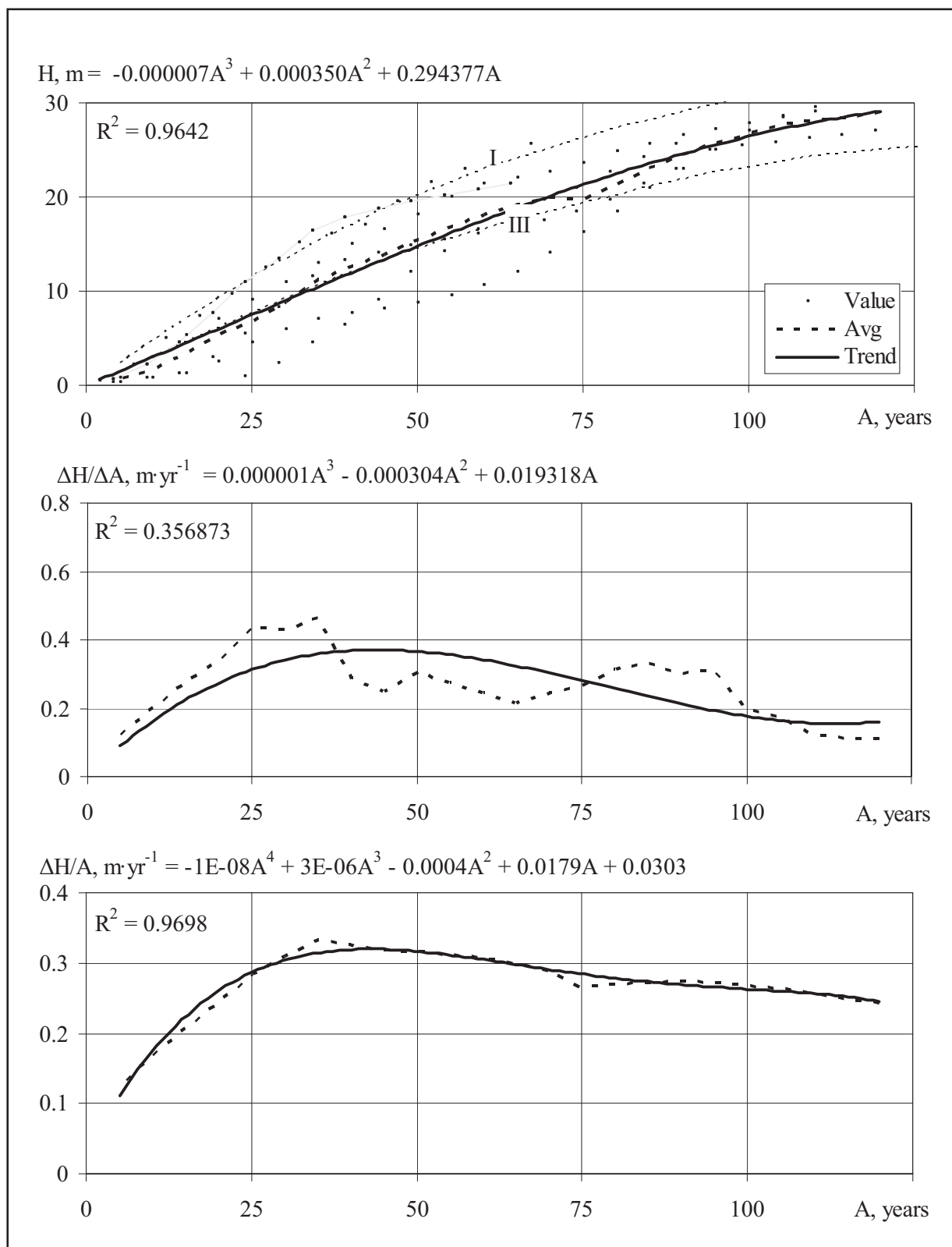
**Модельні дерева бука лісового, що росли на Передкарпатській височині**

**Model trees of *Fagus sylvatica*, that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
114	49.088932	23.762680	500	120	31	70.4	5.56
115	49.088932	23.762680	500	119	27	73.8	4.81
116	49.088932	23.762680	500	110	29	61.6	4.4
133	49.088969	23.869078	387	67	25.6	22.8	0.54
134	49.088529	23.868473	387	89	25.7	44.6	1.55
135	49.087820	23.867196	380	64	21.4	36.4	1.0

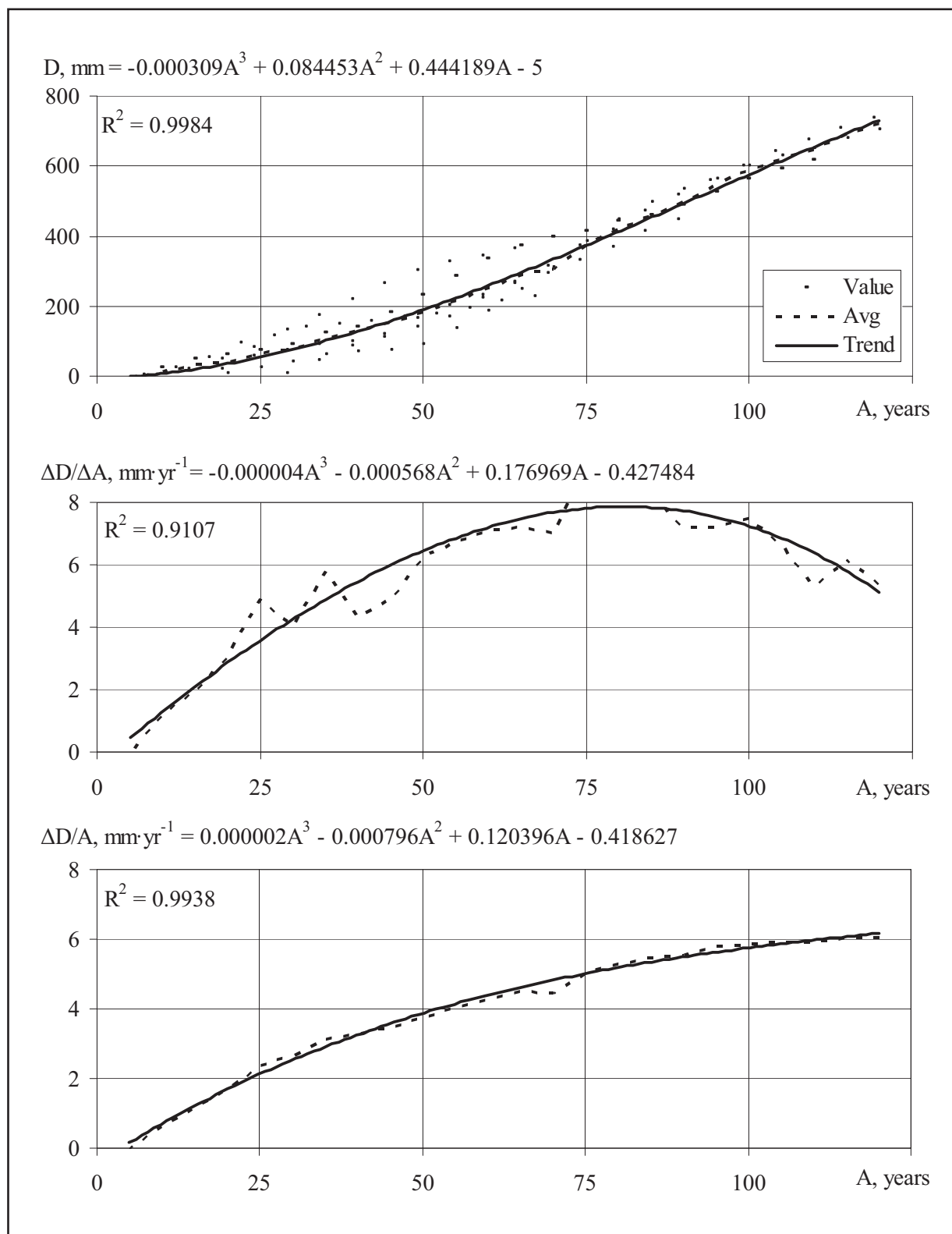


**Рис. 9.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева бука лісового  
**Fig. 9.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Fagus sylvatica* were taken



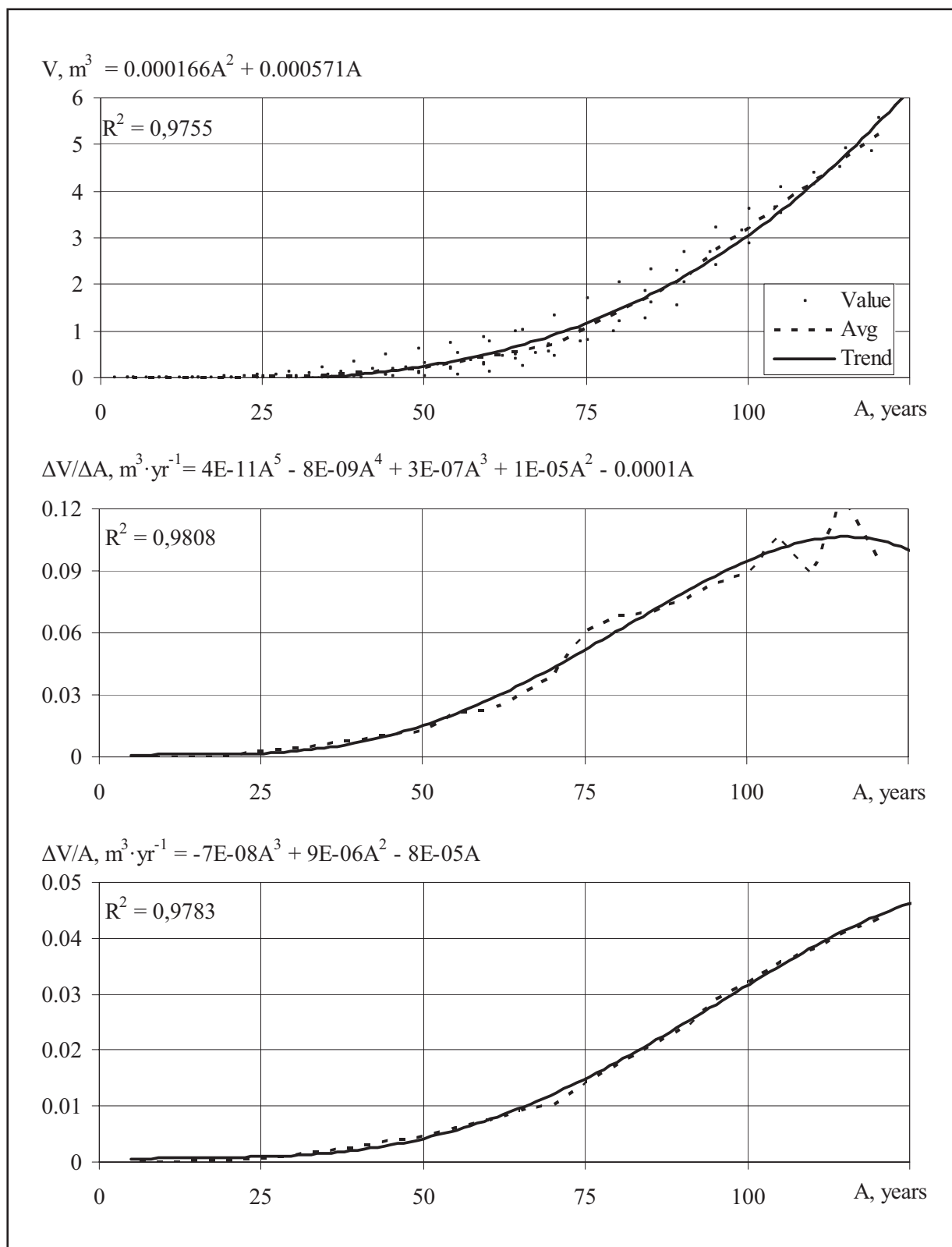
**Рис. 10.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 10.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 11.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

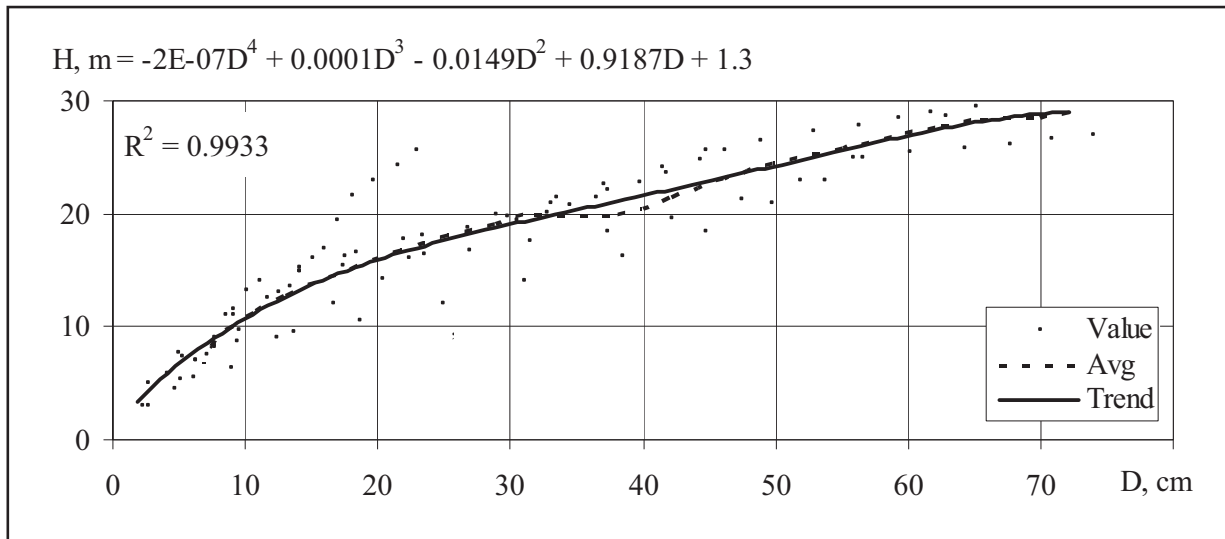
**Fig. 11.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 12.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 12.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 13.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

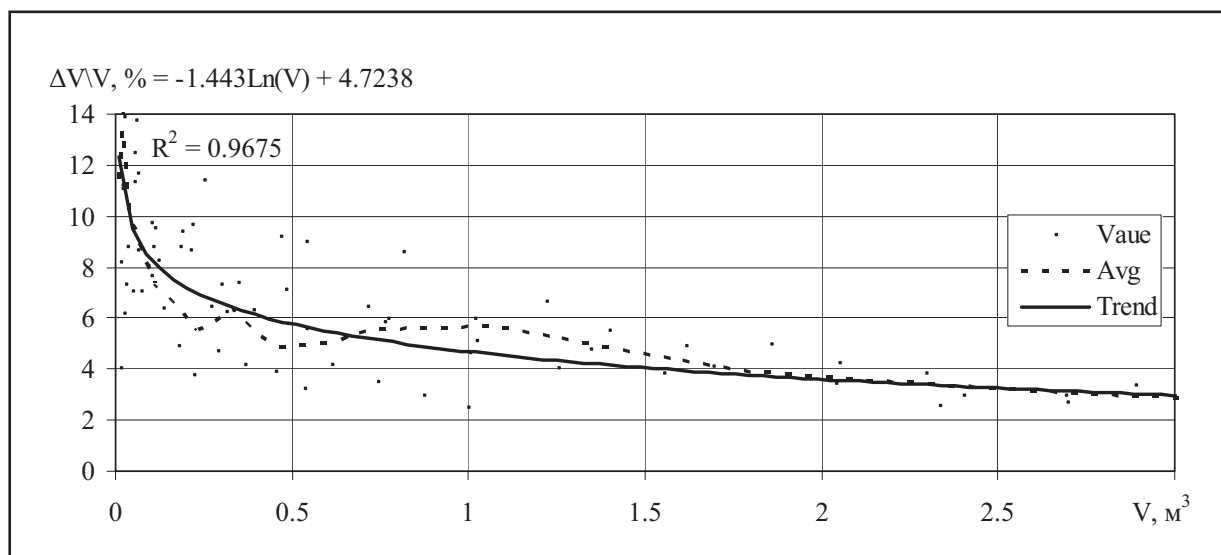
**Fig. 13.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам II–III бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 15 м, а у 100 років – 26 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала майже 20 см і трохи більше 58 см, а об'єм – приблизно 0,2 і 3,0 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту цих дерев був у віці 25–60 років і становив приблизно 0,3 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 7 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 60–100 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 100–120 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму, 0,04 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 110 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів 1,0 м<sup>3</sup> він становить 4 %, а при об'ємі 3,0 м<sup>3</sup> – 3 %. Це характерно для дерев бука лісового у віці 70 та 100 років (рис. 12 і 14).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 5). У середньому цей показник становить 0,463.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the II–III bonitet. At the age of 50 years, their height reached almost 15 m, and in 100 years – 26 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 20 cm and slightly more than 58 cm, and the volume – approximately 0.2 m<sup>3</sup> and 3.0 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of these trees was at the age of 25–60 years and was approximately 0.3 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 7 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 60–100 years, and in the volume of trunks, more than 0.1 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the age of 100–120 years old trees. Similar trends also showed and average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.04 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees of over 110 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1.0 m<sup>3</sup>, it does not exceed 4 % and a volume 3.0 m<sup>3</sup> – 3 %. This is characteristic of *Fagus sylvatica* trees at the age of 80 years (Figures 12 and 14).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 5). On average, this index is 0.463.



**Рис. 14.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 14.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Fagus sylvatica* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 5

Table 5

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли на Передкарпатській височині:**

" $f_d$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

" $f_h$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and the thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

" $f_d$ " – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

" $f_h$ " – the moving average values of form factor of different height trunks

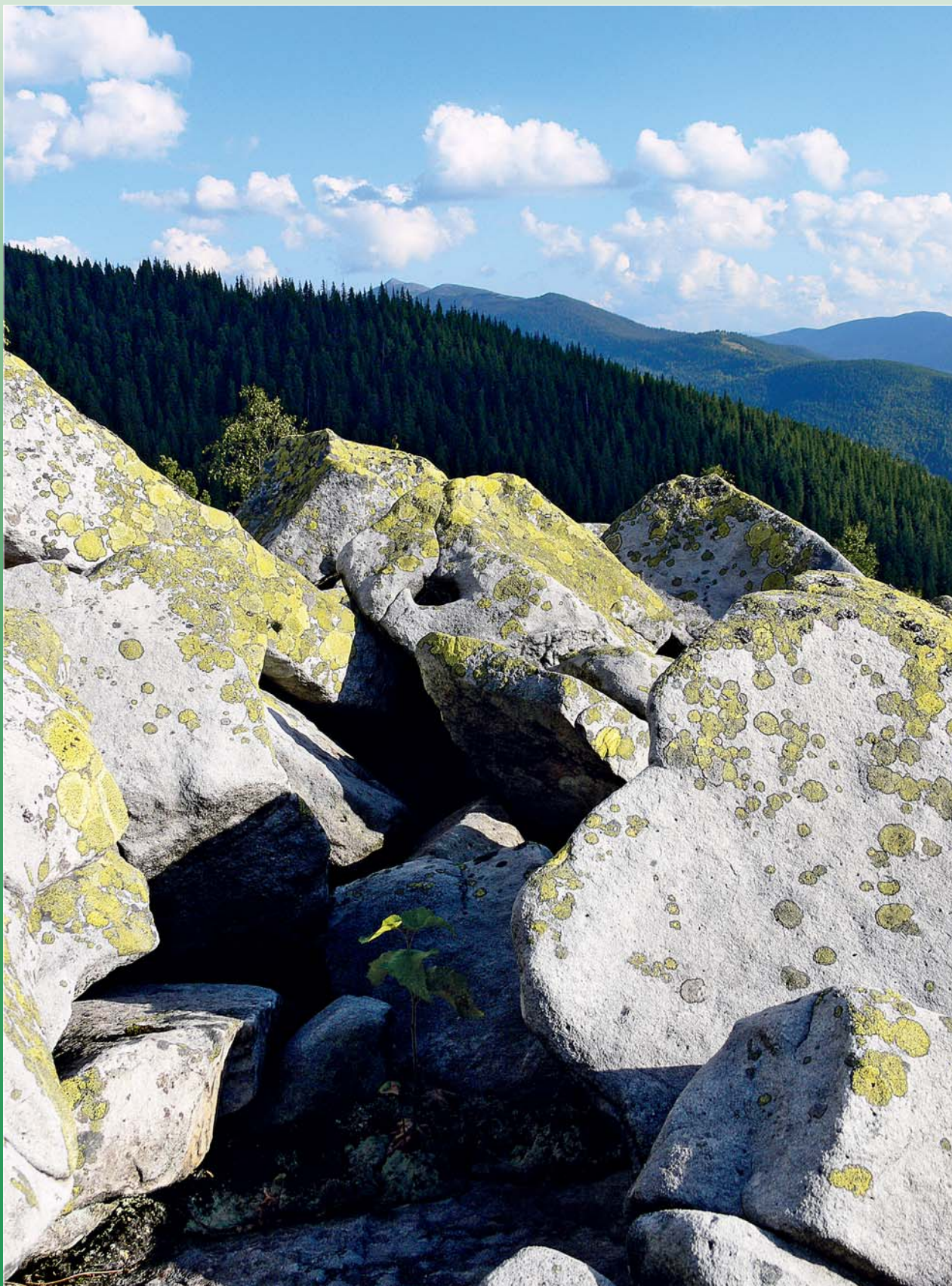
$\begin{matrix} H \\ D \end{matrix}$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	
8	0.498	0.495	0.493	0.490										0.497
12	0.496	0.493	0.490	0.488										0.492
16		0.491	0.488	0.485	0.482	0.480	0.477	0.474						0.487
20		0.488	0.485	0.483	0.480	0.477	0.475	0.472	0.469					0.482
24			0.483	0.480	0.478	0.475	0.472	0.469	0.467	0.464				0.478
28				0.478	0.475	0.473	0.470	0.467	0.464	0.462				0.473
32				0.475	0.473	0.470	0.467	0.465	0.462	0.459				0.468
36					0.470	0.468	0.465	0.462	0.460	0.457	0.454			0.463
40					0.468	0.465	0.463	0.460	0.457	0.455	0.452			0.458
44						0.463	0.460	0.458	0.455	0.452	0.449			0.454
48							0.458	0.455	0.452	0.450	0.447	0.444		0.449
52								0.453	0.450	0.447	0.445	0.442		0.444
56									0.448	0.445	0.442	0.440	0.437	0.439
60									0.445	0.442	0.440	0.437	0.434	0.434
64										0.440	0.437	0.435	0.432	0.430
68										0.438	0.435	0.432	0.430	0.425
72										0.435	0.432	0.430	0.427	0.420
$f_h$	0.499	0.494	0.489	0.483	0.478	0.472	0.467	0.462	0.456	0.451	0.445	0.440	0.435	0.463





Типові гірські буроземні ґрунти  
Typical mountain *Cambisols*





Кам'янисті схили у високогір'ї Ґорґан  
Rocky slopes in the Gorgany range altimontane zone





Біометричні дослідження дерев  
The biometric study of trees





Модельні зрізи дерев  
The model sections of trees



**Вільха клейка**

Модельні зрізи виконані з дерев, що росли на території Болехівського лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство" та на сусідніх угіддях Гузіївської технічної ділянки Долинського міжгосподарського підприємства лісового господарства. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 6 та на рис. 15. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 16–18. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 19.

***Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.**

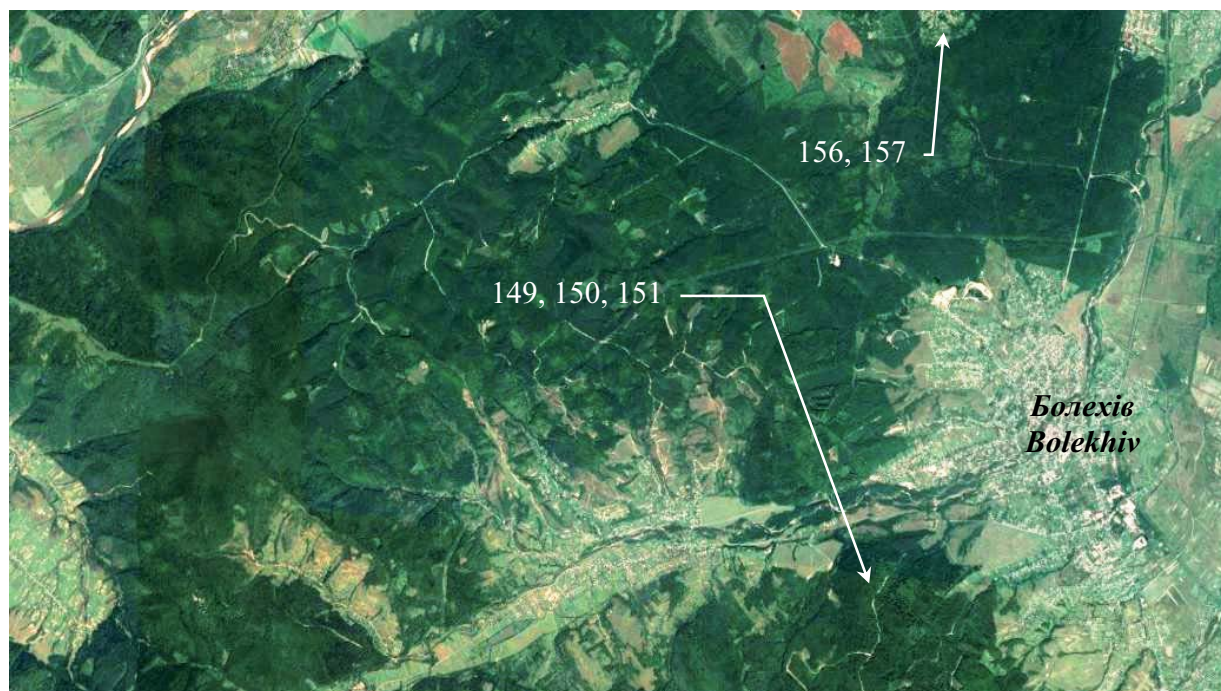
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management and on the neighboring lands of Huziyv Technical District of the Dolyna Inter-Farmer Forestry Enterprise. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 6 and in Figure 15. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 16–18. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 19.

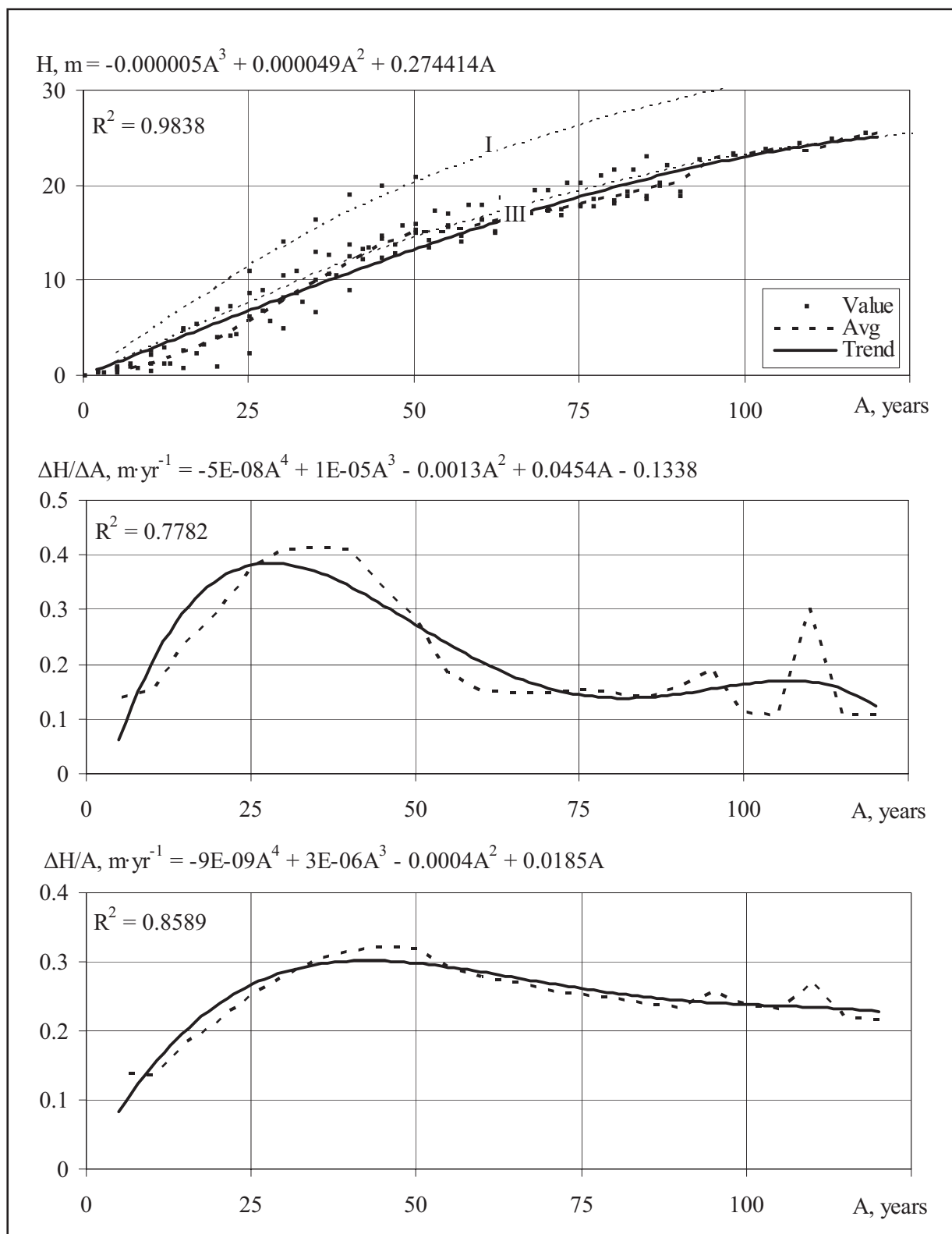
Таблиця 6

Table 6

**Модельні дерева вільхи клейкої, що росли на Передкарпатській височині****Model trees of *Alnus glutinosa* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
130	49.10323	23.82464	385	87	20.0	44.0	1.19
149	49.04207	23.83883	466	50	20.8	25.8	0.47
150	49.04223	23.84044	442	87	20.2	46.2	1.24
151	49.04240	23.84341	440	90	19.4	41.4	1.25
156	49.12139	23.84482	370	118	25.5	42.0	1.89
157	49.12139	23.84482	370	90	18.9	20.0	0.37

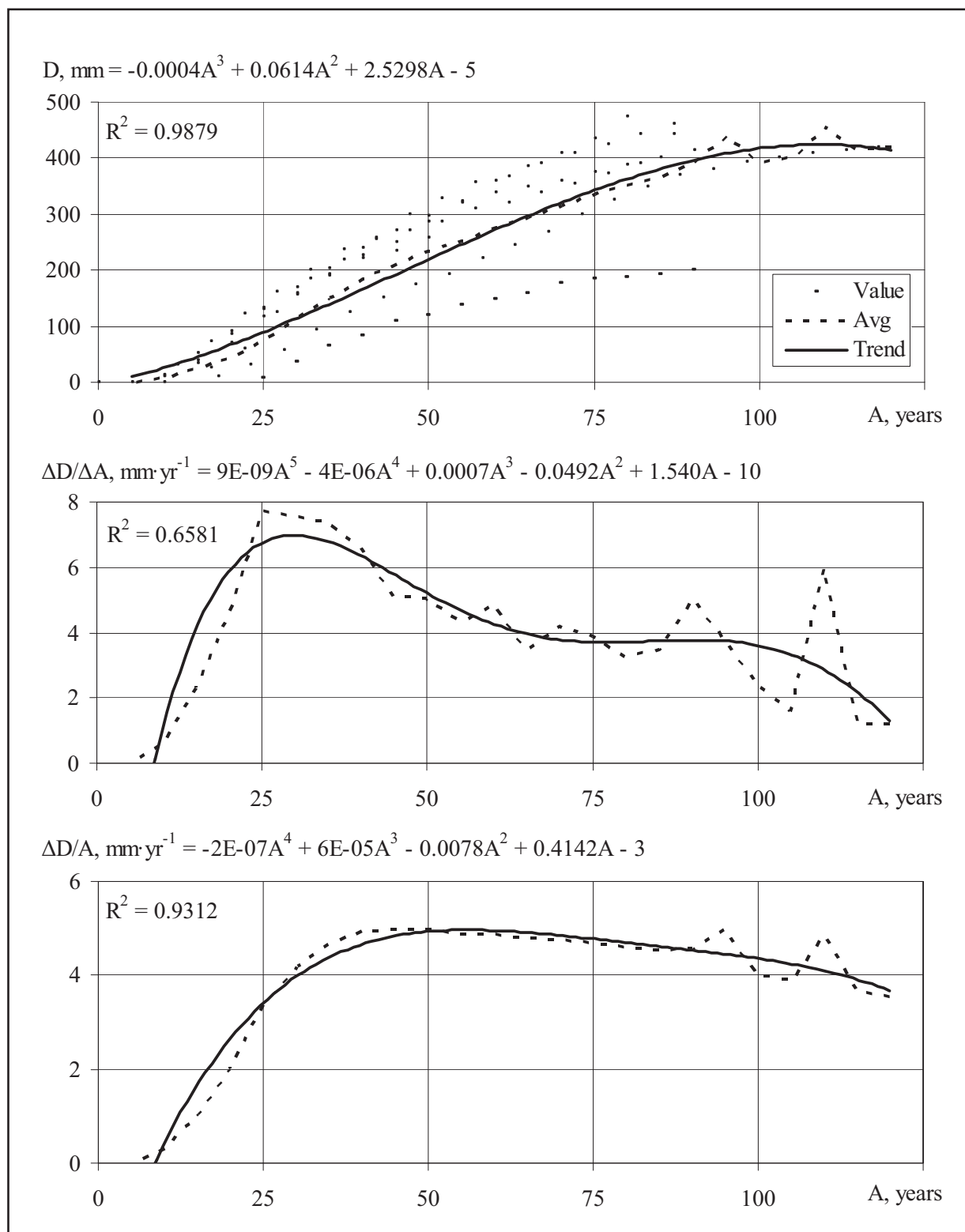
**Рис. 15.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева вільхи клейкої**Fig. 15.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Alnus glutinosa* were taken



**Рис. 16.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

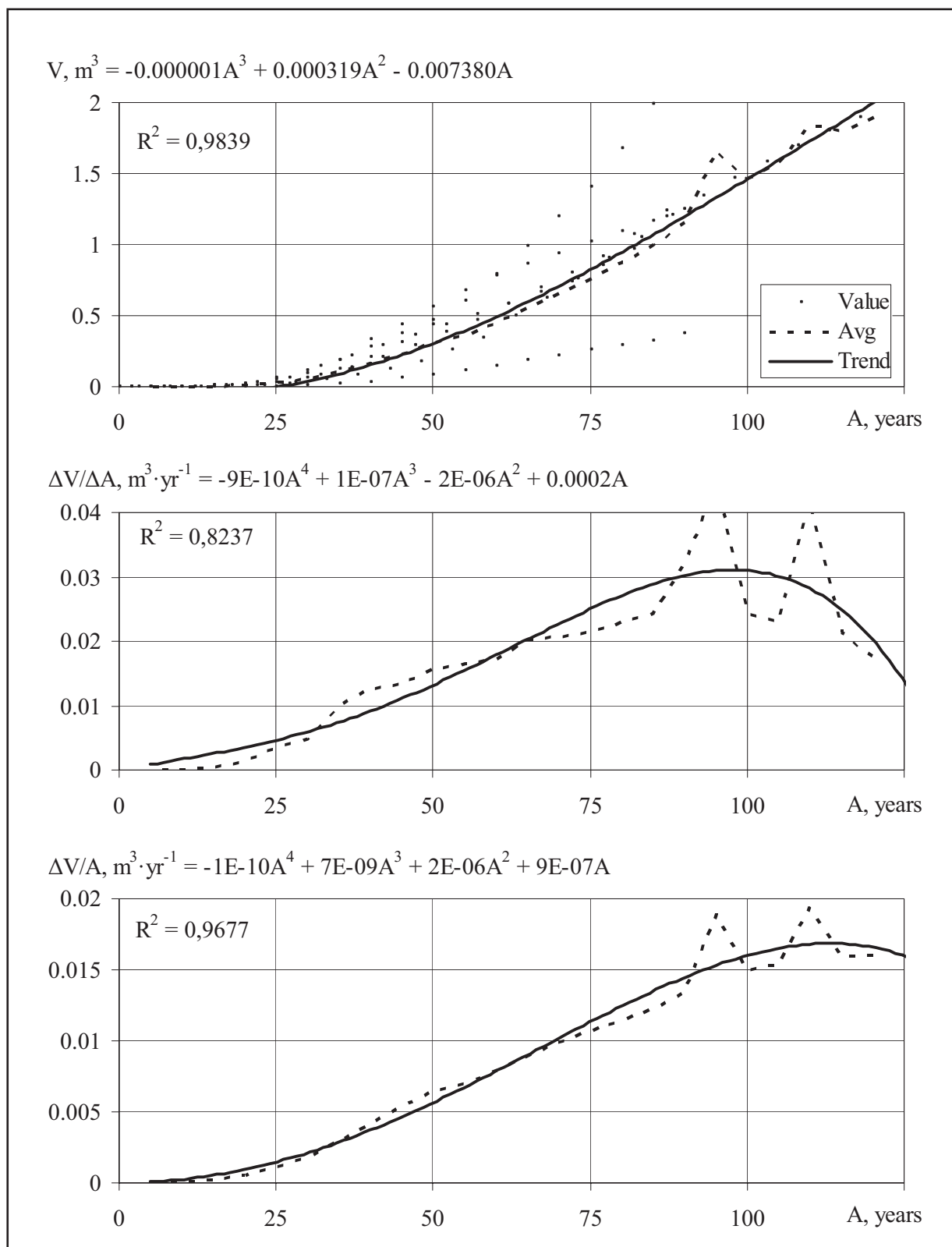
**Fig. 16.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Alnus glutinosa* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes





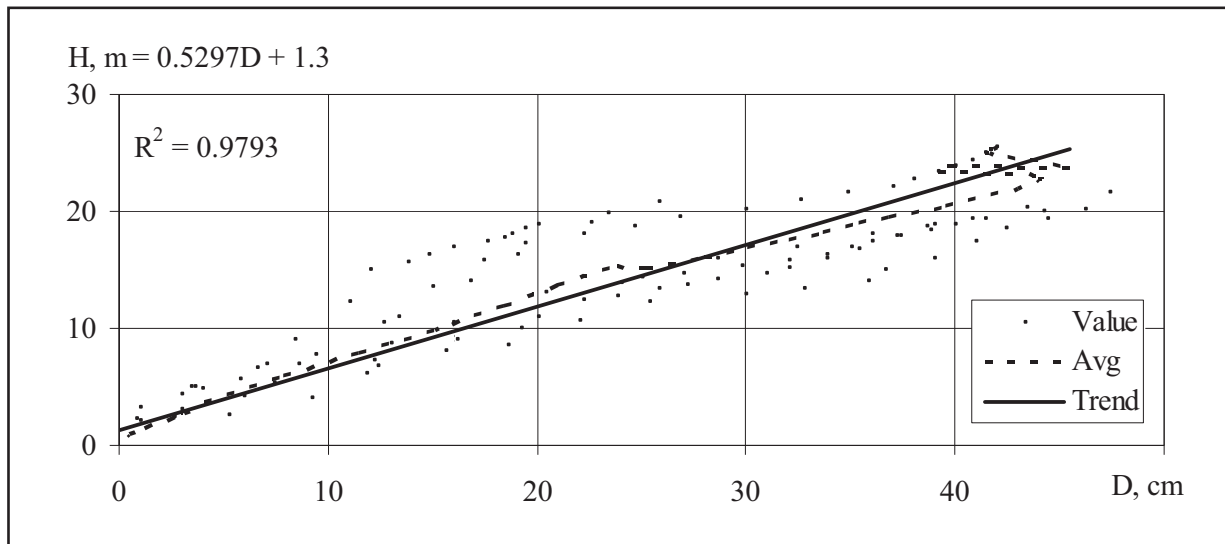
**Рис. 17.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 17.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Alnus glutinosa* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 18.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 18.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Alnus glutinosa* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 19.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 19.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Alnus glutinosa* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 13 м, а у 100 років – 23 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 22 см і трохи більше 40 см, а об'єм – приблизно  $0,3 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $1,4 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту цих дерев був у віці 15–30 років і становив приблизно  $0,35 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів,  $6 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 20–40 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,03 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 100 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму  $0,017 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  лише у віці дерев 110 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1,0 \text{ м}^3$  він не перевищує 3 %. Це характерно для дерев вільхи клейкої у віці понад 80 років (рис. 18, 20).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення ви-

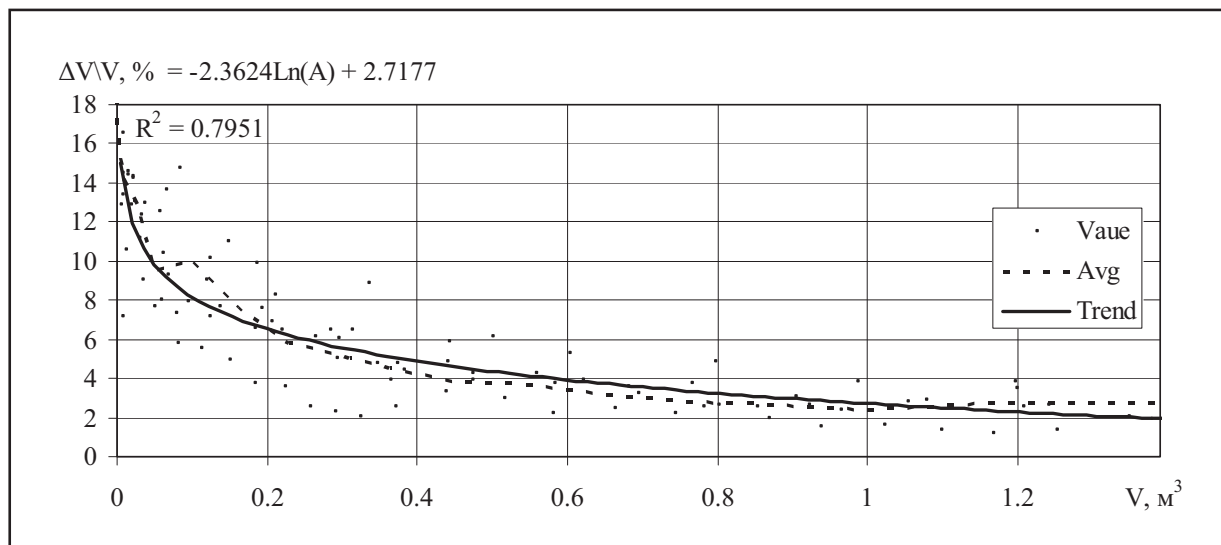
In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III class bonitet. At the age of 50 years, their height reached 13 m, and in 100 years – 23 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 22 cm and slightly more than 40 cm, and the volume – approximately  $0.3 \text{ m}^3$  and slightly more than  $1.4 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of these trees was at the age of 15–30 years and was approximately  $0.35 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks,  $6 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 20–40 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of 100 years old of trees. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.017 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees of 110 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1.0 \text{ m}^3$ , it does not exceed 2.3 %. This is characteristic of *Alnus glutinosa* trees at the age of 80 years (Figures 18, 20).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor



дових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 7). У середньому цей показник становить 0,478.

depending on the height and the thickness of the trunks (Table 7). On average, this index is 0.478.



**Рис. 20.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 20.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Alnus glutinosa* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 7

Table 7

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев вільхи клейкої, які росли на Передкарпатській височині:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Alnus glutinosa* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

$\frac{H}{D}$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	f <sub>d</sub>
8	0.525										0.554
12	0.516	0.515	0.512	0.510							0.539
16	0.507	0.508	0.505	0.503	0.501	0.498					0.524
20	0.498	0.500	0.498	0.496	0.494	0.491					0.510
24		0.493	0.491	0.489	0.486	0.484	0.482				0.495
28			0.483	0.481	0.479	0.477	0.475				0.480
32			0.476	0.474	0.472	0.469	0.467	0.465			0.465
36				0.466	0.464	0.462	0.460	0.458	0.455		0.450
40					0.456	0.454	0.452	0.450	0.448		0.436
44						0.446	0.444	0.442	0.440	0.438	0.421
48							0.436	0.434	0.432	0.430	0.406
f <sub>h</sub>	0.496	0.491	0.487	0.483	0.478	0.474	0.469	0.465	0.461	0.456	0.478

**В'яз голий**

Модельні зрізи виконані з дерев, що росли на території Болехівського лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено в табл. 8 та на рис. 21. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 22–24. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 25.

***Ulmus glabra* Huds**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 8 and in Figure 21. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 22–24. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 25.

Таблиця 8

Table 8

**Модельні дерева в'яза голого, що росли на Передкарпатській височині**

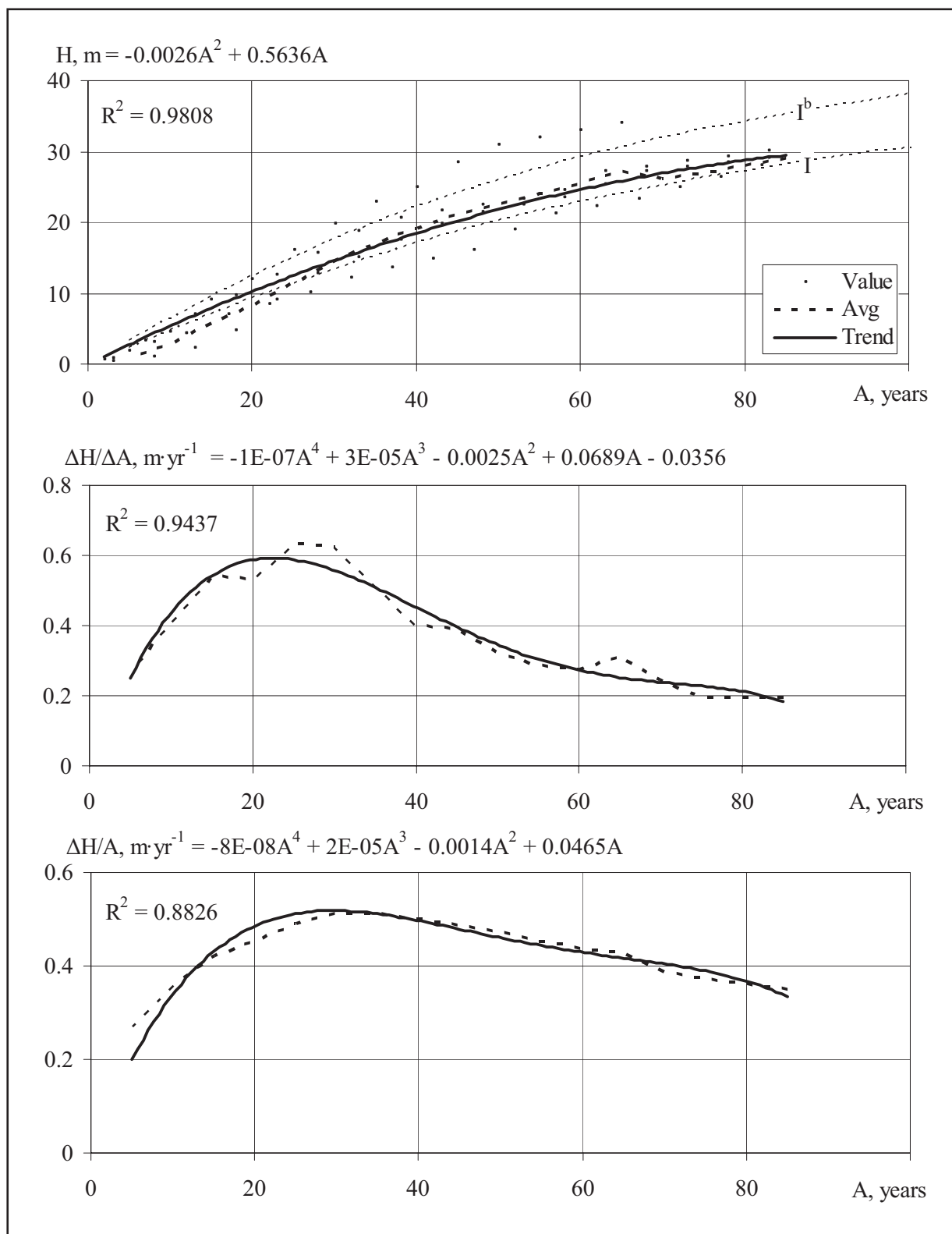
**Model trees of *Ulmus glabra*, that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
79	49.099128	23.875598	340	82	28.0	65.0	2.38
146	49.099061	23.874752	358	83	30.1	66.4	4.5
147	49.097697	23.874347	368	88	29.7	71.2	4.88
148	49.097827	23.874991	364	65	34.0	70.8	3.59



**Рис. 21.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева в'яза голого

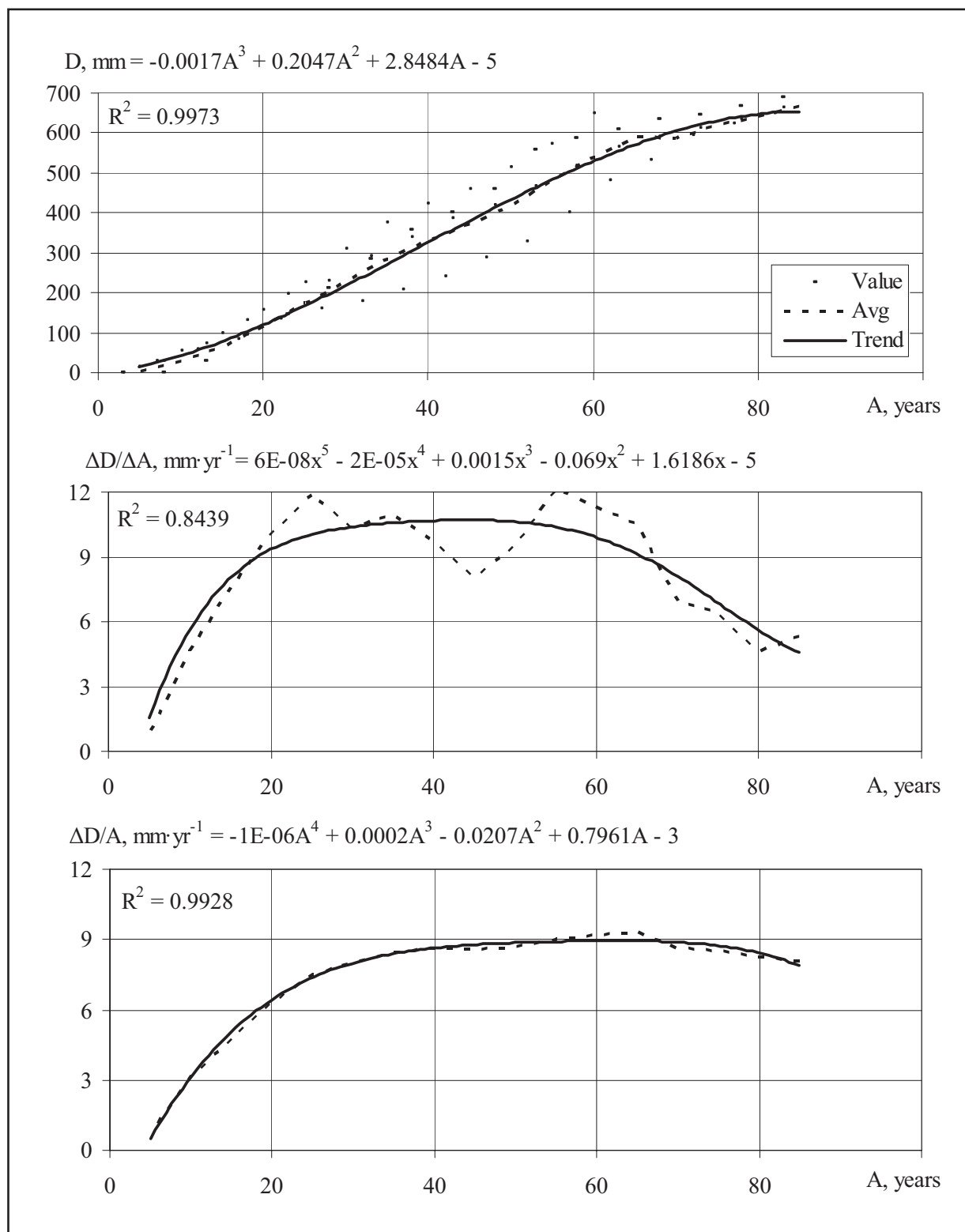
**Fig. 21.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Ulmus glabra* were taken



**Рис. 22.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев в'яза голого, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I і I<sup>b</sup> – лінії класів бонітету

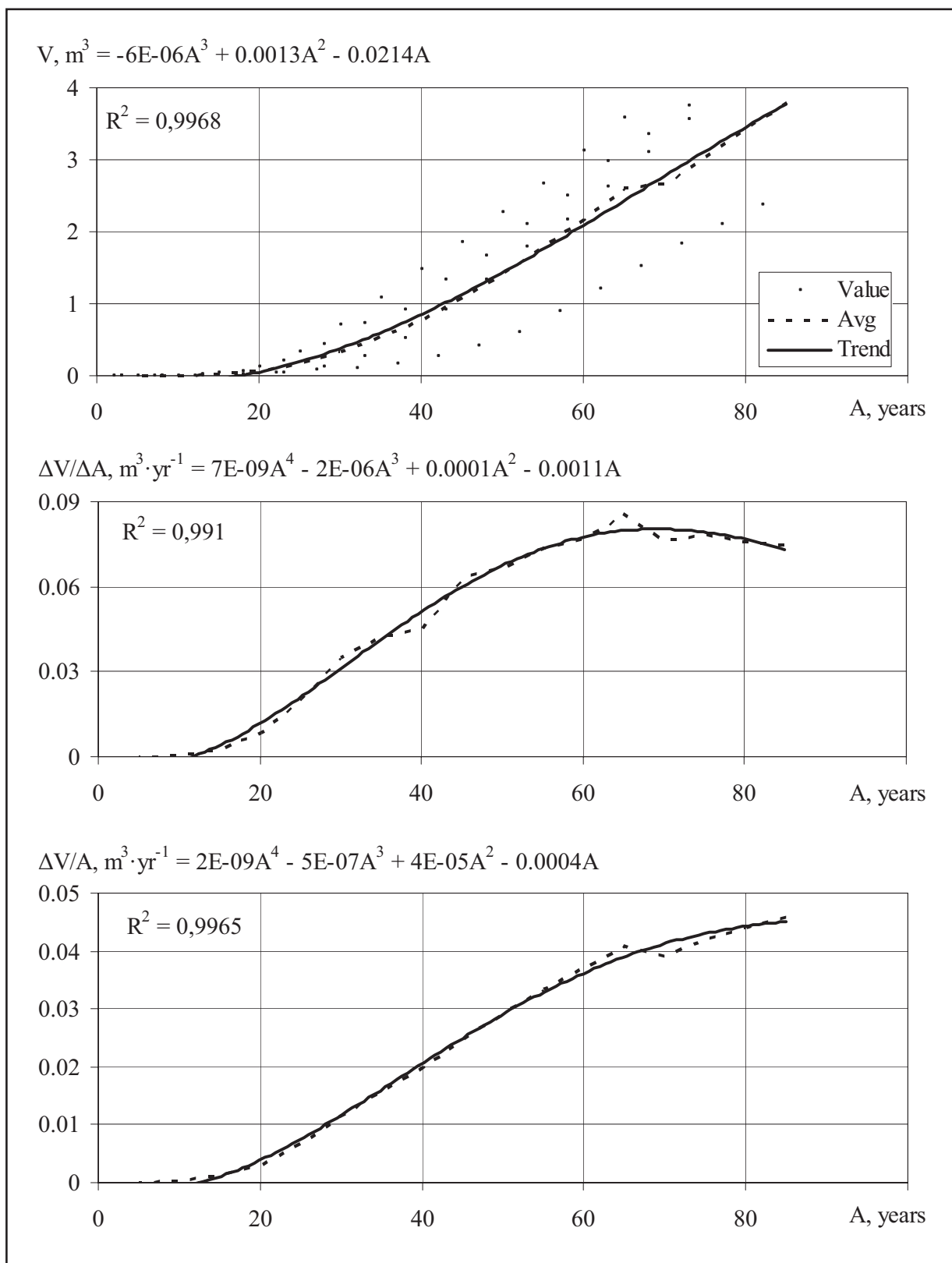
**Fig. 22.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Ulmus glabra* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and I<sup>b</sup> – line of forest stands bonitet classes





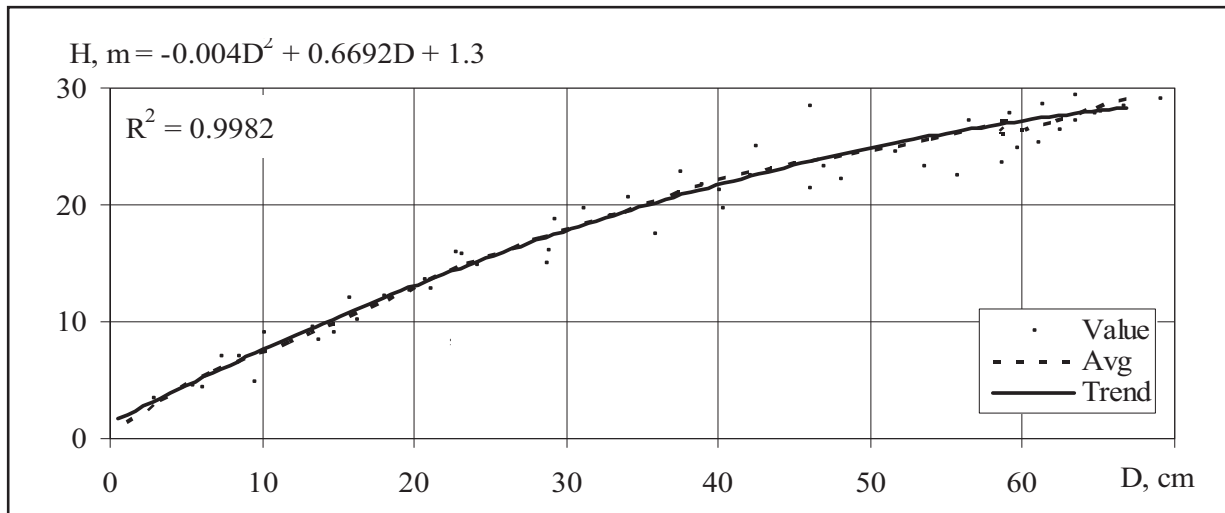
**Рис. 23.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев в'яза голого, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 23.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Ulmus glabra* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 24.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев в'язу голого, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 24.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Ulmus glabra* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 25.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 25.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Ulmus glabra* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

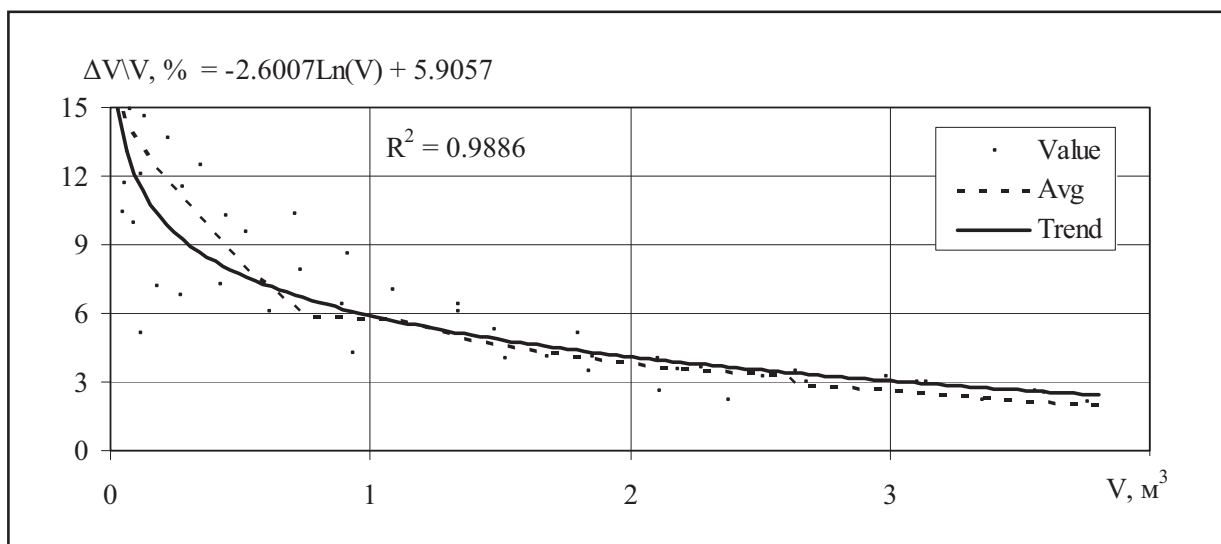
Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 22 м, а у 80 років мала б сягати 29 м. Відповідно, товщина стовбурів сягала 42 см і трохи більше 60 см, а об'єм – приблизно 1,5 м<sup>3</sup> і майже 3,5 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 15–30 років і становив приблизно 0,5–0,6 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 9 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 20–60 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,08 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 60–80 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму, майже 0,045 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 80 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1,0 м<sup>3</sup> він становить 6 %, а для об'єму 3,0 м<sup>3</sup> – 3 %. Це характерно для дерев в'яза голого відповідно у віці 50 та 80 років (рис. 26).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 9). У середньому цей показник становить 0,417.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the I class bonitet. At the age of 50 years, their height reached 22 m, and in 80 years – 29 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 42 cm and slightly more than 60 cm, and the volume – approximately 1.5 m<sup>3</sup> and slightly more than 3.5 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 15–30 years and was approximately 0.5–0.6 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 9 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 20–60 years, and in the volume of stem wood, more than 0.08 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the age of 60–80 years old trees. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.045 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees of over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1.0 m<sup>3</sup>, it does not exceed 6 % and a volume 3.0–3 %. This is characteristic of *Ulmus glabra* trees at the age of 50 and 80 years (Figure 26).

The given results allowed to calculate the change of averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 9). On average, this index is 0.417.





**Рис. 26.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 26.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Ulmus glabra* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 9

Table 9

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли на Передкарпатській височині: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and the thickness of *Ulmus glabra* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "f<sub>d</sub>" – thier moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	f <sub>d</sub>
8	0.522												0.548
12	0.506	0.480											0.515
16	0.492	0.466											0.487
20		0.455	0.444										0.463
24		0.445	0.434										0.443
28			0.426	0.423									0.426
32			0.419	0.416	0.414								0.413
36				0.411	0.408	0.406							0.402
40				0.406	0.404	0.401	0.399						0.393
44					0.400	0.398	0.395	0.392					0.386
48					0.398	0.395	0.392	0.389	0.385				0.381
52						0.393	0.390	0.387	0.383	0.380	0.376		0.377
56						0.391	0.389	0.386	0.382	0.378	0.375		0.374
60							0.388	0.384	0.381	0.377	0.373	0.371	0.372
64								0.383	0.380	0.376	0.373	0.371	0.370
68									0.379	0.375	0.372	0.370	0.368
72										0.375	0.371	0.369	0.367
f <sub>h</sub>	0.498	0.447	0.425	0.420	0.415	0.410	0.404	0.398	0.390	0.382	0.375	0.371	0.417

**Граб звичайний**

Модельні зрізи виконані з дерев, що росли на території Болексівського лісництва Державного підприємства "Болексівське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 10 та на рис. 27. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 28–30. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 31.

***Carpinus betulus* L.**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 10 and in Figure 27. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 28–30. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 31.

Таблиця 10

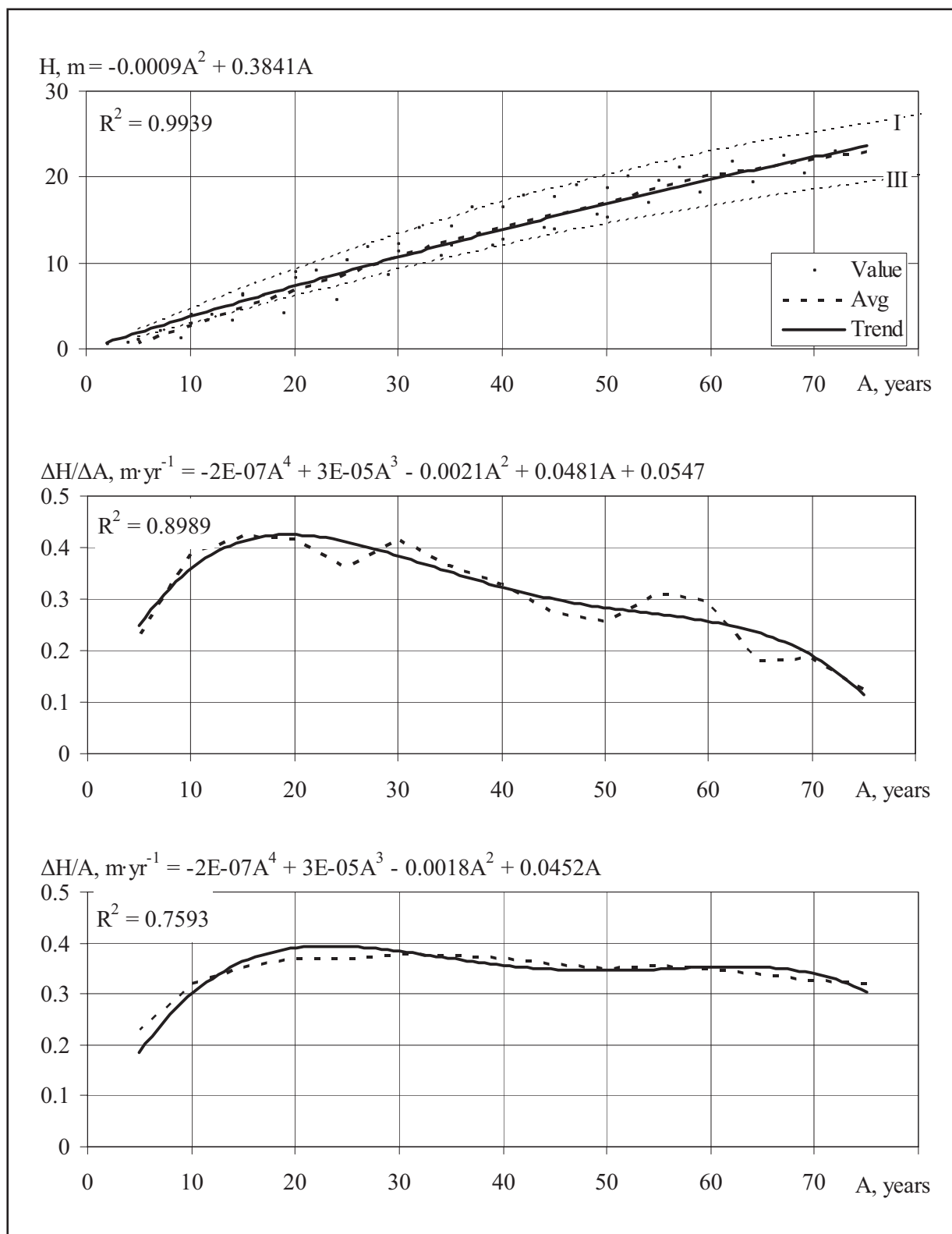
Table 10

**Модельні дерева граба звичайного, що росли на Передкарпатській височині****Model trees of *Carpinus betulus*, that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
84	49.099322	23.874918	360	69	20.4	18.0	0.25
137	49.087776	23.867431	370	50	15.3	18.6	0.22
138	49.087585	23.867090	375	55	19.5	16.0	0.16
139	49.087643	23.867383	374	72	23.0	40.0	0.93



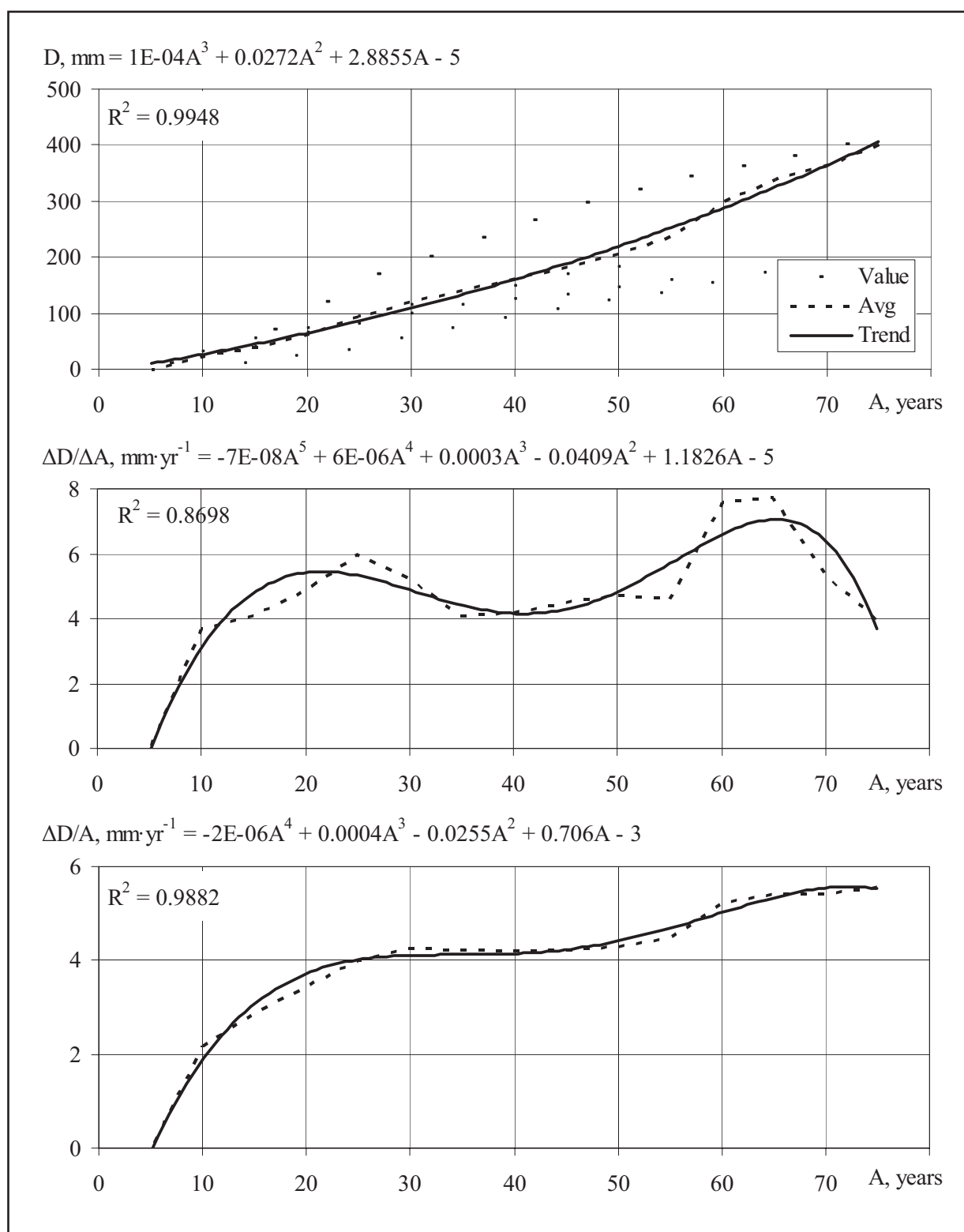
**Рис. 27.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева граба звичайного  
**Fig. 27.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Carpinus betulus* were taken



**Рис. 28.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

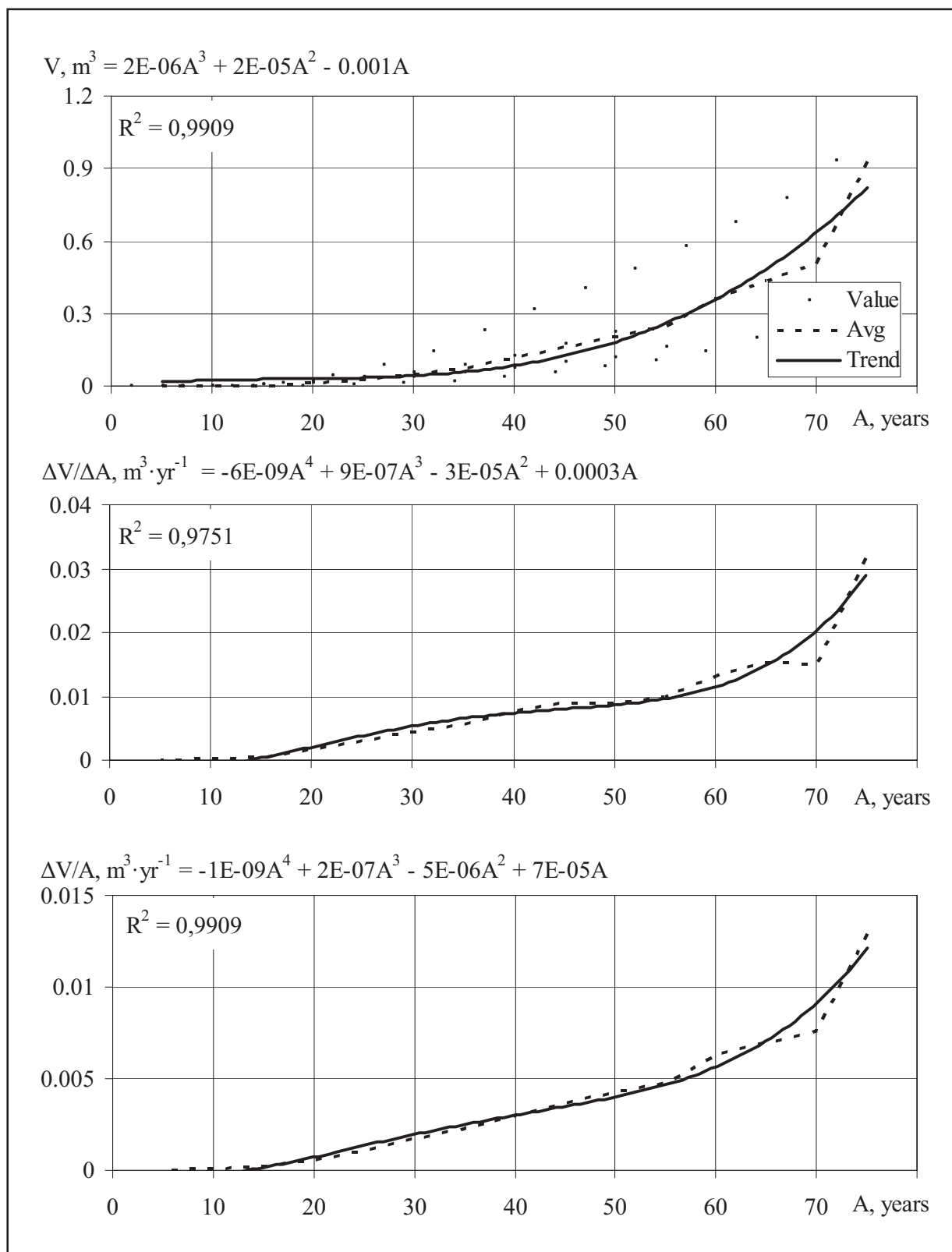
**Fig. 28.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Carpinus betulus* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes





**Рис. 29.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 29.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Carpinus betulus* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 30.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 30.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Carpinus betulus* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





Гігантські дерева дуба звичайного подекуди ростуть на Передкарпатській височині

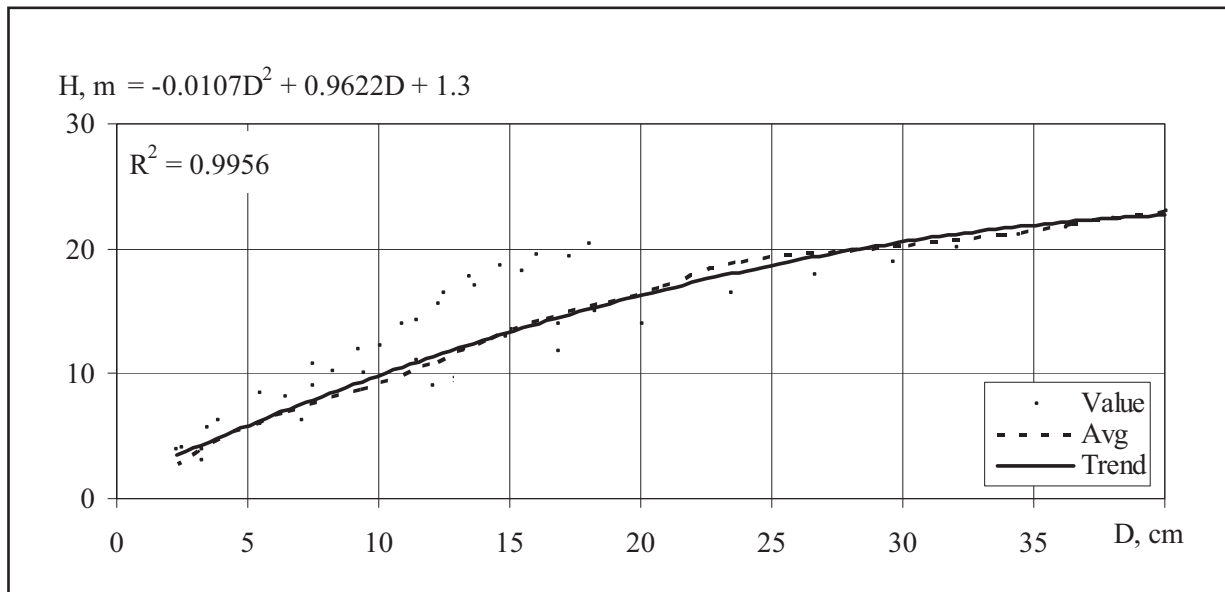
Giant *Quercus robur* trees singly grow on the Carpathian Foothills





Гігантські дерева бука лісового трапляються на Передкарпатській височині  
Giant *Fagus sylvatica* trees can be found on the Carpathian Foothills





**Рис. 31.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

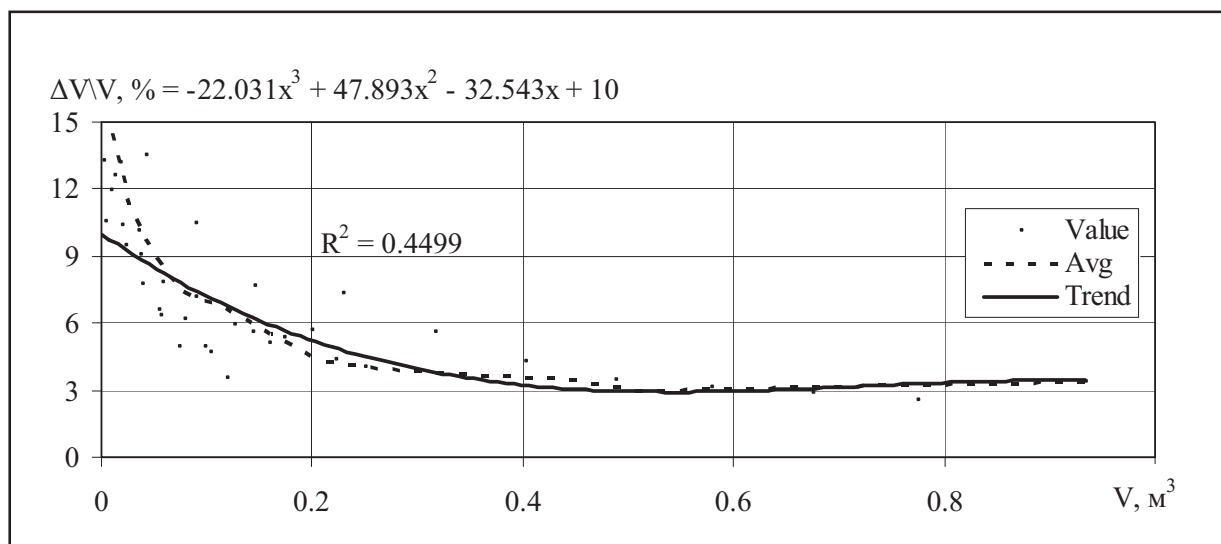
**Fig. 31.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Carpinus betulus* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам II бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 16 м, а у 70 років – 22 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 21 см і трохи більше 36 см, а об'єм – приблизно  $0,15 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $0,6 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 15–25 років і становив приблизно  $0,4 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $4 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 12–75 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,03 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев більше 70 років. Середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму,  $0,012 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , лише у віці дерев понад 70 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів  $0,4\text{--}0,8 \text{ м}^3$  він не перевищував 3 %. Це характерно для дерев граба звичайного у віці більше 55 років (рис. 30 і 32).

Такі результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 11). У середньому він становить 0,388.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the II bonitet. At the age of 50 years, their height reached 16 m, and in 70 years – 22 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 21 cm and slightly more than 36 cm, and the volume – approximately  $0.15 \text{ m}^3$  and slightly more than  $0.6 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 15–30 years and was approximately  $0.4 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks,  $6 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 12–75 years, and in the volume of trunks, more than  $0.03 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees of more 70 years old. The average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.012 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees of over 70 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $0.4\text{--}0,8 \text{ m}^3$ , it does not exceed 3 %. This is characteristic of *Carpinus betulus* trees at the age of more 55 years (Figures 30 and 32).

Such results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 11). On average, this index is 0.388.



**Рис. 32.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 32.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Carpinus betulus* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 11

Table 11

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев граба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Carpinus betulus* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

**"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	f <sub>d</sub>
8	0.514	0.496	0.479	0.464							0.507
12		0.464	0.448	0.434	0.422	0.410	0.401				0.444
16				0.411	0.399	0.388	0.379	0.371			0.398
20					0.383	0.372	0.363	0.356			0.365
24						0.362	0.353	0.346			0.344
28							0.346	0.339	0.333		0.332
32								0.336	0.330	0.326	0.326
36									0.329	0.325	0.324
40									0.330	0.325	0.325
f <sub>h</sub>	0.520	0.484	0.453	0.425	0.401	0.379	0.361	0.347	0.335	0.326	0.388



**Дуб звичайний**

Дослідження були зосереджені на землях Моршинського лісництва Державного підприємства "Стрийське лісове господарство" та Болехівського лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство" [15]. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 12 та на рис. 33. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев показані на рис. 34–36. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини подана на рис. 37.

***Quercus robur* L.**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Morshyn Forestry of Stryj State Enterprise of Forestry Management and of Bolechiv Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry anagement [15]. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 12 and in Figure 33. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 34–36. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 37.

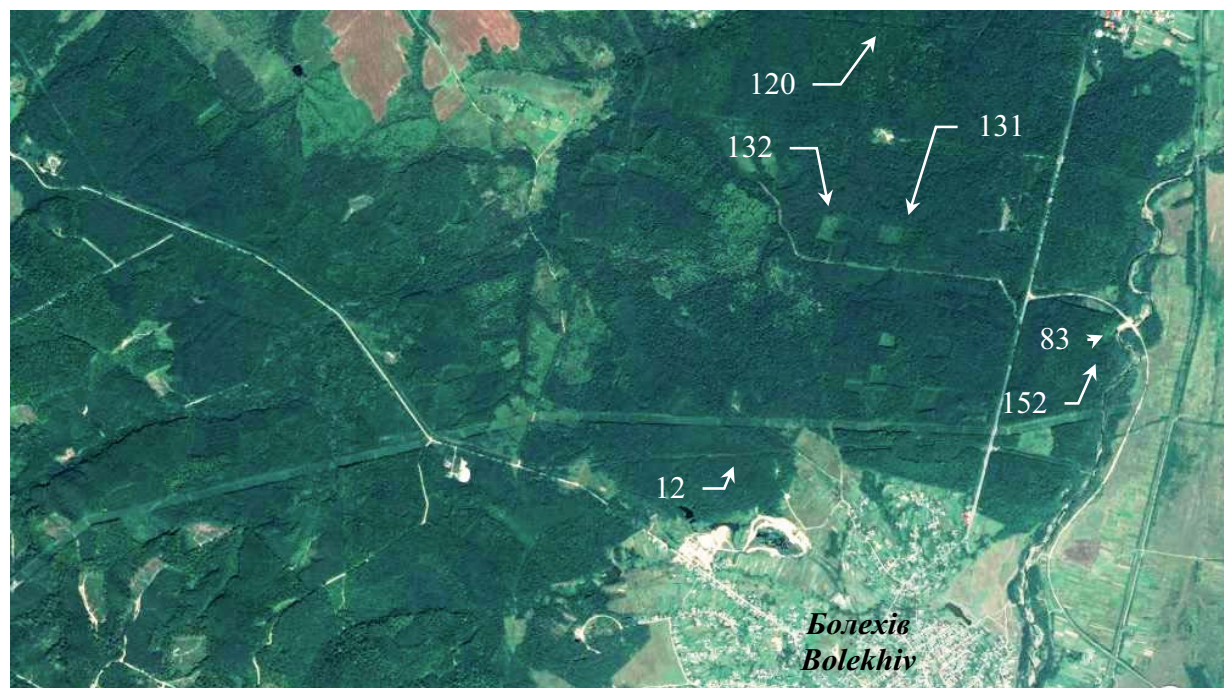
Таблиця 12

Table 12

**Модельні дерева дуба звичайного, що росли на Передкарпатській височині**

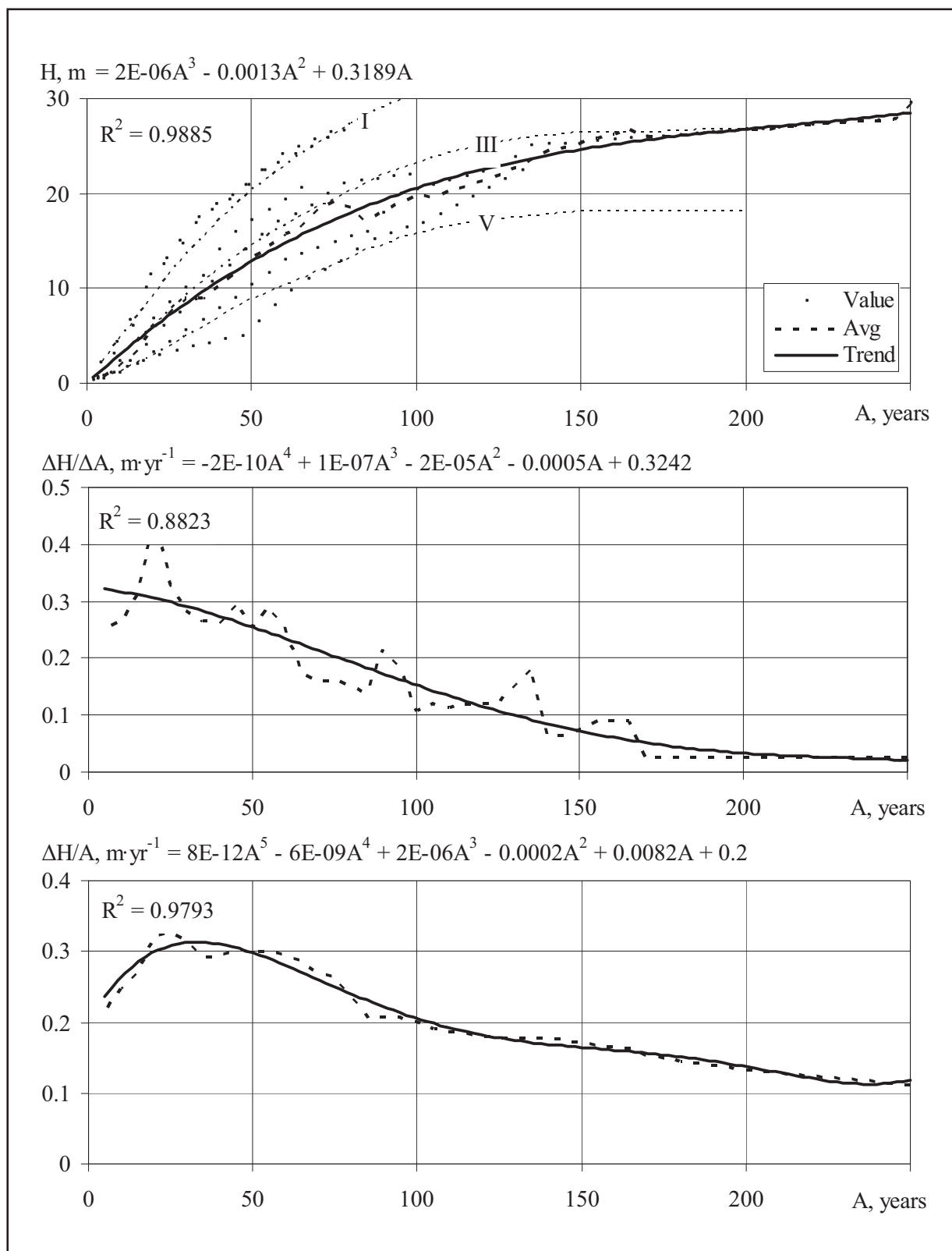
**Model trees of *Quercus robur* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
12	49.090530	23.841097	420	162	27.6	78.6	4.93
83	49.099322	23.874918	370	78	26.6	30.4	0.98
119	49.102697	23.876041	350	98	22.0	55.4	1.98
120	49.116824	23.854852	390	250	28.0	116	13.1
131	49.105592	23.855534	390	132	22.5	100	5.13
132	49.104225	23.847563	400	65	20.5	65.0	1.95
152	49.098925	23.873900	391	74	26.5	73.2	3.1



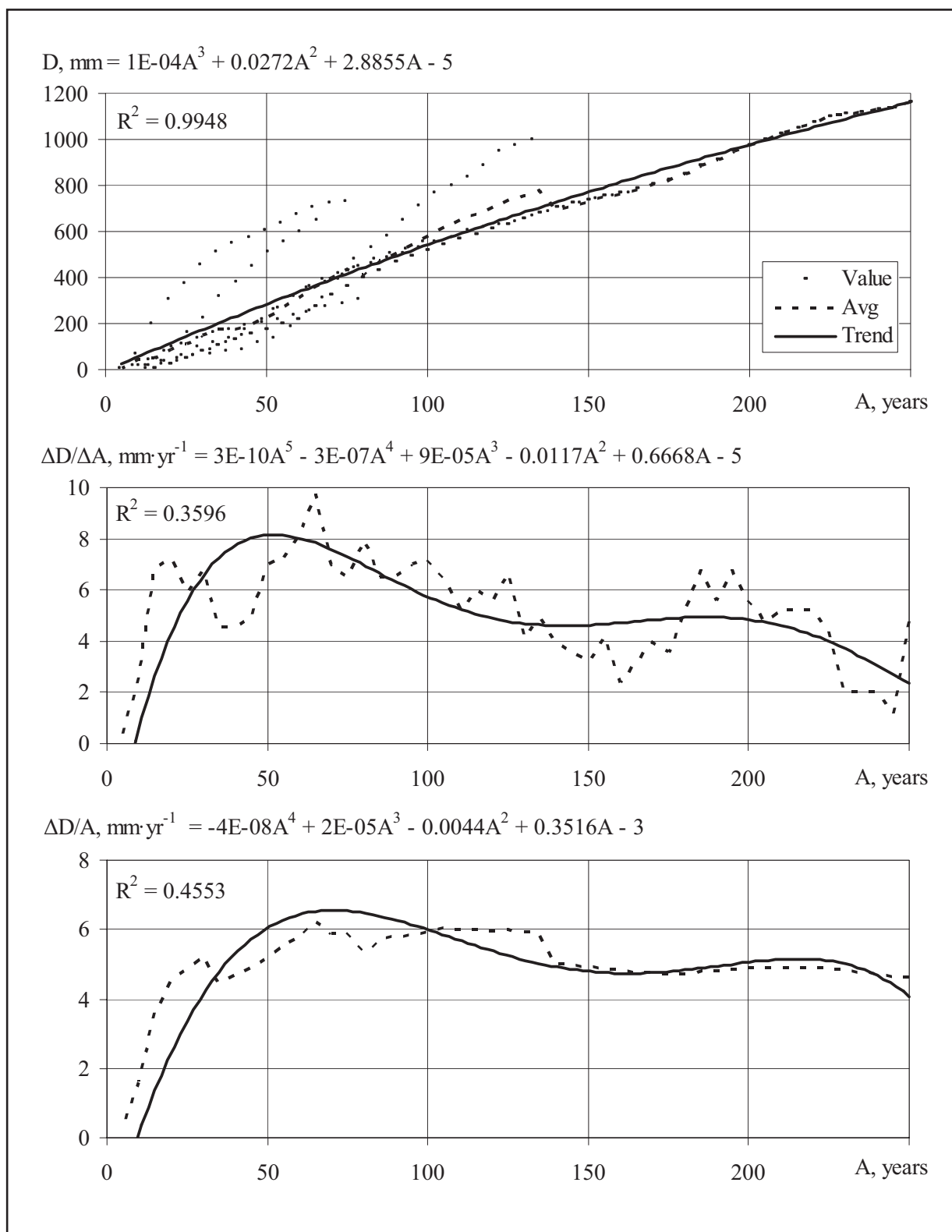
**Рис. 33.** Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева дуба звичайного

**Fig. 33.** The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Quercus robur* were taken



**Рис. 34.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I, III і V – лінії класів бонітету

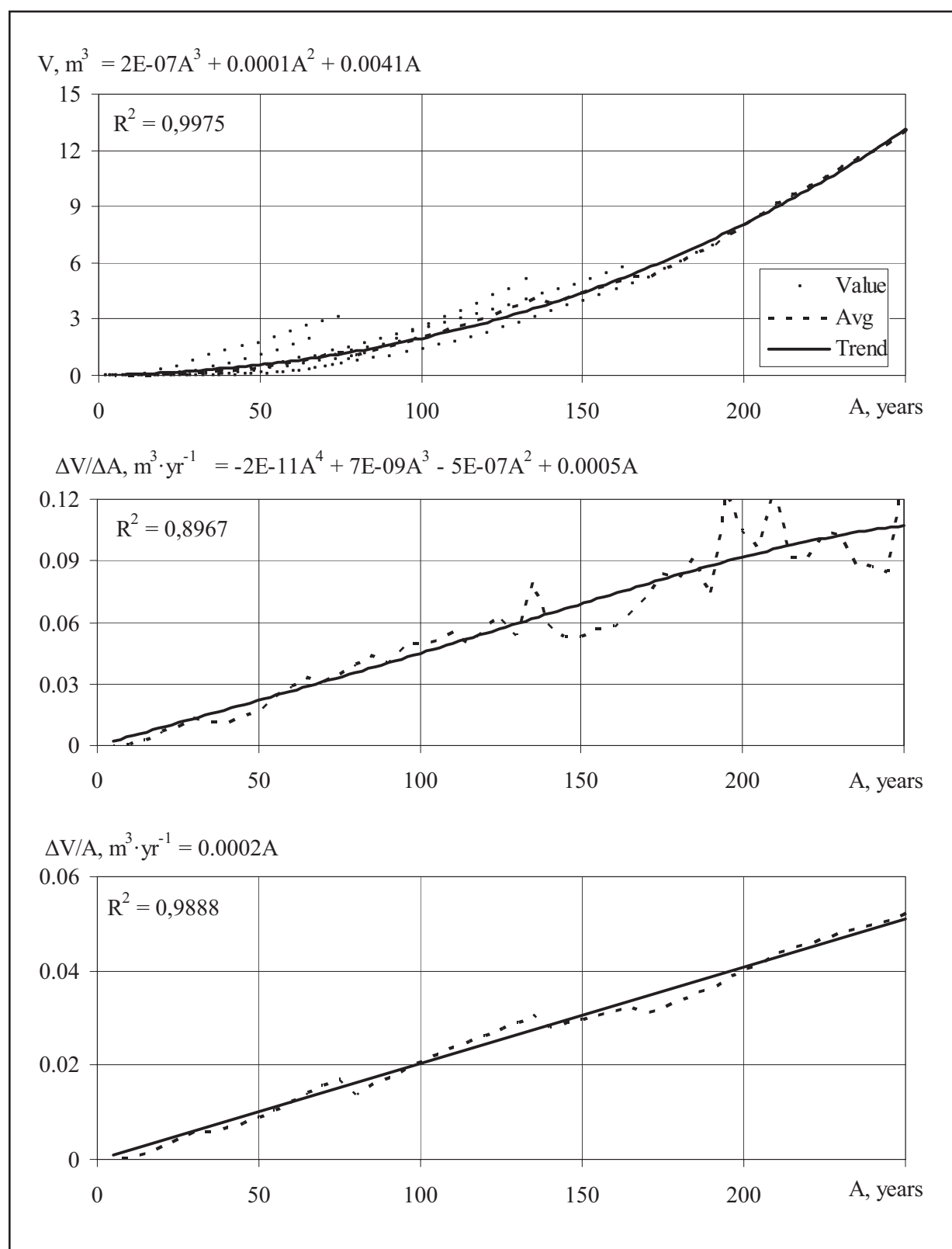
**Fig. 34.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Quercus robur* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I, III and V – line of forest stands bonitetу



**Рис. 35.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

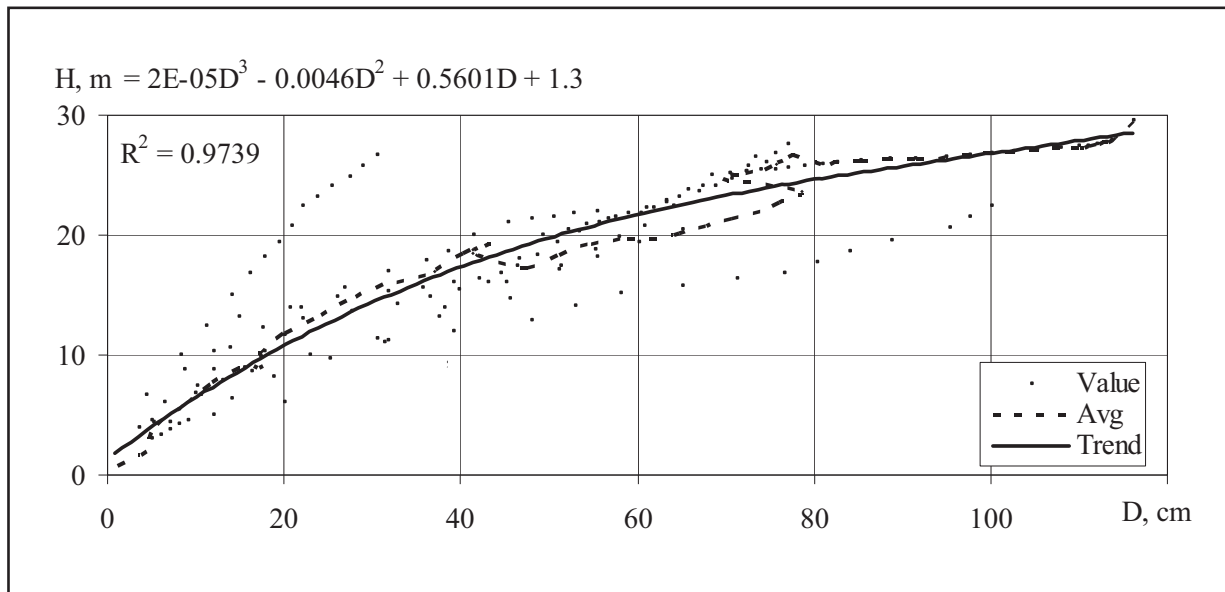
**Fig. 35.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Quercus robur* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 36.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 36.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Quercus robur* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 37.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

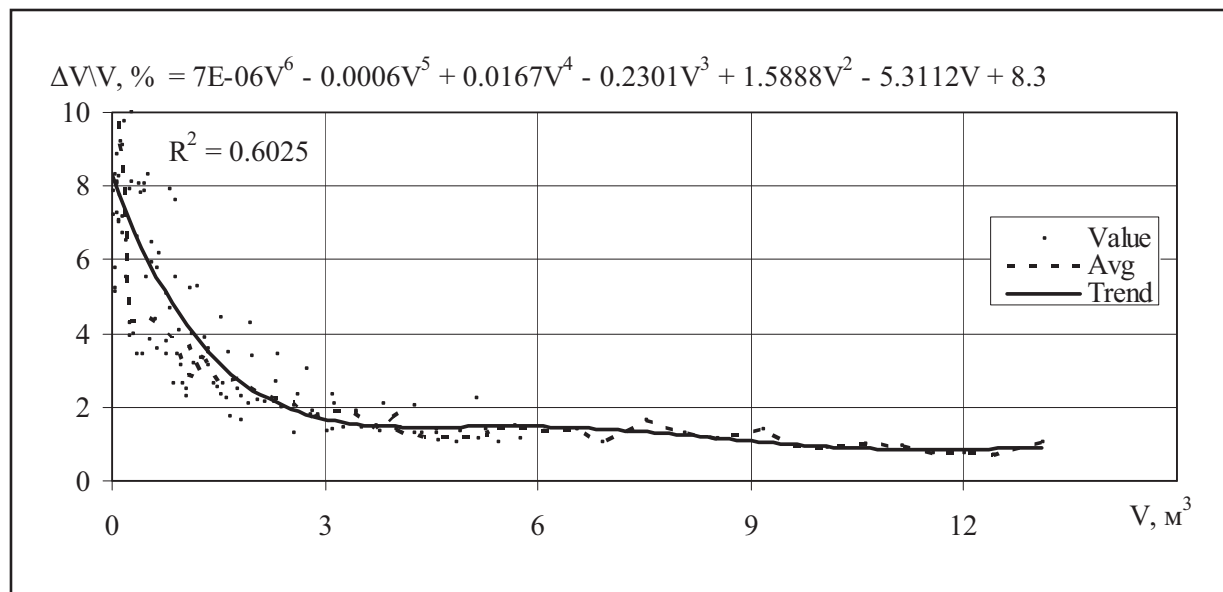
**Fig. 37.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Quercus robur* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам IV–III бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 12 м, а у 100 років – 21 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 25 см і трохи більше 50 см, а об'єм – приблизно  $0,5 \text{ м}^3$  і майже  $2 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці до 25 років і становив приблизно  $0,3 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$  і надалі набув спадну тенденцію до  $0,15 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$  у віці дерев 100 років, а у віці 200 років –  $0,03 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, найбільший приріст за товщиною стовбурів,  $8 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 55–60 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 200 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму,  $0,04 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , також у віці дерев понад 200 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $2,0 \text{ м}^3$  він становить 2,0–0,8 %. Це характерно для дерев дуба звичайного у віці понад 100 років (рис. 36 і 38). Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the IV–III bonitet. At the age of 50 years, their height reached 12 m, and in 100 years – 21 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 25 cm and slightly more than 50 cm, and the volume – approximately  $0.5 \text{ m}^3$  and almost  $2 \text{ m}^3$ . The largest average current increment in the height of the trunks of these trees was at the age of 25 years and was approximately  $0.3 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ , and has continued to decline to a value of  $0.15 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$  at the age of trees is 100 years old, and at an age 200 years –  $0.03 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks,  $8 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 55–60 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees 200 years old. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.04 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  also at the age of the trees over 200 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed, that in the volume of the trunks more than  $2,0 \text{ m}^3$  it is 2,0–0,8 %. This is typical for *Quercus robur* trees in the age of over 100 years (Figures 36 and 38). The given results allowed to calculate the

значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 13). У середньому цей показник становить 0,450.

moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 13). On average, this index is 0.450.



**Рис. 38.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 38.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Quercus robur* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 13

Table 13

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев дуба звичайного, які росли на Передкарпатській височині: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Quercus robur* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

**"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
8	0.720	0.665											0.756
12	0.690	0.637	0.596										0.695
16	0.663	0.612	0.572	0.543									0.641
20	0.637	0.589	0.550	0.522	0.504	0.493	0.489						0.593
24		0.567	0.530	0.503	0.485	0.476	0.472	0.472					0.551
28			0.512	0.486	0.469	0.459	0.456	0.456	0.457				0.514
32			0.496	0.471	0.454	0.445	0.442	0.441	0.443	0.443			0.483
36			0.482	0.458	0.441	0.432	0.429	0.429	0.430	0.431			0.456
40			0.470	0.446	0.430	0.422	0.418	0.418	0.419	0.420			0.433
44			0.460	0.436	0.421	0.412	0.409	0.409	0.410	0.411			0.414



Продовження таблиці 13  
Continuation of Table 13

$\begin{matrix} H \\ D \end{matrix}$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
48			0.451	0.428	0.413	0.405	0.401	0.401	0.403	0.403			0.399
52				0.422	0.407	0.399	0.395	0.395	0.397	0.397			0.387
56					0.402	0.394	0.391	0.391	0.392	0.392			0.378
60					0.399	0.391	0.387	0.387	0.389	0.389			0.372
64					0.397	0.388	0.385	0.385	0.386	0.387			0.368
68					0.395	0.387	0.384	0.384	0.385	0.386			0.366
72					0.395	0.387	0.384	0.384	0.385	0.386			0.365
76					0.396	0.388	0.385	0.385	0.386	0.386	0.384		0.366
80						0.389	0.386	0.386	0.387	0.387	0.385		0.369
84						0.391	0.388	0.388	0.389	0.389	0.387		0.372
88							0.390	0.390	0.391	0.391	0.389		0.376
92							0.392	0.392	0.393	0.394	0.391		0.381
96							0.395	0.395	0.396	0.396	0.394		0.386
100								0.397	0.398	0.399	0.396		0.390
104										0.401	0.399		0.395
108											0.401		0.400
112											0.403	0.396	0.404
116												0.397	0.407
$f_h$	0.685	0.584	0.510	0.460	0.428	0.410	0.404	0.404	0.406	0.407	0.402	0.387	0.450

### Дуб звичайний, викопаний із заплави ріки Лімниці

Стовбур викопного дуба звичайного було знайдено влітку 2005 р. під правою першою прирусловою терасою ріки Лімниці, що є правою потужною притокою ріки Дністер на Передкарпатті (три кілометри нижче с. Вістова, висота 250 м н. р. м). Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 14 та на рис. 39. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 40–42.

### *Quercus robur* tree that was dig out from the floodplain of the Limnytsya River

The fossil trunk of *Quercus robur* tree was found in the summer 2005 under the right first terrace above watercourse of the Limnytsya River, which is a powerful right the tributary of the Dniester River in the Carpathian region (three kilometers below the village of Vistova, 250 m a.s.l.). General information on their geographical location and biometric data are given in Table 14 and in Figure 39. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 40–42.

Таблиця 14

Table 14

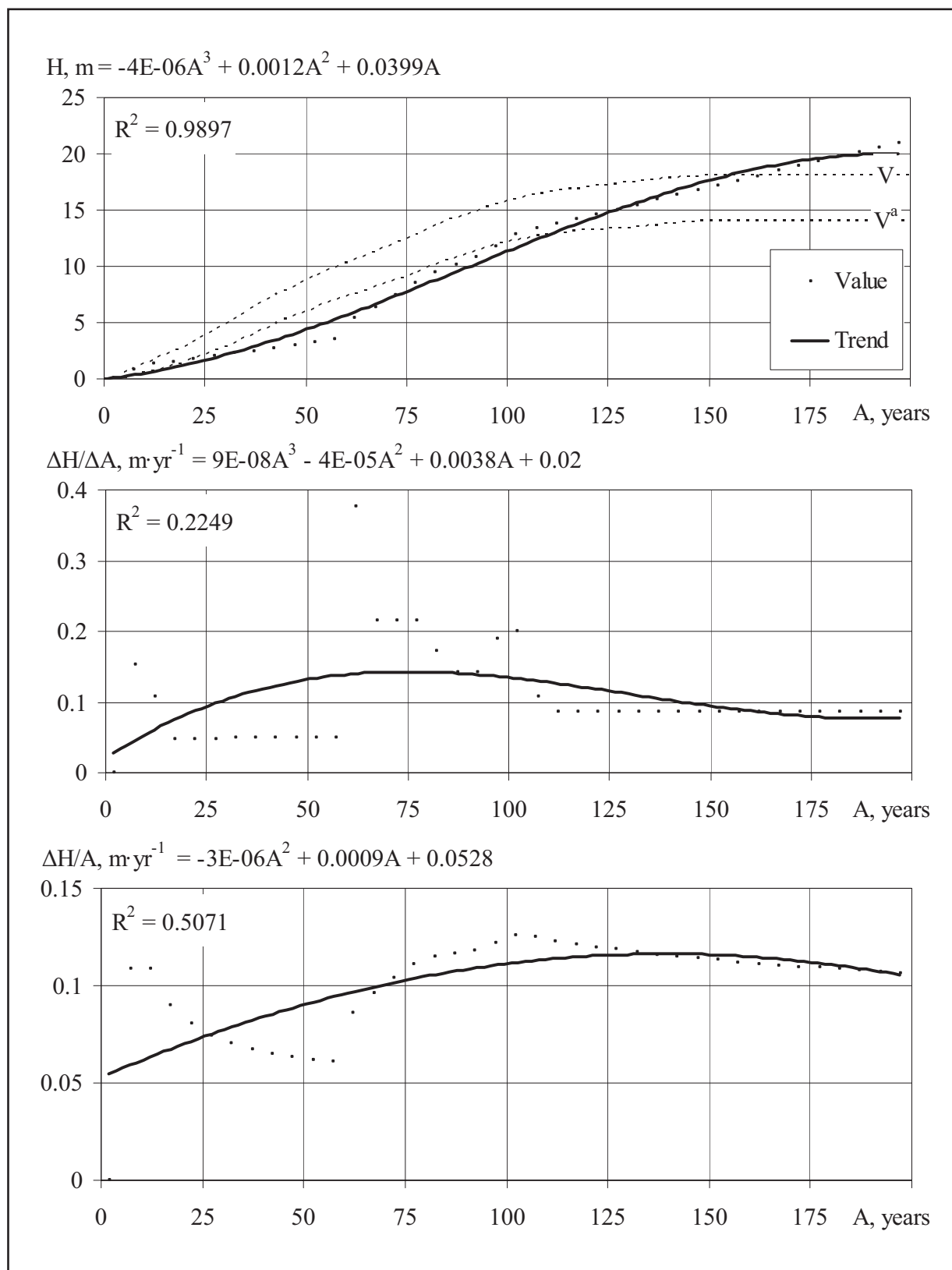
### Модельне дерево викопного дуба звичайного, знайдене в заплаві ріки Лімниці на Передкарпатській височині Model tree of *Quercus robur* that was found in the floodplain of the Limnytsya River on the Carpathian Foothills

Номер модельного дерева Number of model tree	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
60	49.04401°	4.48607°	250	197	21	50	2.0



**Рис. 39.** Місце на Передкарпатській височині, де знайдено викопне модельне дерева дуба звичайного, яке було поховане у річковій заплаві

**Fig. 39.** The place on the Carpathian Foothills, where was found fossil model trees of *Quercus robur*, which was buried in the river floodplain



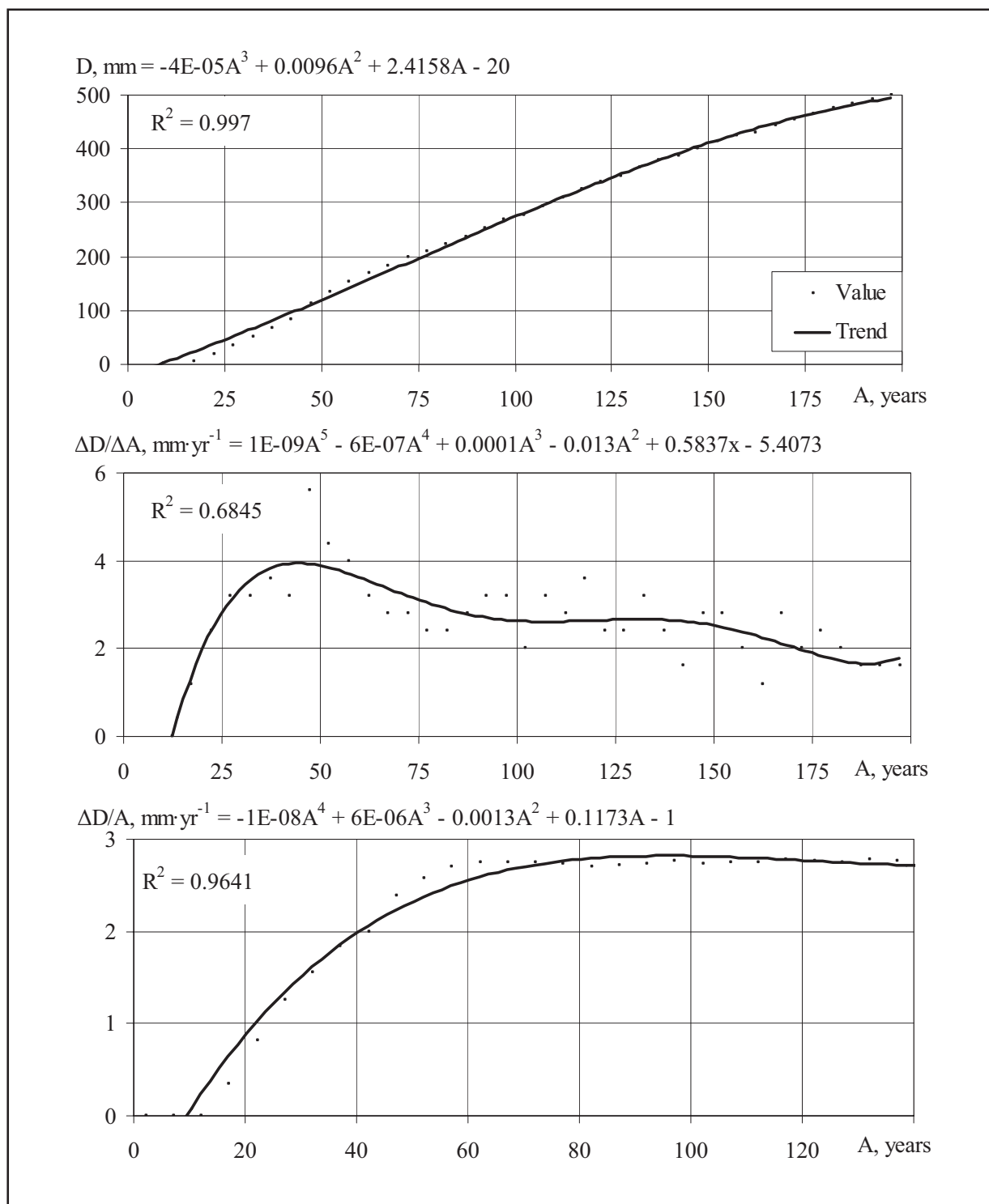
**Рис. 40.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту викопного модельного дерева дуба звичайного, що було знайдене у річковій заплаві на Передкарпатській височині:

"Value" – фактичні значення; V і V<sup>a</sup> – лінії класів бонітету; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 40.** The trend of growth, the current and average increments in height of fossil model tree of *Quercus robur*, which was buried in the river floodplain on the Carpathian Foothills:

"Value" – actual values; "Trend" – trend line; V and V<sup>a</sup> – line of forest stands bonitet classes



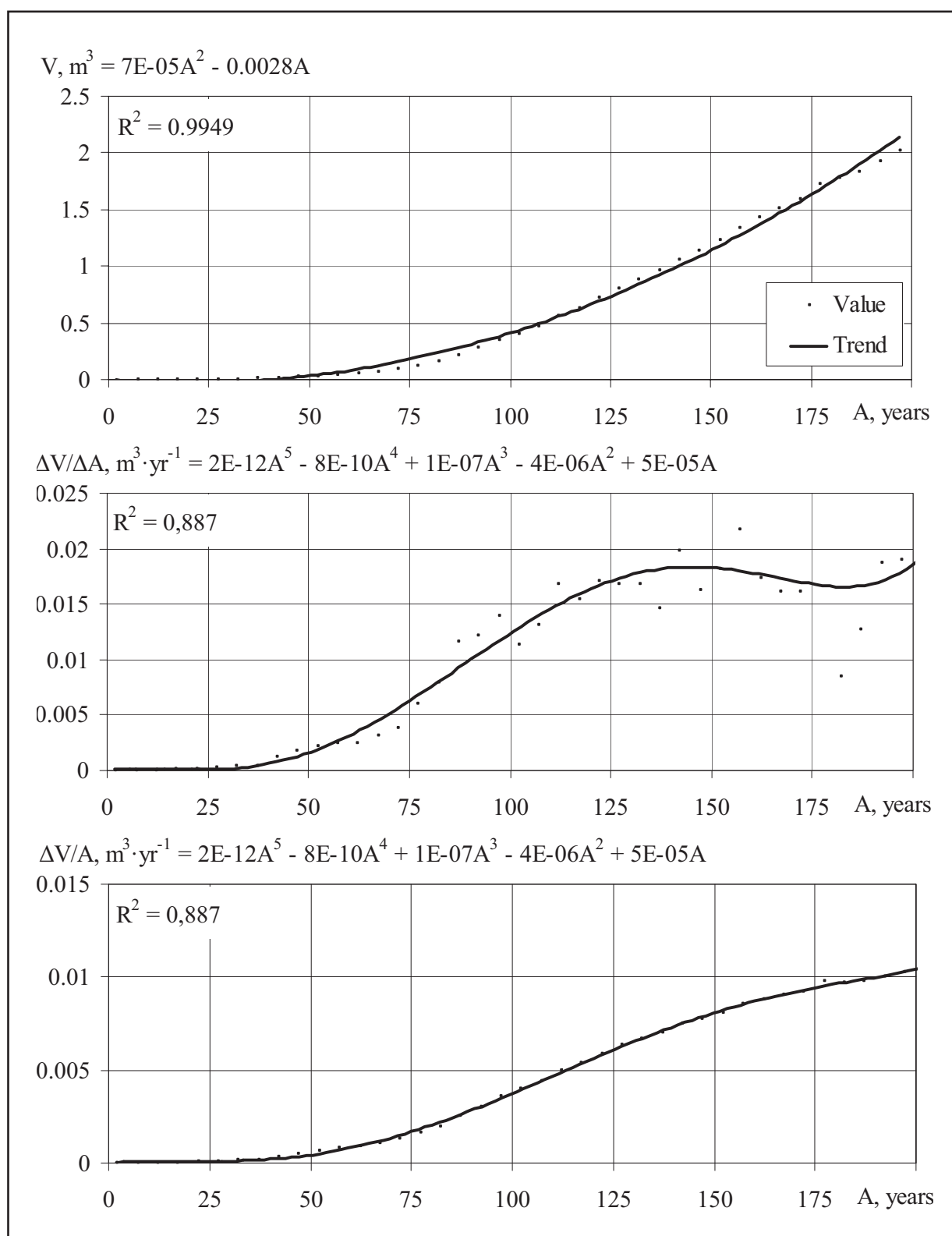


**Рис. 41.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром викопного модельного дерева дуба звичайного, що було знайдене у річковій заплаві на Передкарпатській височині:

"Value" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 41.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of fossil model tree of *Quercus robur*, which was buried in the river floodplain on the Carpathian Foothills:

"Value" – actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 42.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом викопного модельного дерева дуба звичайного, що було знайдене у річковій заплаві на Передкарпатській височині:  
 "Value" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 42.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of fossil model tree of *Quercus robur*, which was buried in the river floodplain on the Carpathian Foothills:  
 "Value" – actual values; "Trend" – trend line

Стовбур залягав уперек русла ріки на рівні води. Складався він з двох частин. Радіовуглецевий вік зовнішнього шару деревини стовбура було встановлено в Інституті геохімії і фізики мінералів НАН України. Він становить  $1480 \pm 50$  років (КИ – 12708). Це дає право вважати, що дуб загинув приблизно у 520 р. н. е.

Загалом усереднений темп росту цього дерева у висоту відповідав показникам  $V-V^a$  бонітету. У віці 50 років його висота сягала 4 м, а у 100 років – 12 м. Відповідно, товщина стовбура у цьому віці сягала 12 см і 27 см, а об'єм – приблизно  $0,4 \text{ м}^3$  у віці дерева 100 років. У віці 197 років об'єм стовбура сягав  $2 \text{ м}^3$ . Середній і поточний прирости за висотою, діаметром та об'ємом викопного дуба, який ріс у період від 340 до 520 року н. е., був удвічі, утричі менший за інтенсивністю, ніж сучасних дерев.

Детальна інформація про це модельне дерево подана в нашій статті [65].

The trunk was located across the river bed at the water level. It consisted of two parts. The radiocarbon age of the outer layer of wood was established at the Institute of Geochemistry and Mineral Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine. It is  $1480 \pm 50$  years (KI – 12708). It gives the right to assume that the oak perished approximately in 520 AD.

In general, the average growth rate of the tree in height was consistent with the  $V-V^a$  bonitet. At the age of 50 years, their height reached 4 m, and in 100 years – 12 m. Accordingly, the thickness of the trunk in this age reached 12 cm and 27 cm, and the volume – approximately  $0.4 \text{ m}^3$  in the age of the tree of 100 years old. At the age of 197 years, the volume of the trunk reached  $2 \text{ m}^3$ . That medium and current increments after a height, diameter and volume of fossil oak, which grew in a period from 340 to 520 year A.D. was twice, three times smaller than the intensity of the modern trees.

Detailed information about this model tree is given in our article [65].



**Ялиця біла**

Дослідження були зосереджені на землях Болексівського та Рахинського лісництв Державного підприємства "Болексівське лісове господарство", Довгойнилівського лісництва Державного підприємства "Калуське лісове господарство" і Краснянського лісництва Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено в табл. 15 та на рис. 43. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев показані на рис. 44–46.

***Abies alba* Mill**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bolechiv Forestry and Rachynia Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Dovhyi Voinyliv Forestry of Kalush State Enterprise of Forestry Management and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 15 and in Figure 43. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 44–46.

Таблиця 15

Table 15

**Модельні дерева ялиці білої, що росли на Передкарпатській височині****Model trees of *Abies alba* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
57	49.177148	24.328462	350	122	34.2	82.6	6.9
59	49.177148	24.328462	350	73	22.7	17.4	0.27
61	49.177148	24.328462	350	73	30.25	35.0	1.71
73	48.861757	24.249462	445	108	41.0	87.0	8.68
153	49.033118	24.010184	425	74	30.0	65.0	4.2
154	49.033118	24.010184	425	70	29.0	41.0	1.86
155	49.033118	24.010184	425	70	19.0	20.0	0.29
174	48.947926	24.021735	437	65	16.0	17.6	0.23
175	48.947926	24.021735	437	136	42.0	91.0	9.4

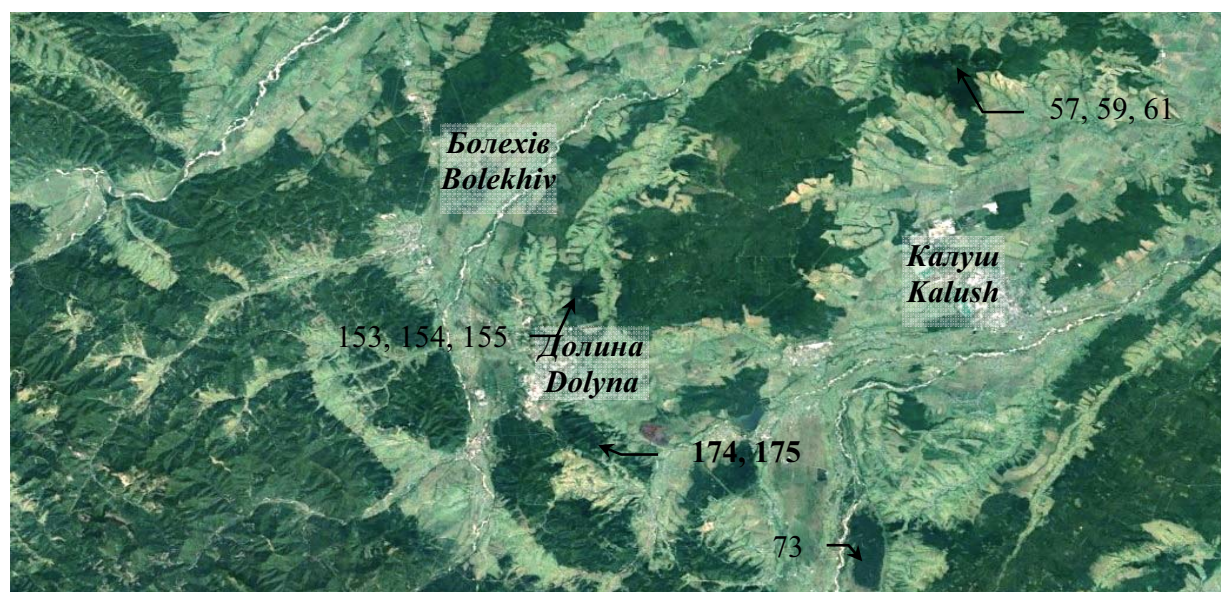
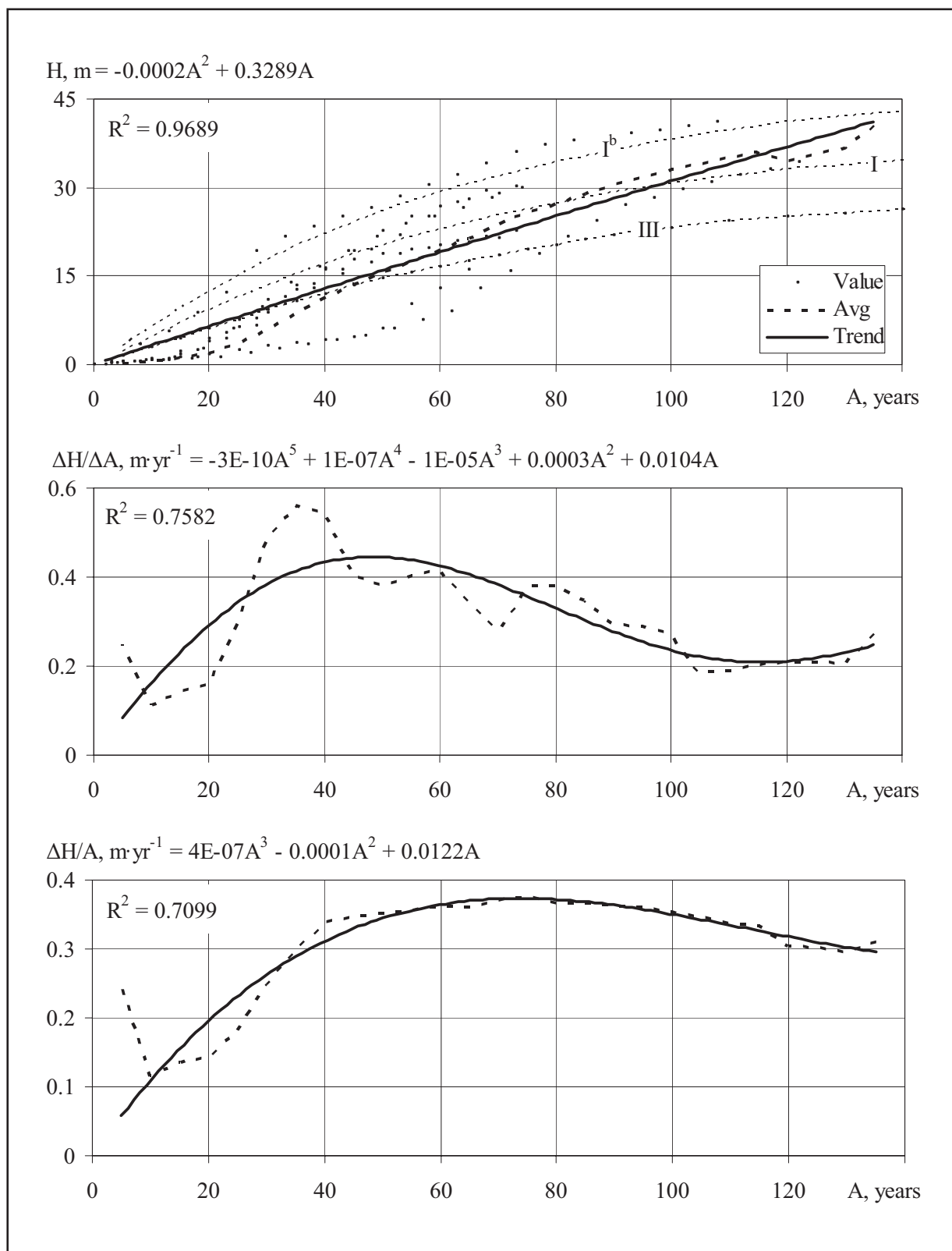


Рис. 43. Місця на Передкарпатській височині, де було взято модельні дерева ялиці білої

Fig. 43. The places on the Carpathian Foothills, where model trees of *Abies alba* were taken



**Рис. 44.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 44.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Abies alba* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes





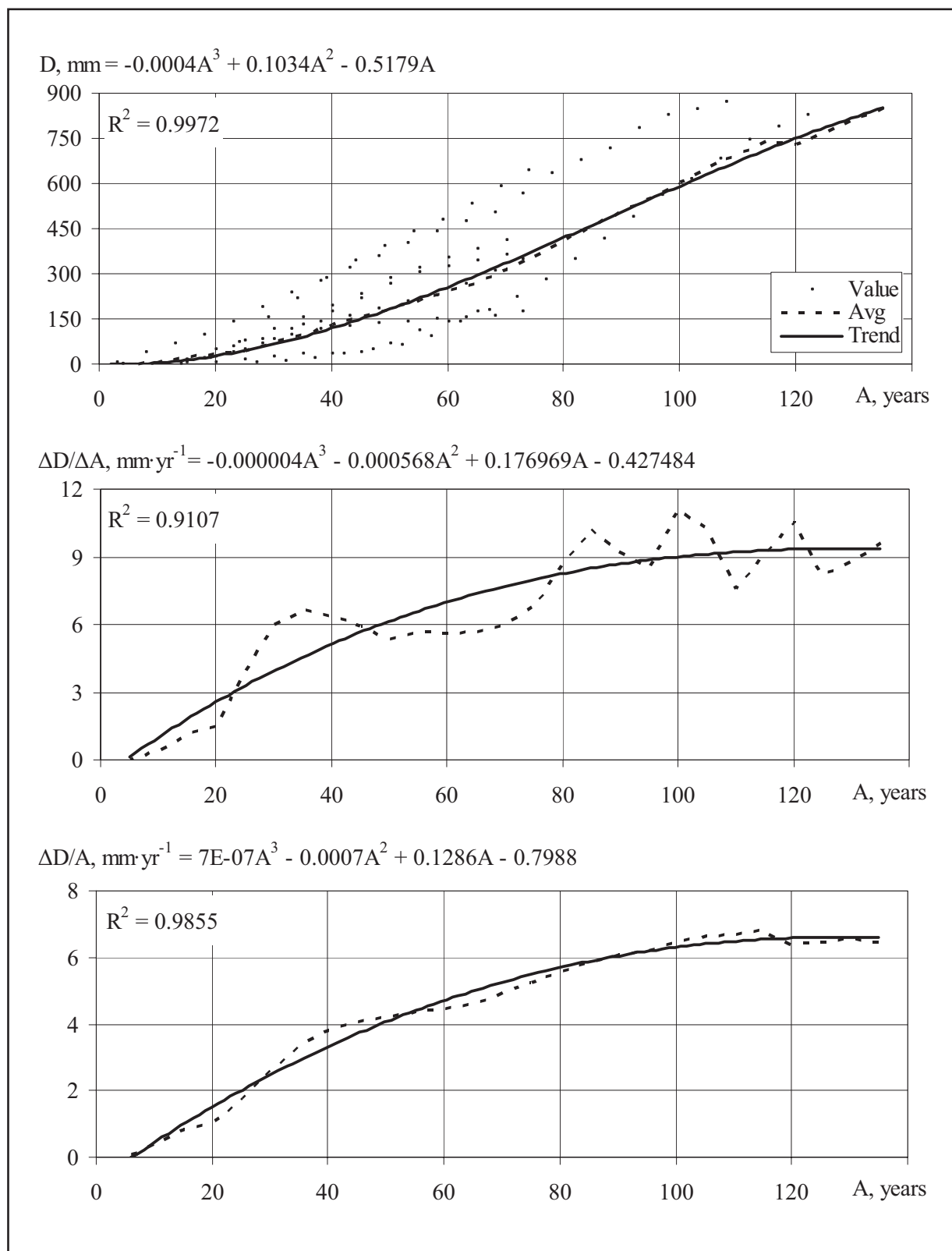
Гігантські дерева в'яза голого зрідка ростуть на Передкарпатській височині  
Giant *Ulmus glabra* trees rarely grow on the Carpathian Foothills





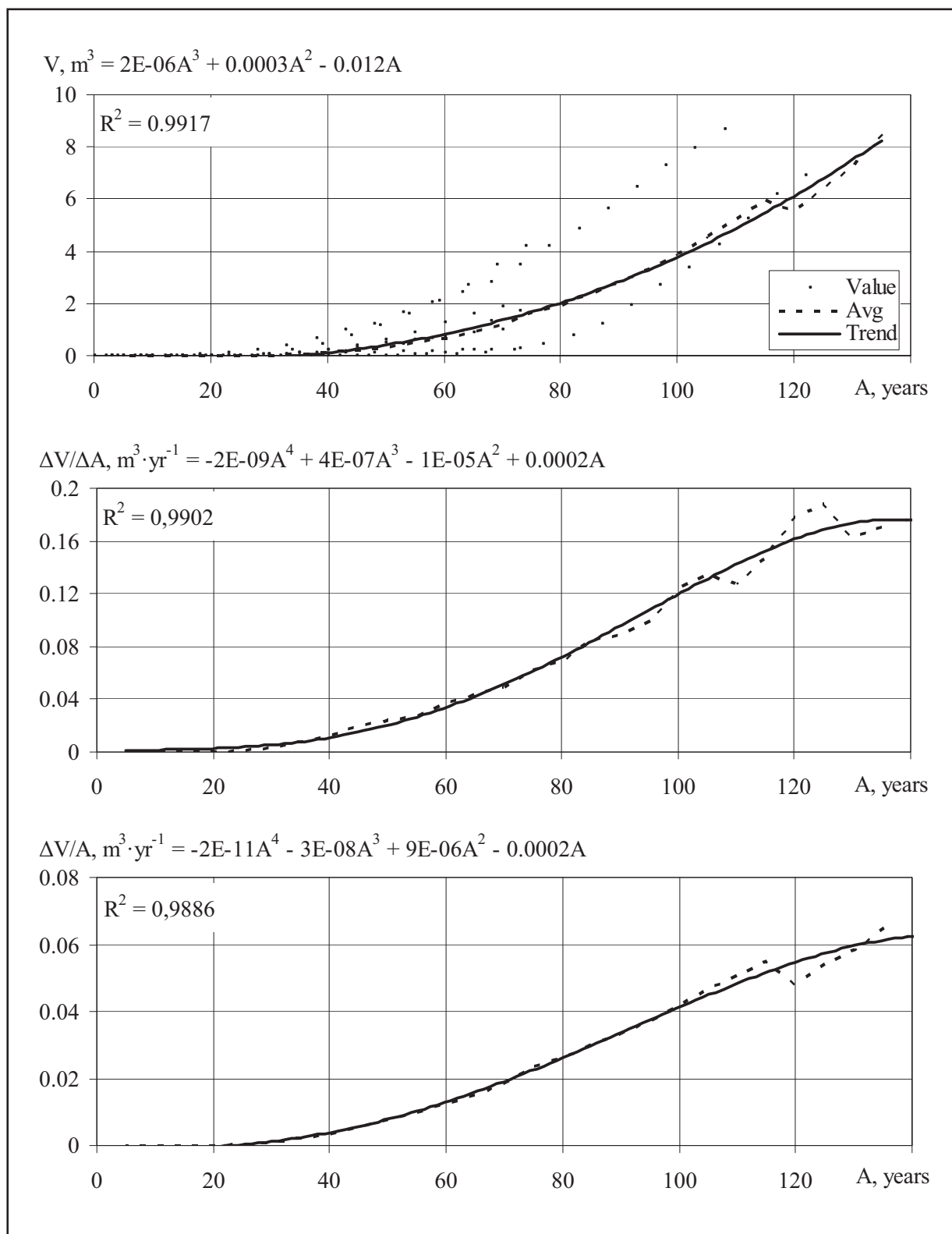
Вторинні березняки, що ростуть на Передкарпатській височині  
Secondary *Betula pendula* stands growing on the Carpathian Foothills





**Рис. 45.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

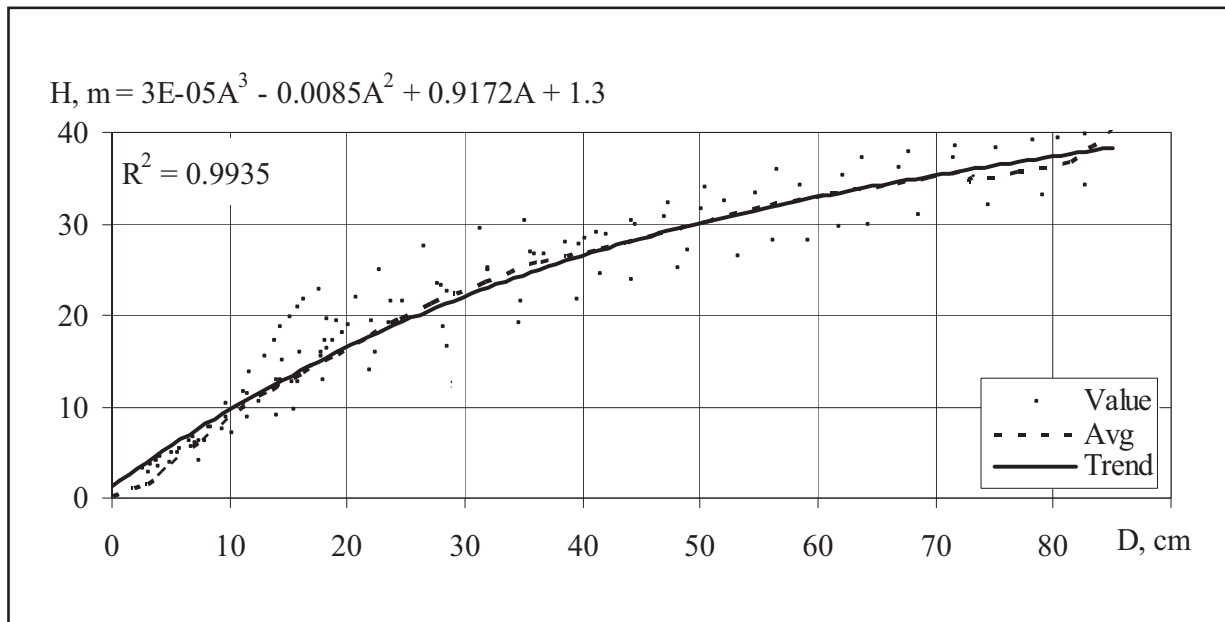
**Fig. 45.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Abies alba* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 46.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 46.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Abies alba* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 47.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 47.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Abies alba* model trees, which grew on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I<sup>a</sup> бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 15 м, а у 100 років – 33 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 17 см і майже 60 см, а об'єм – приблизно 0,5 м<sup>3</sup> і трохи менше ніж 4 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 35–65 років і становив приблизно 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 9 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці понад 100 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,16 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев понад 120 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму, 0,06 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 120 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів 1,0 м<sup>3</sup> він становив 5%. Це характерно для дерев ялиці білої у віці 75 років. Проте при об'ємі 5 м<sup>3</sup> він становив 3 %, а при 9 м<sup>3</sup> – 1,5 % (рис. 46 та 48).

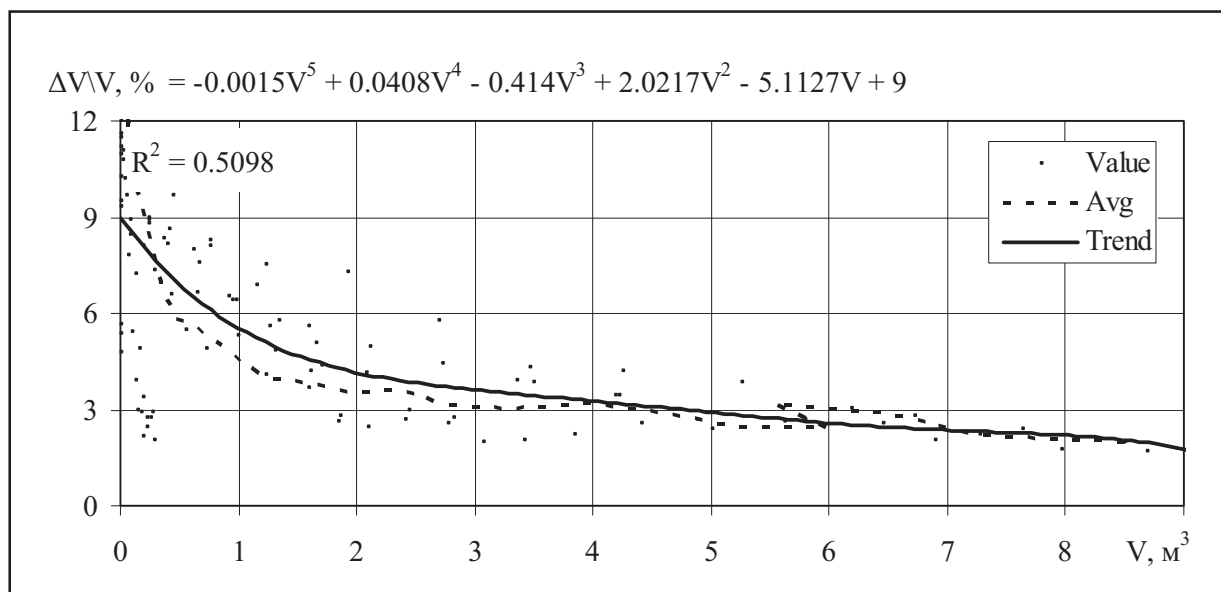
Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видо-

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III–I<sup>a</sup> class bonitet. At the age of 50 years, their height reached 15 m, and in 100 years – 33 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 17 cm and almost 60 cm, and the volume – approximately 0.5 m<sup>3</sup> and slightly less than 4 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 35–65 years and was approximately 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more 9 mm·yr<sup>-1</sup> was observed at the age more than of 100 years, and in the volume of trunk wood, more than 0.16 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the trees age more 120 years old. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.06 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees over 120 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed, that at the volume of trunks 1.0 m<sup>3</sup> it was 5%. This is characteristic of *Abies alba* trees at the age of 75 years. However, at a volume of 5 m<sup>3</sup> it was 3 %, and at 9 m<sup>3</sup> it was 1.5 % (Figures 46 and 48).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor

вих чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 16). У середньому цей показник становить 0,446.

depending on the height and the thickness of the trunks (Table 16). On average, this index is 0.446.



**Рис. 48.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 48.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Abies alba* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 16

Table 16

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли на Передкарпатській височині:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Abies alba* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

D \ H	8	12	16	20	24	28	30	32	34	36	38	40	42	f <sub>d</sub>
12	0.549	0.509	0.509											0.550
16		0.499	0.499	0.507										0.528
20			0.489	0.497										0.508
24			0.481	0.489	0.490									0.492
28			0.474	0.482	0.483	0.472								0.478
32				0.476	0.476	0.466	0.457							0.465
36				0.470	0.471	0.461	0.452							0.454
40				0.465	0.466	0.456	0.447	0.437						0.445
44					0.461	0.451	0.443	0.433						0.436
48					0.457	0.447	0.439	0.429	0.418					0.428

Продовження таблиці 16  
Continuation of Table 16

$\begin{matrix} H \\ D \end{matrix}$	8	12	16	20	24	28	30	32	34	36	38	40	42	$f_d$
52					0.453	0.443	0.435	0.425	0.415					0.420
56						0.439	0.431	0.421	0.411	0.401				0.413
60						0.436	0.427	0.418	0.408	0.398				0.406
64							0.424	0.414	0.404	0.395	0.386			0.400
68							0.420	0.411	0.401	0.391	0.383			0.393
72								0.408	0.398	0.388	0.380			0.387
76								0.404	0.395	0.385	0.377	0.371		0.380
80									0.391	0.382	0.374	0.368		0.374
84									0.388	0.379	0.371	0.365	0.361	0.369
88												0.362	0.359	0.364
$f_h$	0.549	0.472	0.471	0.487	0.488	0.467	0.450	0.430	0.409	0.390	0.373	0.361	0.354	0.446

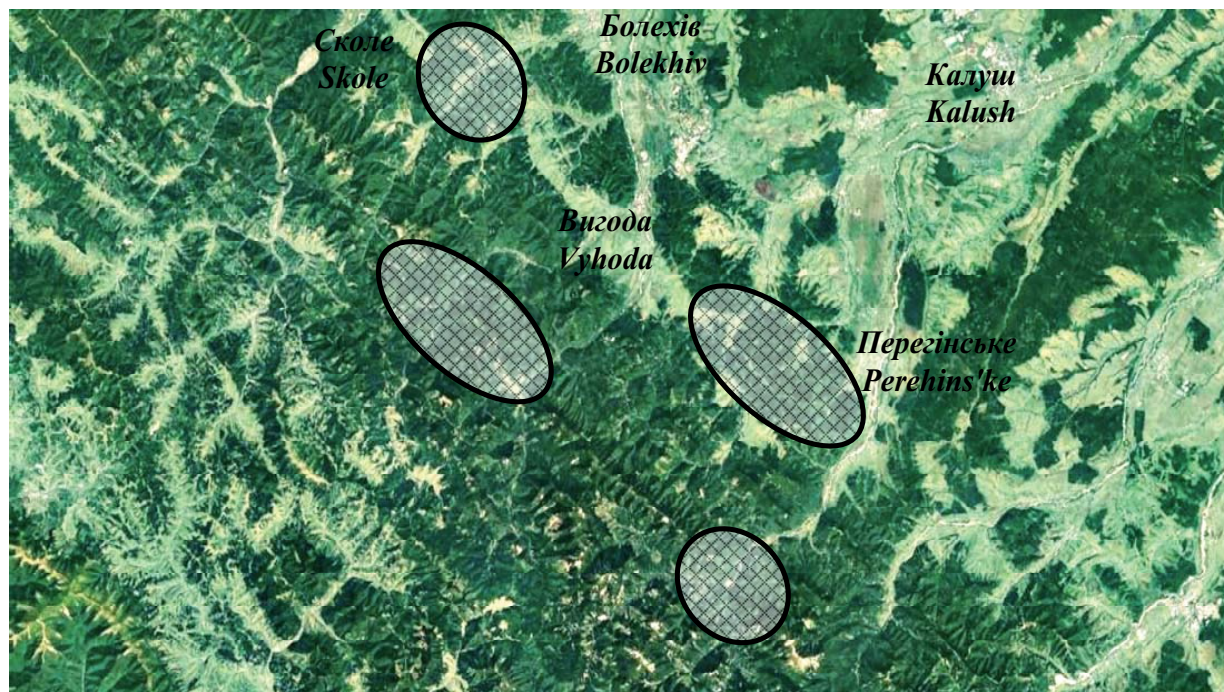


## Низькогір'я Східних Бескидів

Дослідження проведено на території Полянницького та Сукільського лісництв Державного підприємства "Болексівське лісове господарство", Гребенівського лісництва Державного підприємства "Славське лісове господарство", Собольського лісництва Державного підприємства "Вигодське лісове господарство", Спаського лісництва Державного підприємства "Брошнівське лісове господарство", Осмолодського та Перегінського лісництв Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Території концентрації місць росту досліджених модельних дерев показані на рис. 49. Модельні дерева відібрано в межах висоти 450–1180 м н.р.м. Схили різних експозицій, крутизною 10–30°. Ґрунтові умови: мезо-евтрофні та евтрофні слабокислі суглинкові дрібнокам'яністі (*Leptic Cambisols*, *Eutric Cambisols*) періодично свіжі, вологі й сирі. Клімат помірно-холодний рівномірно-вологий зі спекотним літом, сприятливий для росту гірських мішаних багатовидових ялицево-букових лісів.

## Lowmountains of the Eastern Beskids

The researches were focused on the lands of Polianytsia and Sukil' Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Grebeniv Forestry of Slavske State Enterprise of Forestry Management, of Sobol' Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management, of Spas Forestry of Broshniv State Enterprise of Forestry Management, of Osmoloda and Pereginsk Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. The areas of the growth sites of the studied model trees are shown in Figure 49. Model trees are selected within the altitude of 450–1180 m a.s.l. The slopes of different exposures, steep 10–30°. Soil conditions: meso-eutrophic and eutrophic slightly acidic sandy-loam and loamy petty-rocky (*Leptic Cambisols*, *Eutric Cambisols*) periodically mesophile, meso-hygrophile and hygrophile. The climate is moderately cold, evenly humid with hot summers, what is contributory with grow mountain mixed multi-species fir-beech forests.



**Рис. 49.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева

**Fig. 49.** The location on the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees were taken



**Бук лісовий**

Дослідження були зосереджені на землях Поляницького лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство" і Перегінського та Сливківського лісництв Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 17 та на рис. 50. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 51–53. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 54.

***Fagus sylvatica* L.**

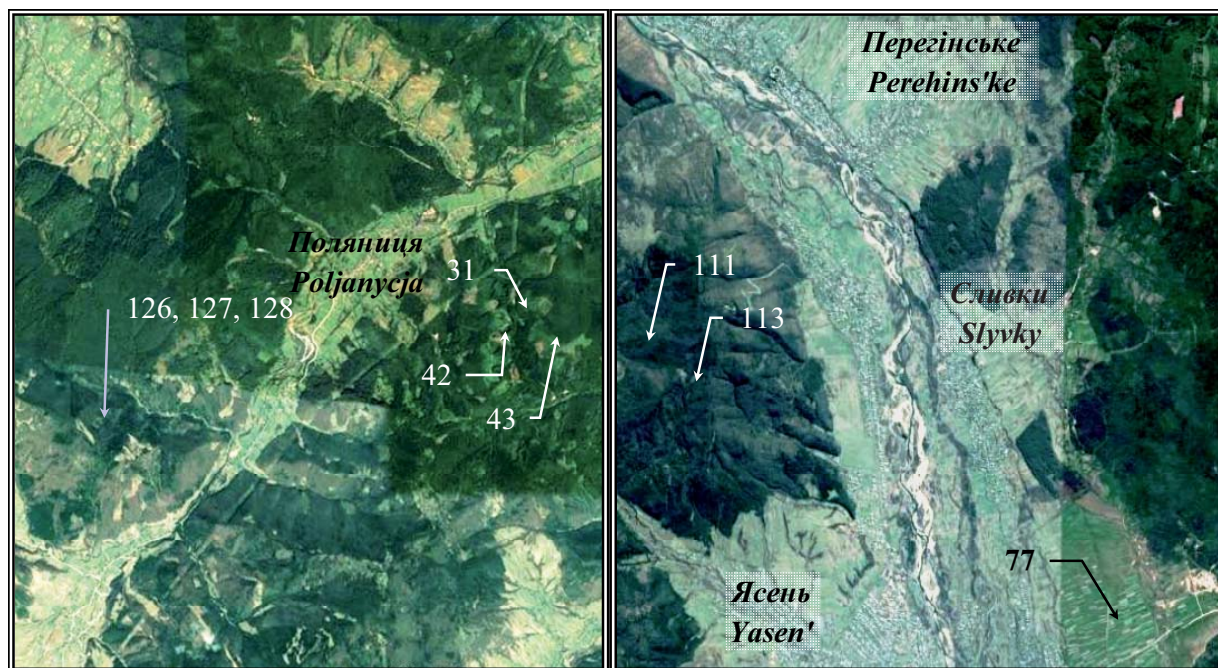
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management and Perehinsk Forestry and Slywky Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 17 and in Figure 50. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 51–53. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 54.

Таблиця 17

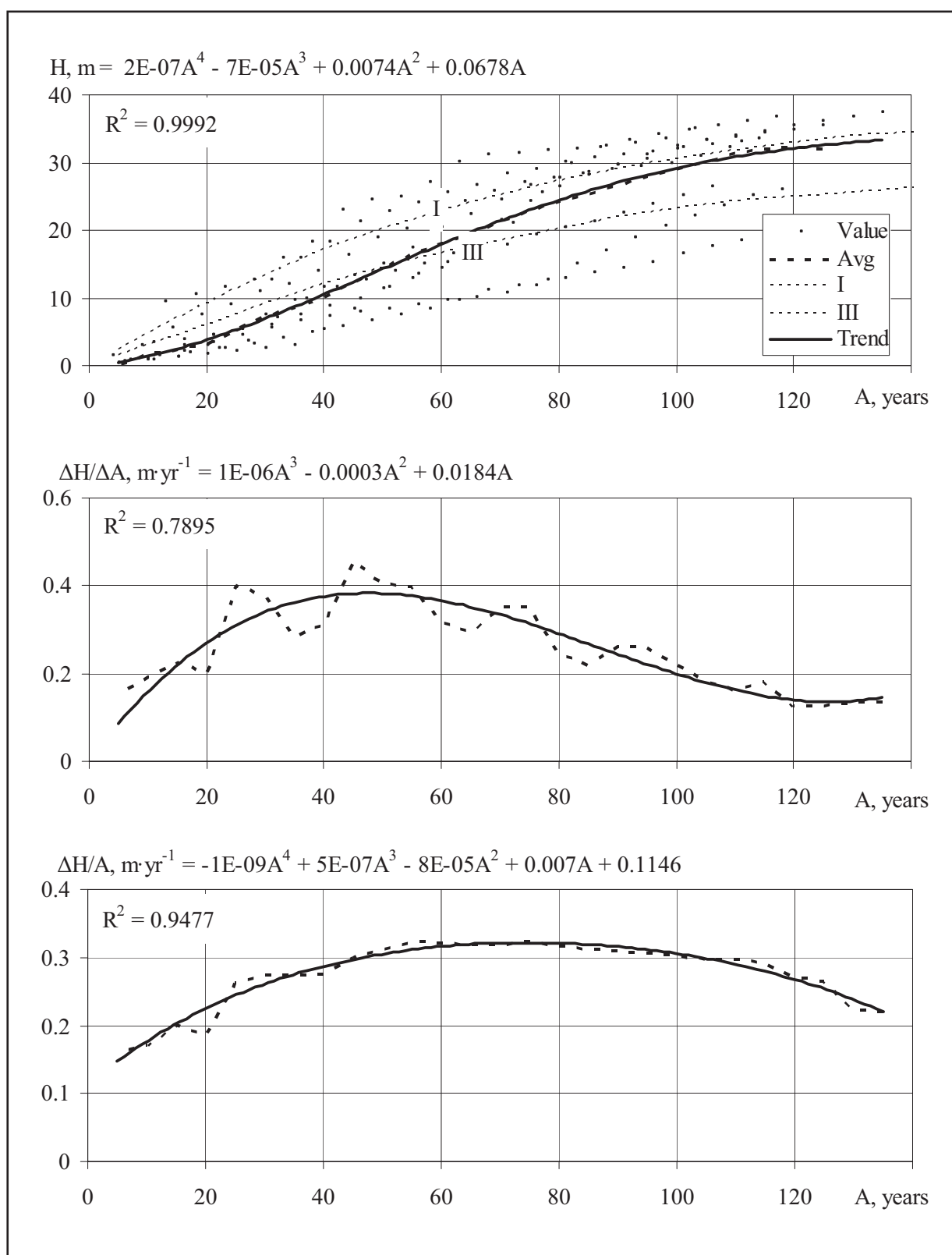
Table 17

**Модельні дерева бука лісового, що росли у низькогір'ї Східних Бескидів****Model trees of *Fagus sylvatica* that grew on the Lowmountains of the Eastern Beskids**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
31	49.01778	23.73518	600	31	33.5	37.6	1.49
42	49.01396	23.72881	630	42	35.1	29.6	1.15
43	49.01477	23.73930	680	43	33.2	31.2	1.22
77	48.74618	24.23025	640	77	26.4	53.0	2.53
111	48.77147	24.16520	820	111	27.5	49.8	2.48
113	48.76773	24.17031	700	113	22.0	51.4	2.03
126	49.00452	23.65209	786	126	35.4	57.0	4.59
127	49.00487	23.65213	786	127	37.5	37.6	1.79
128	49.00534	23.65278	786	128	36.8	52.0	2.67



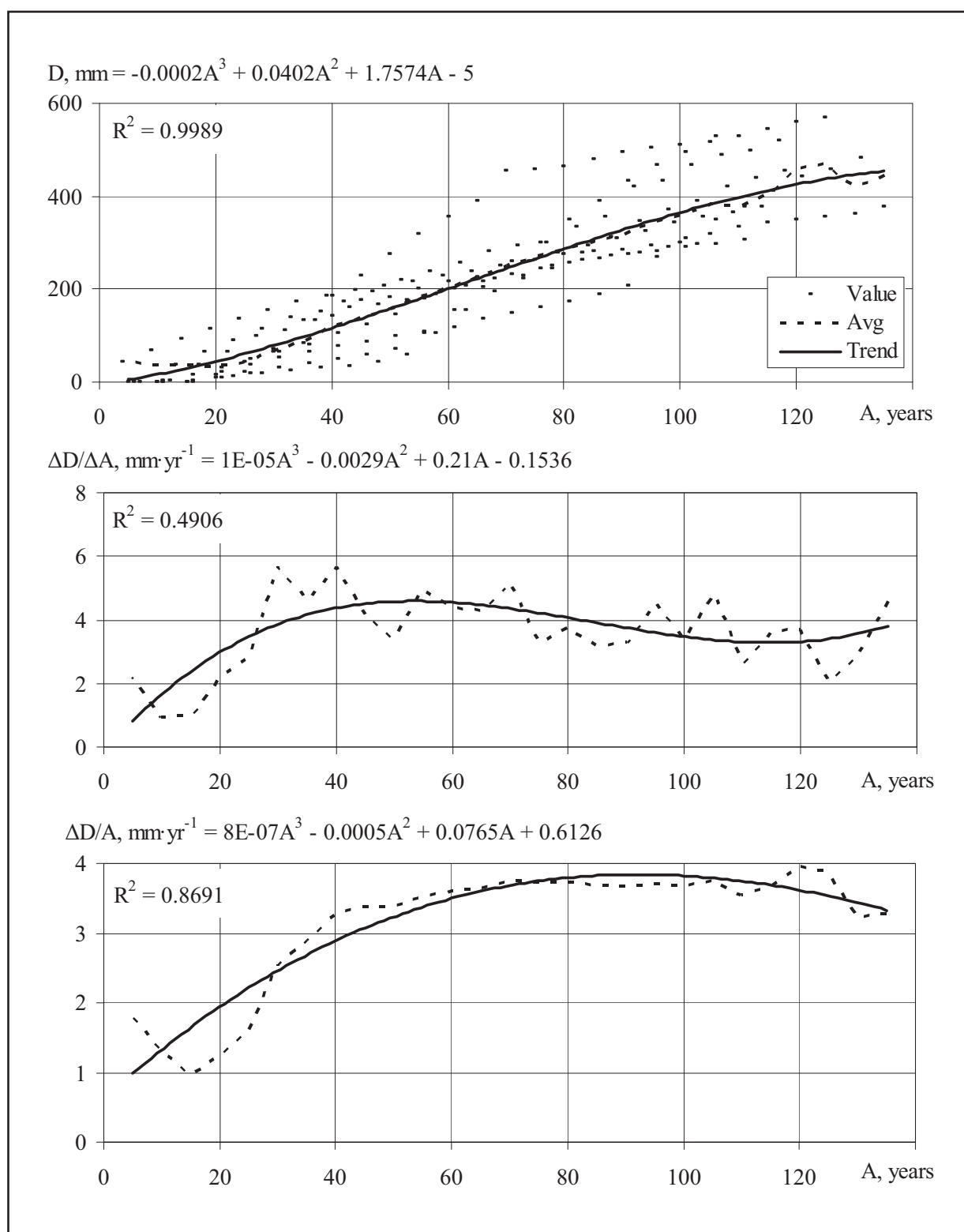
**Рис. 50.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева бука лісового  
**Fig. 50.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees of *Fagus sylvatica* were taken



**Рис. 51.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

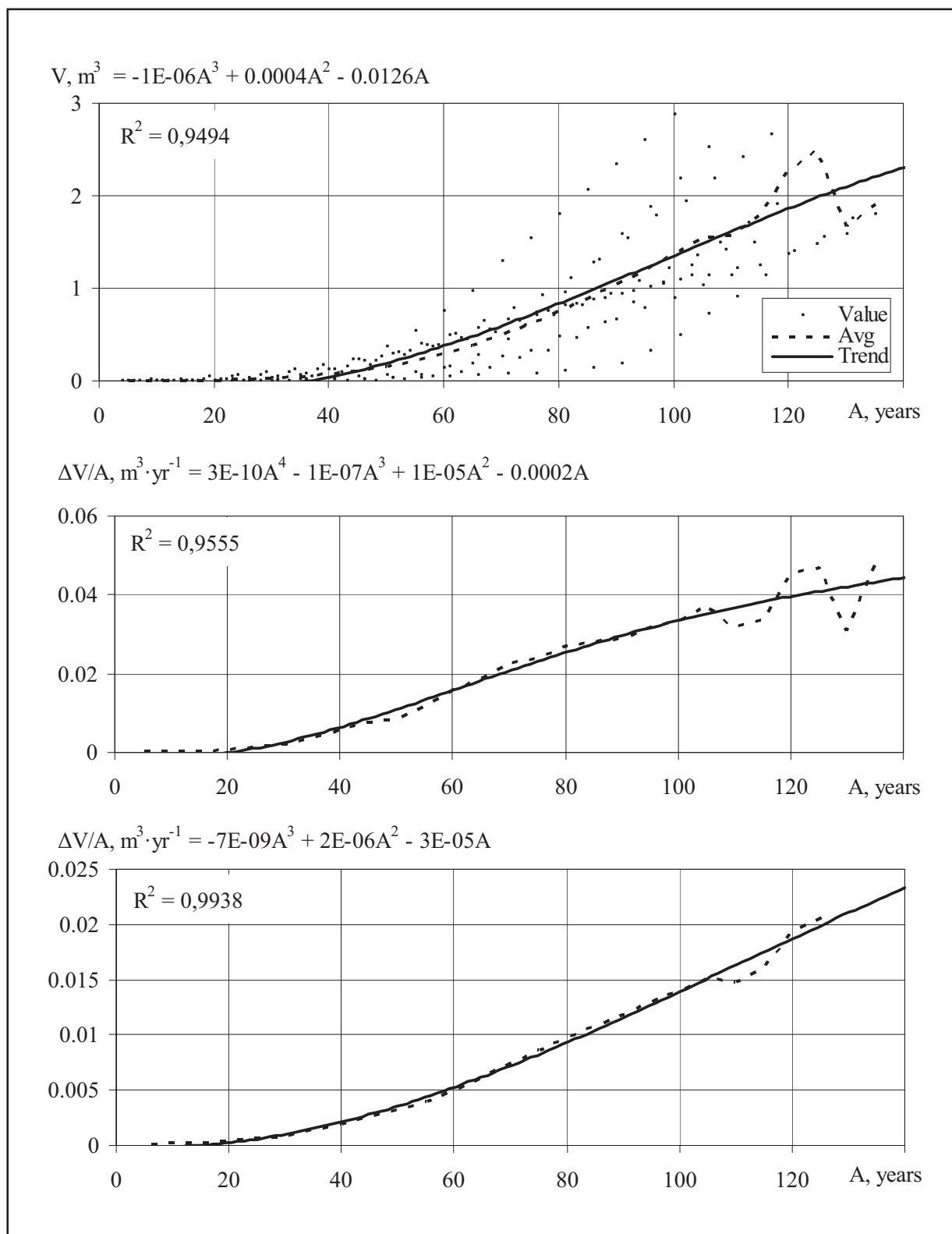
**Fig. 51.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Fagus sylvatica* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes





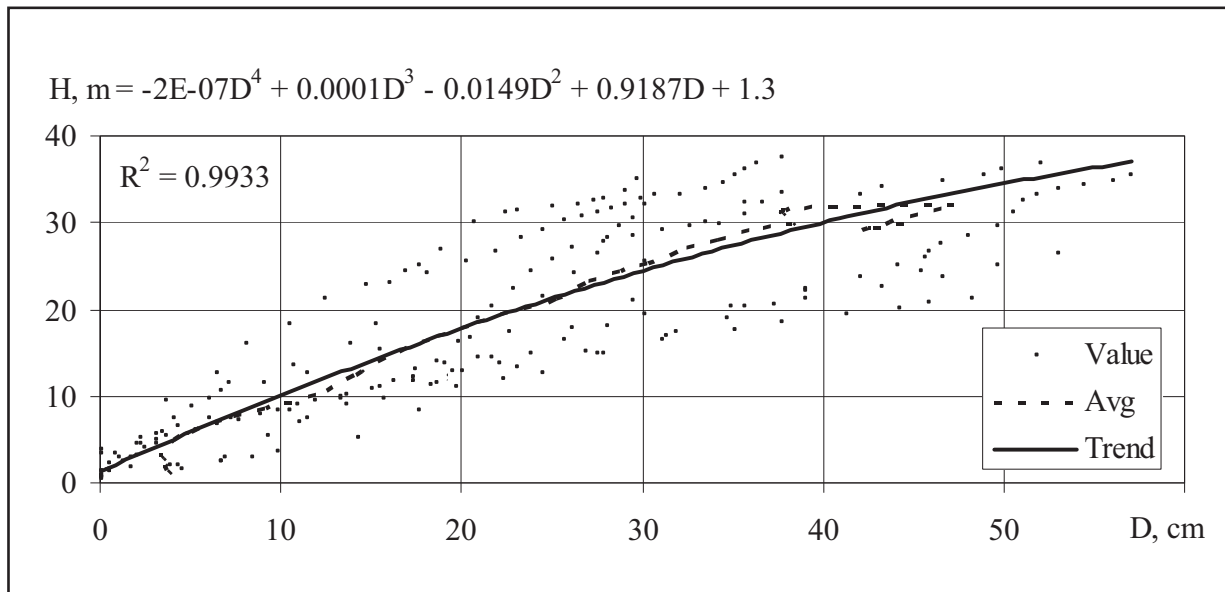
**Рис. 52.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 52.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 53.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 53.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Fagus sylvatica* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 54.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 54.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Fagus sylvatica* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 14 м, а у 100 років – 29 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 27 см і трохи більше 35 см, а об'єм – приблизно  $0,3 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $1,3 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 35–60 років і становив приблизно  $0,35 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів,  $4 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 40–70 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,04 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев понад 120 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму,  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , лише у віці дерев понад 125 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він не перевищує 2 %. Це характерно для дерев бука лісового у віці 90 років (рис. 53 та 55).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових

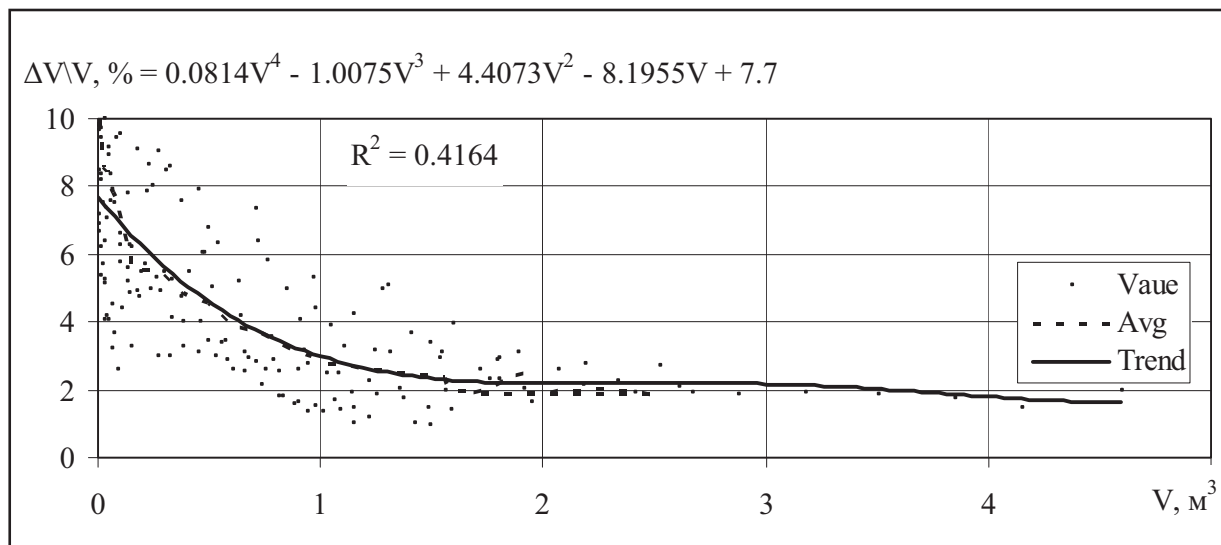
In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III–II bonitet. At the age of 50 years, their height reached 14 m, and in 100–29 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 27 cm and slightly more than 35 cm, and the volume – approximately  $0.3 \text{ m}^3$  and slightly more than  $1.3 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 35–60 years and was approximately  $0.35 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks,  $4 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 40–70 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.04 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees over 120 years old. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 125 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ m}^3$ , it does not exceed 2 %. This is characteristic of *Fagus sylvatica* trees at the age of 90 years (Figure 53, 55).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor



чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 18). У середньому цей показник становить 0,431.

depending on the height and the thickness of the trunks (Table 18). On average, this index is 0.431.



**Рис. 55.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 55.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Fagus sylvatica* model trees trunks, which grew up on the Carpathian Foothills: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 18

Table 18

**Вирівнянні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:**

"f<sub>d</sub>" – вирівнянні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівнянні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	F <sub>d</sub>
8	0.561	0.538	0.522	0.510	0.503									
12	0.545	0.523	0.507	0.496	0.490	0.486	0.484	0.484						
16	0.532	0.511	0.495	0.485	0.478	0.474	0.473	0.472	0.473					
20	0.521	0.500	0.485	0.475	0.468	0.465	0.463	0.463	0.463	0.463	0.462	0.460		
24	0.512	0.492	0.477	0.466	0.460	0.457	0.455	0.455	0.455	0.455	0.454	0.452	0.450	
28					0.454	0.450	0.449	0.448	0.448	0.448	0.448	0.446	0.443	0.440
32						0.445	0.444	0.443	0.443	0.443	0.443	0.441	0.439	0.435
36							0.440	0.440	0.440	0.440	0.439	0.437	0.435	0.431
40								0.437	0.437	0.437	0.436	0.435	0.432	0.429
44									0.435	0.435	0.434	0.433	0.430	0.427
48											0.433	0.432	0.429	0.426
52													0.429	0.425
56														0.425
f <sub>h</sub>	0.569	0.524	0.492	0.471	0.459	0.452	0.449	0.448	0.448	0.448	0.447	0.444	0.439	0.431

**Ялина європейська*****Picea abies* (L.) Karst.****Швидкорослі дерева  
на мезо-евтрофних ґрунтах****Fast growing trees  
on meso-eutrophic soils**

Дослідження були зосереджені на землях Полянського лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство", Собольського та Шевченківського лісництва Державного підприємства "Вигодське лісове господарство" та Сливківського лісництва Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 19 та на рис. 56. Ці дерева росли на мезо-евтрофних ґрунтах. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 57–59. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 60.

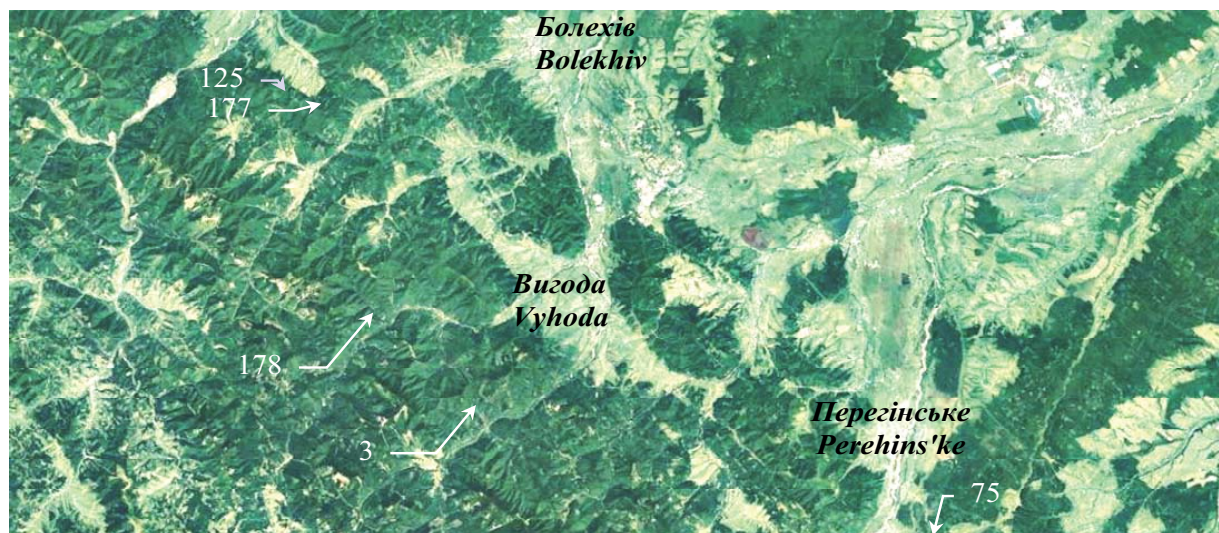
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management of Sobol' Forestry and Shevchenkove Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management and Perehinsk and Slywky Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 19 and in Figure 56. These trees grew on meso-eutrophic soils. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 57–59. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 60.

Таблиця 19

Table 19

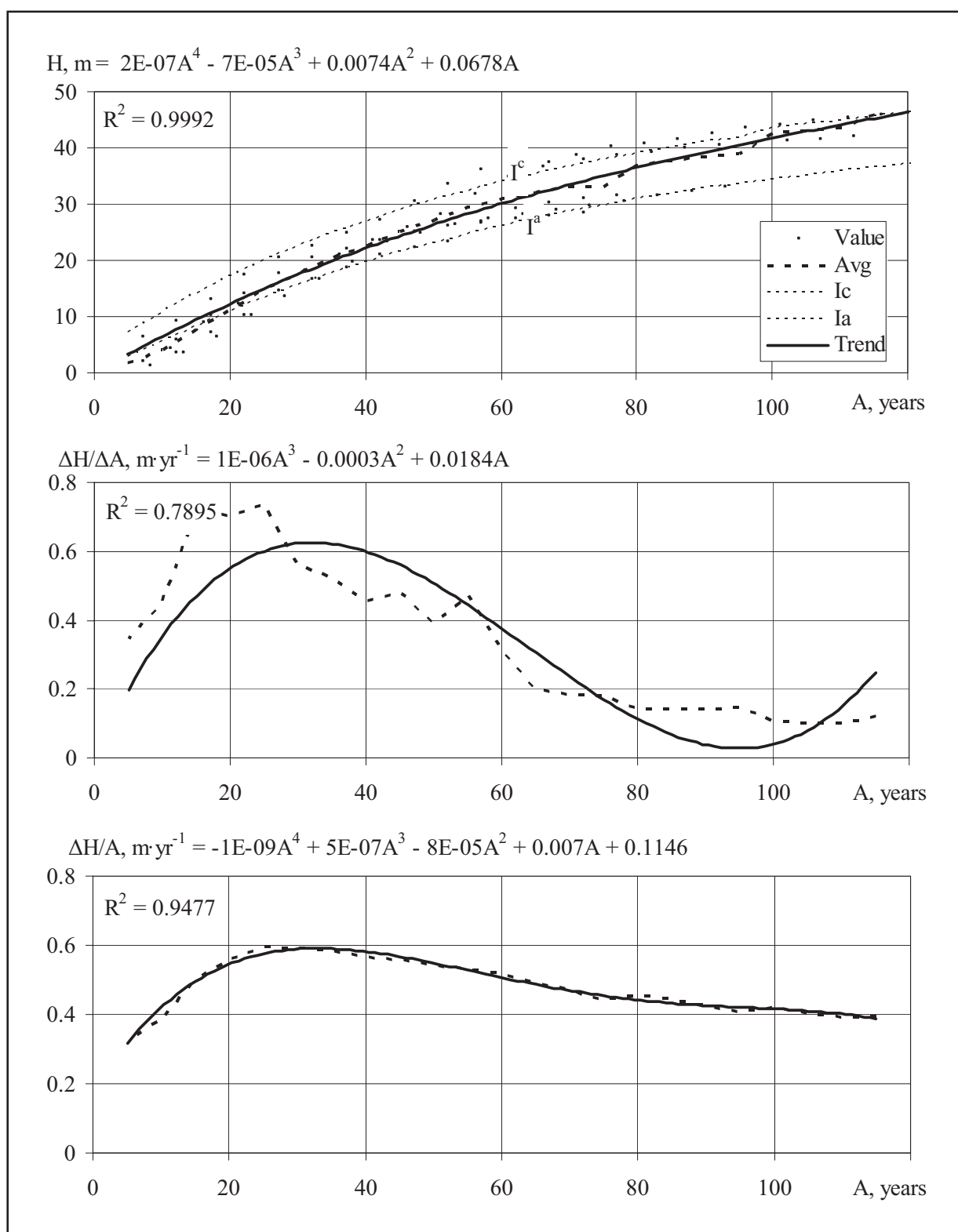
**Модельні дерева ялини європейської, що швидко росли  
на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів**  
**Model trees of *Picea abies* that fast grew on meso-eutrophic soils  
in the lowmountains of the Eastern Beskids**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
3	48.82452	23.81077	650	93	33.0	67.0	4.54
75	48.74669	24.22798	600	77	31.6	58.0	3.29
125	49.01120	23.63461	781	72	28.5	38.6	1.46
177	49.00344	23.66669	679	112	42.0	61.0	5.1
178	48.87834	23.69646	680	116	46.0	75.2	8.15



**Рис. 56.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах

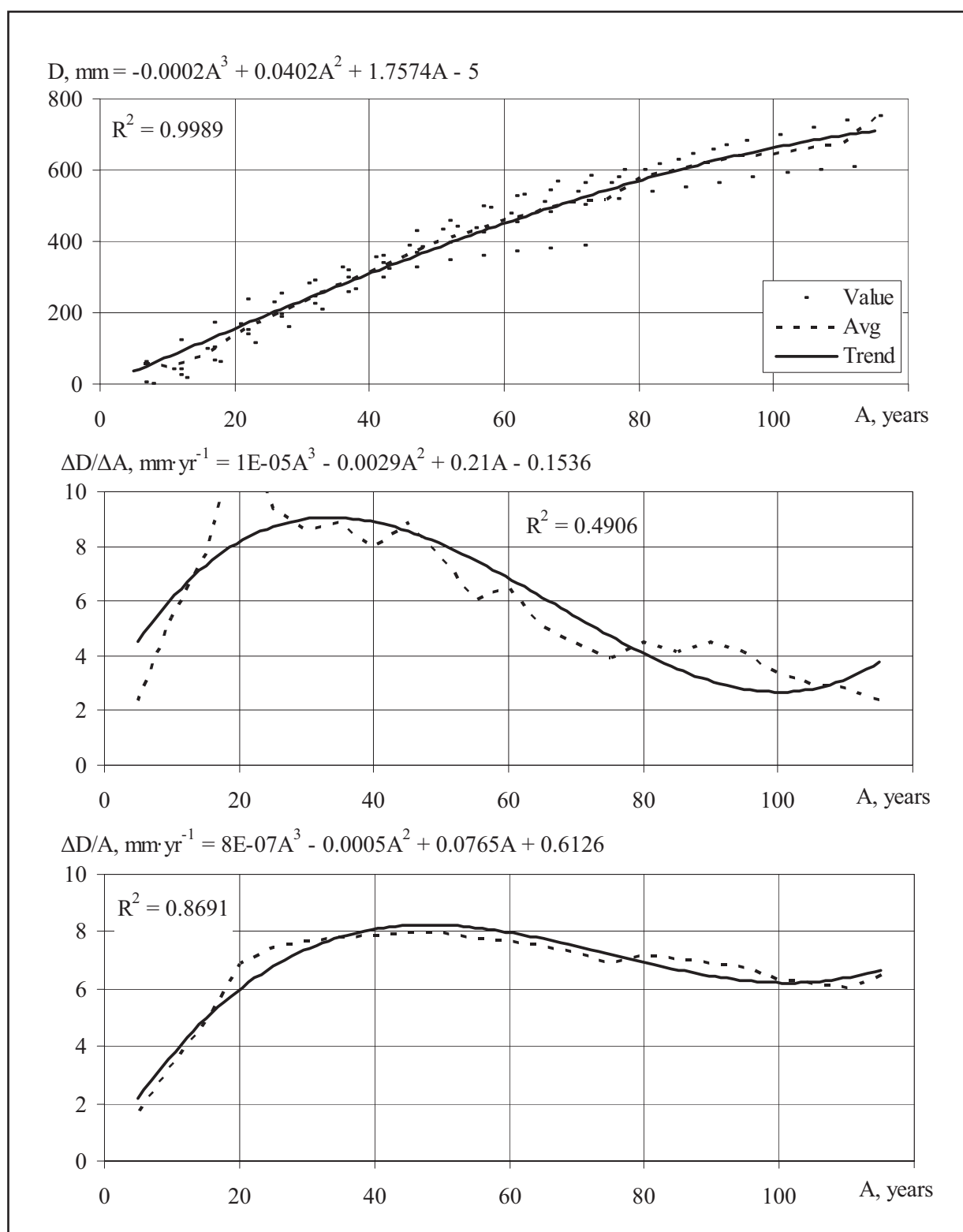
**Fig. 56.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees of *Picea abies* were taken, which fast grew on meso-eutrophic soils



**Рис. 57.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:  
 "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;  
 "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 57.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees, which fast grew on meso-eutrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes



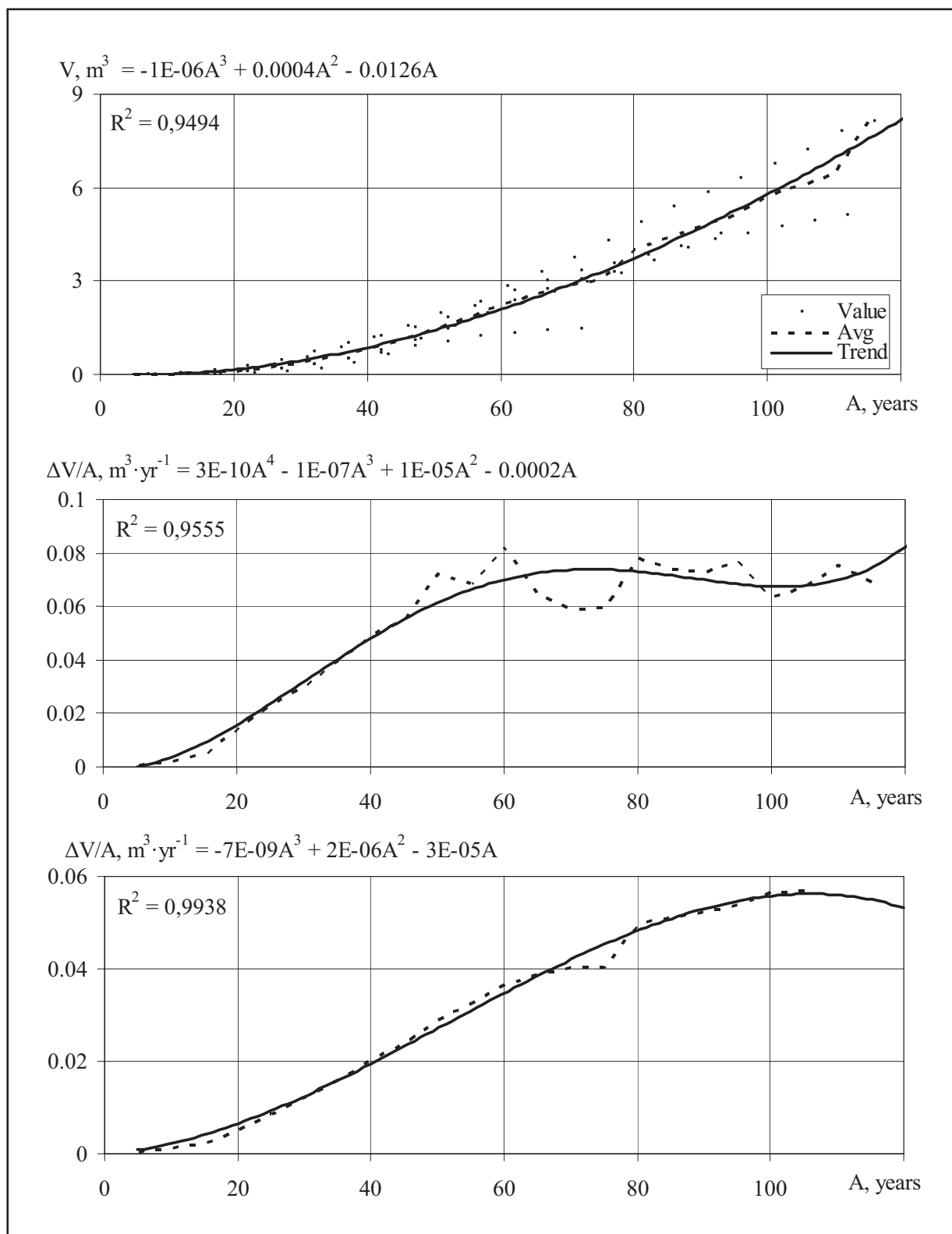


**Рис. 58.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:

"Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 58.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees, which fast grew on meso-eutrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids::

"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 59.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 59.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees, which fast grew on meso-eutrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





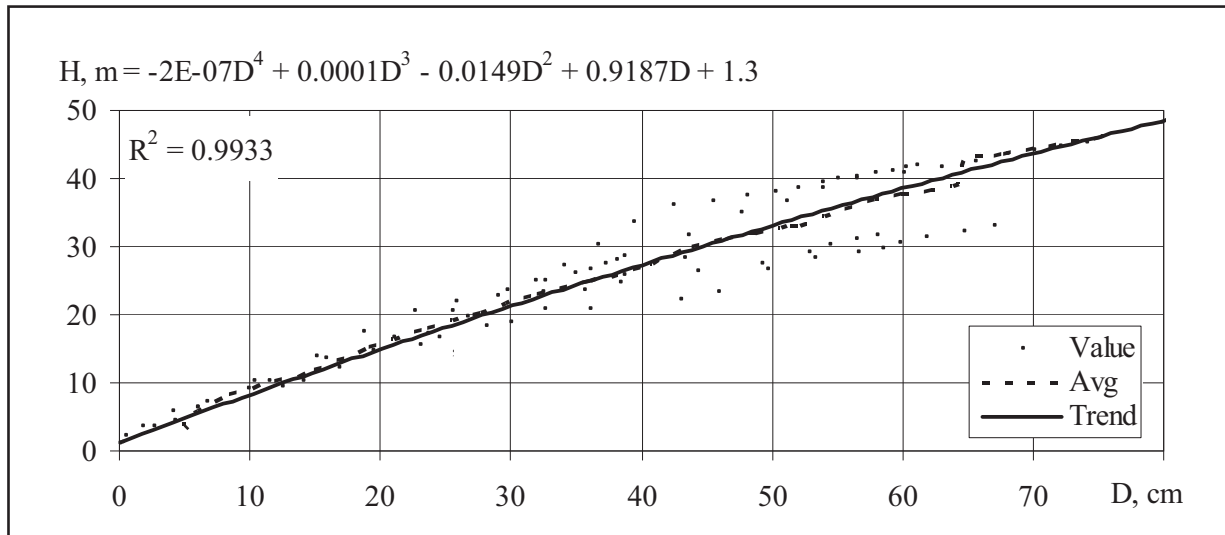
Старовіковий буковий ліс, що росте у низькогір'ї Східних Бескидів  
Old growth beech forest grows in the lowmountains of the Eastern Beskids





Ялицево-буковий праліс, що росте у низькогір'ї Східних Бескидів  
Fir-beech virgin forest, which grows in the lowmountains of the Eastern Beskids





**Рис. 60.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:

"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 60.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees, which fast grew on meso-eutrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids:

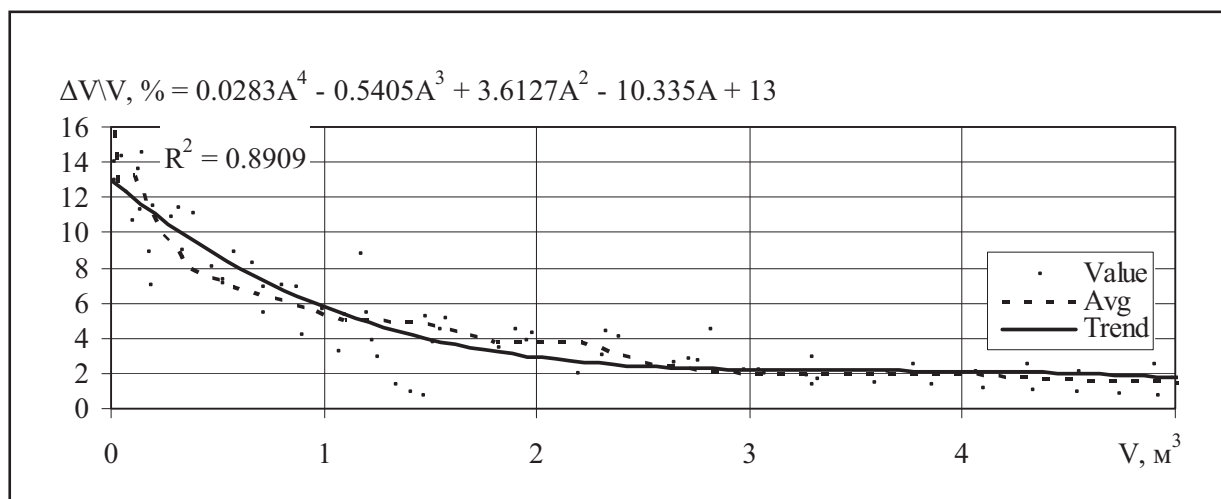
"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам I<sup>a</sup>–I<sup>c</sup> бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 25 м, а у 100 років – 42 м. Відповідно, товщина стовбурів сягала у цьому віці 38 см і трохи більше 60 см, а об'єм – приблизно 1,3 м<sup>3</sup> і майже 6 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 20–50 років і становив більше 0,5 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 8 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався також у віці 20–50 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,07 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев понад 60 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму, понад 0,05 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, також у віці дерев понад 80 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1 м<sup>3</sup> він не перевищує 6%, а при 5 м<sup>3</sup> – 2%. Це характерно для дерев ялини у віці 40–90 років (рис. 59 та 61).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 20). У середньому цей показник становить 0,458.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the I<sup>a</sup>–I<sup>c</sup> bonitet. At the age of 50 years, their height reached 25 m, and in 100 years – 42 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 38 cm and slightly more than 60 cm, and the volume – approximately 1.3 m<sup>3</sup> and almost 6 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 20–50 years and amounted to more than 0.5 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 8 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed also at the age of 20–50 years, and in the volume of trunks wood, more than 0.07 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the age of trees of more than 60 years old. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.05 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> also at the age of the trees over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed, that at volume of trunks more than 1 m<sup>3</sup> he does not exceed 6%, and at 5 m<sup>3</sup> – 2%. This is typical for *Picea abies* trees in the age of 40–90 years (Figures 59 and 61).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 20). On average, this index is 0.458.



**Рис. 61.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 61.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees trunks, which fast grew on meso-eutrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 20

Table 20

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, які швидко росли на мезо-евтрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Picea abies* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

H/D	8	12	16	20	24	26	28	30	32	34	36	38	f <sub>d</sub>
8	0.561	0.522	0.503										0.553
12	0.545	0.507	0.490	0.484									0.523
16	0.532	0.495	0.478	0.473	0.473								0.498
20	0.521	0.485	0.468	0.463	0.463	0.463	0.462	0.460					0.478
24	0.512	0.477	0.460	0.455	0.455	0.455	0.454	0.452	0.450				0.461
28			0.454	0.449	0.448	0.448	0.448	0.446	0.443	0.440	0.435		0.448
32				0.444	0.443	0.443	0.443	0.441	0.439	0.435	0.430		0.439
36				0.440	0.440	0.440	0.439	0.437	0.435	0.431	0.427	0.421	0.431
40					0.437	0.437	0.436	0.435	0.432	0.429	0.424	0.419	0.426
44					0.435	0.435	0.434	0.433	0.430	0.427	0.422	0.417	0.422
48							0.433	0.432	0.429	0.426	0.421	0.416	0.420
52									0.429	0.425	0.421	0.415	0.419
56										0.425	0.420	0.415	0.419
f <sub>h</sub>	0.569	0.492	0.459	0.449	0.448	0.448	0.447	0.444	0.439	0.431	0.422	0.412	0.458



Повільнорослі дерева  
на оліго-мезотрофних ґрунтах

Дослідження були зосереджені на землях Гребенівського лісництва Державного підприємства "Сколівське лісове господарство" та Собольського лісництва Державного підприємства "Вигодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 21 та на рис. 62. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 63–64. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 65.

Slow growing trees  
on oligo-mesotrophic soils

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Hrebeniv Forestry of Skole State Enterprise of Forestry Management and of Sobol' Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 21 and in Figure 62. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 63–64. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 65.

Таблиця 21

Table 21

Модельні дерева ялини європейської, що повільно росли  
на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів  
Model trees of *Picea abies* that grew slow on oligo-mesotrophic soils  
in the lowmountains of the Eastern Beskids

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
163	48.83618	23.60835	920	74	28	42.6	1.86
172	48.83618	23.60835	930	75	25	19.8	0.41
206	48.96341	23.56182	1180	101	29.1	62.4	4.18
207	48.96341	23.56182	1180	102	24	44.6	1.86
210	48.96341	23.56182	1180	101	23.2	31	0.72

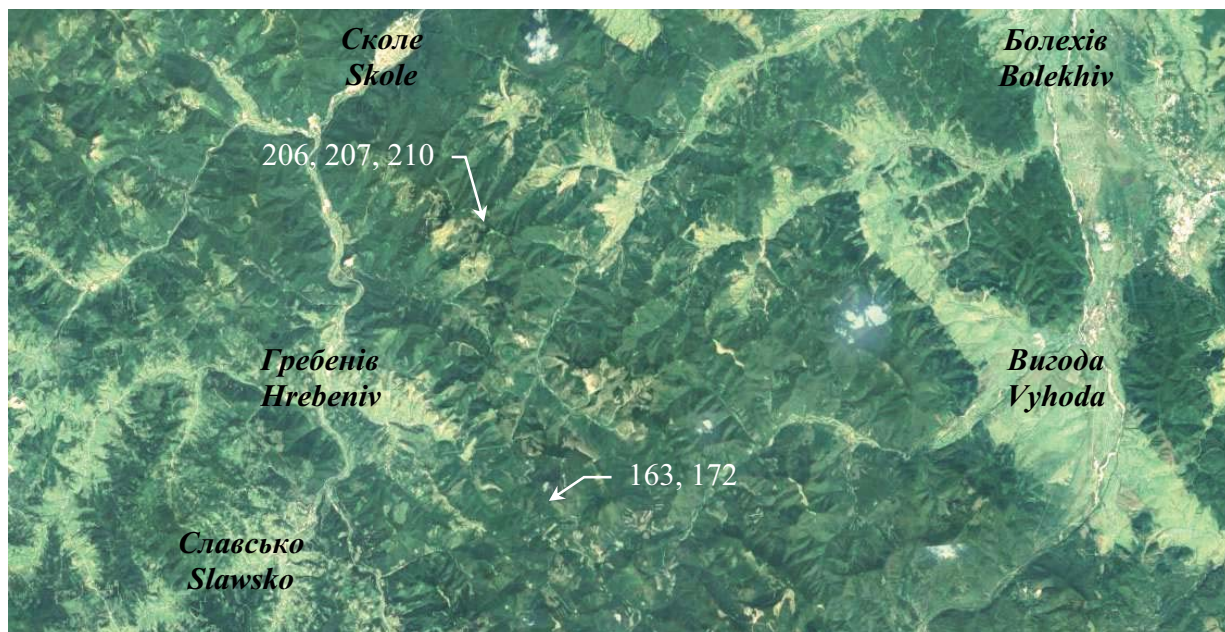
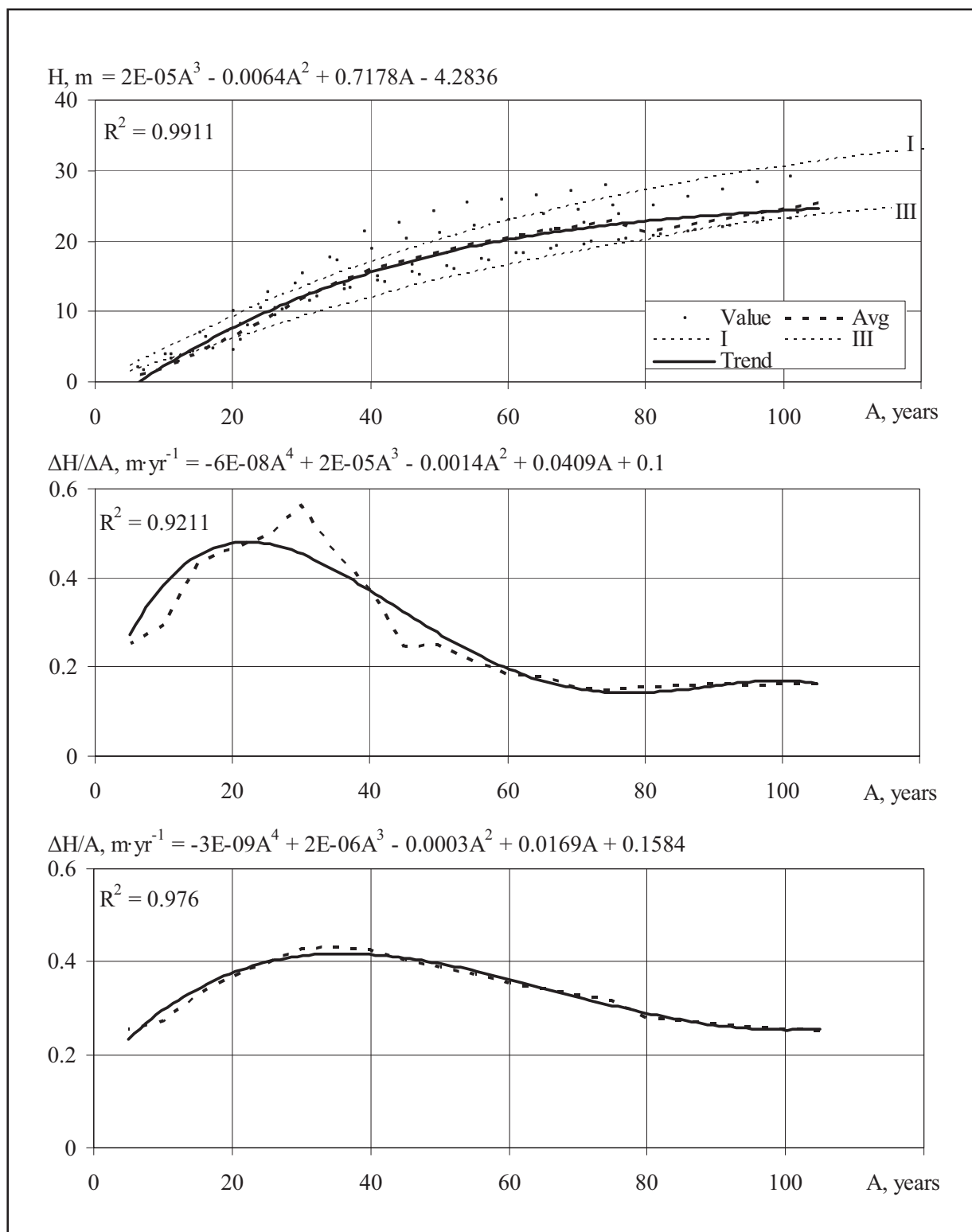


Рис. 62. Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах

Fig. 62. The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees of *Picea abies* were taken, which grew slow on oligo-mesotrophic soils



**Рис. 63.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:

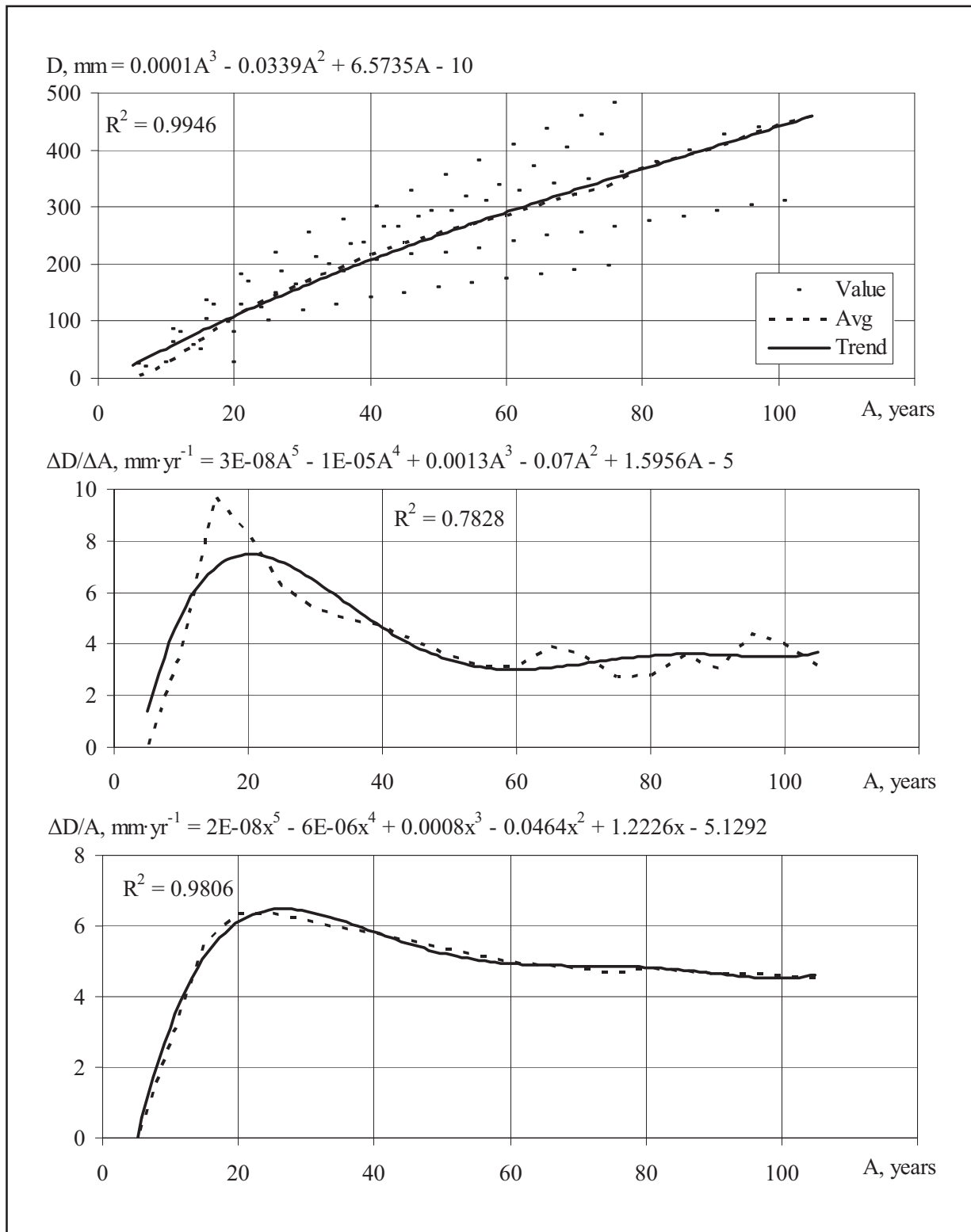
"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;

"Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 63.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids:

"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line;

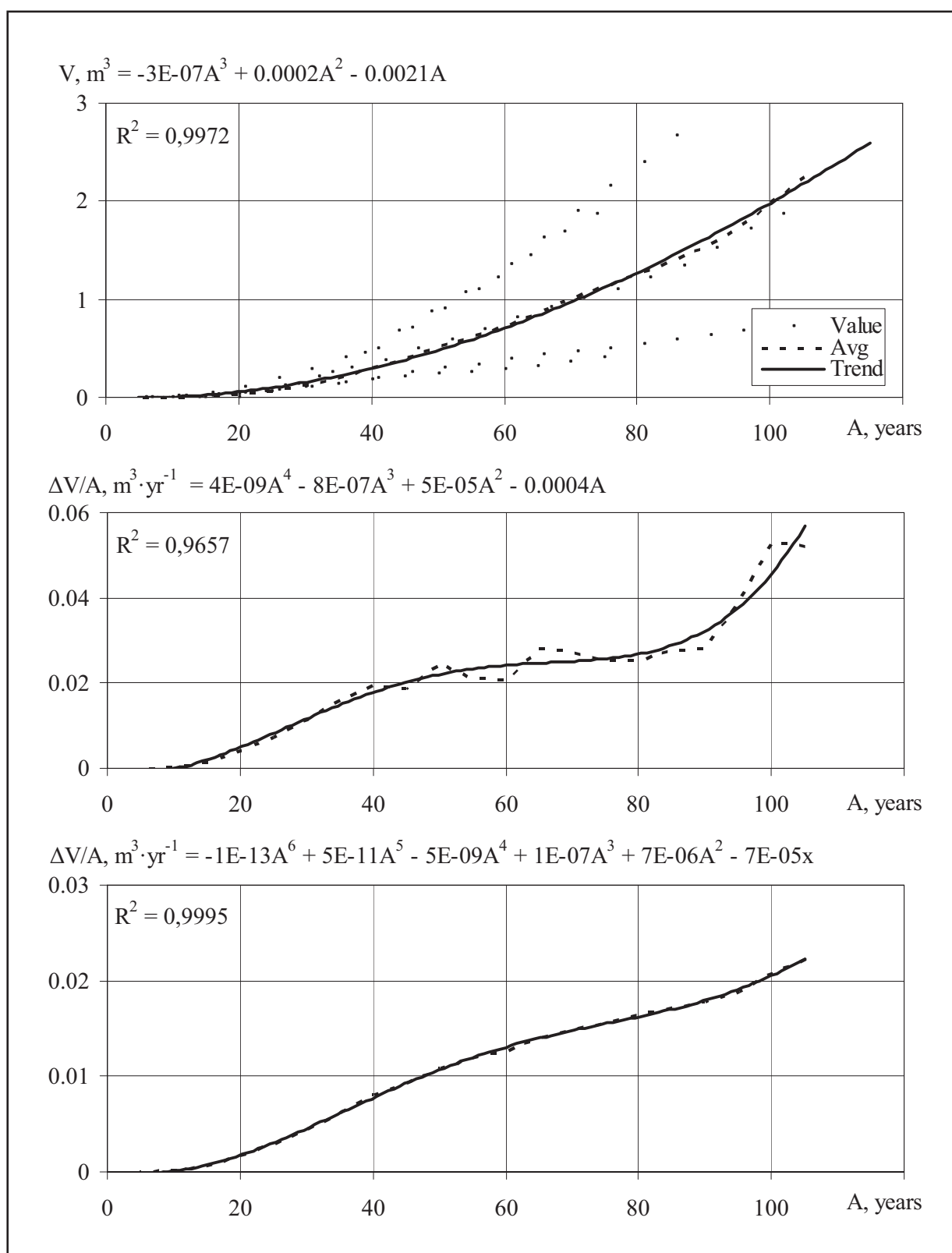
"I" and "III" – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 64.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

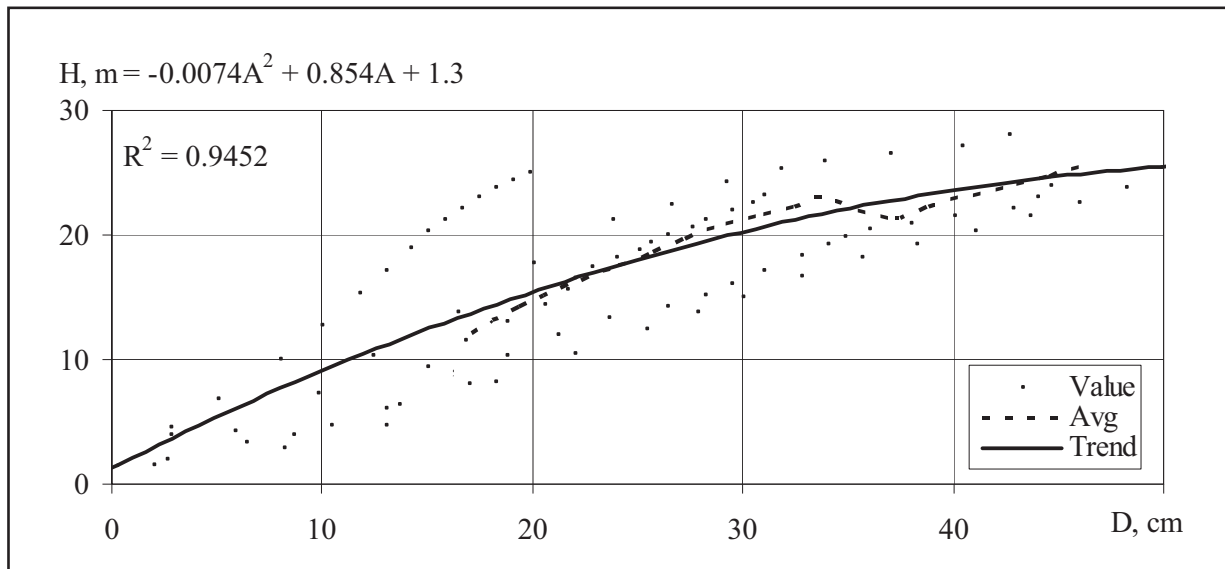
**Fig. 64.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 65.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 65.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 66.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:

"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 66.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids:

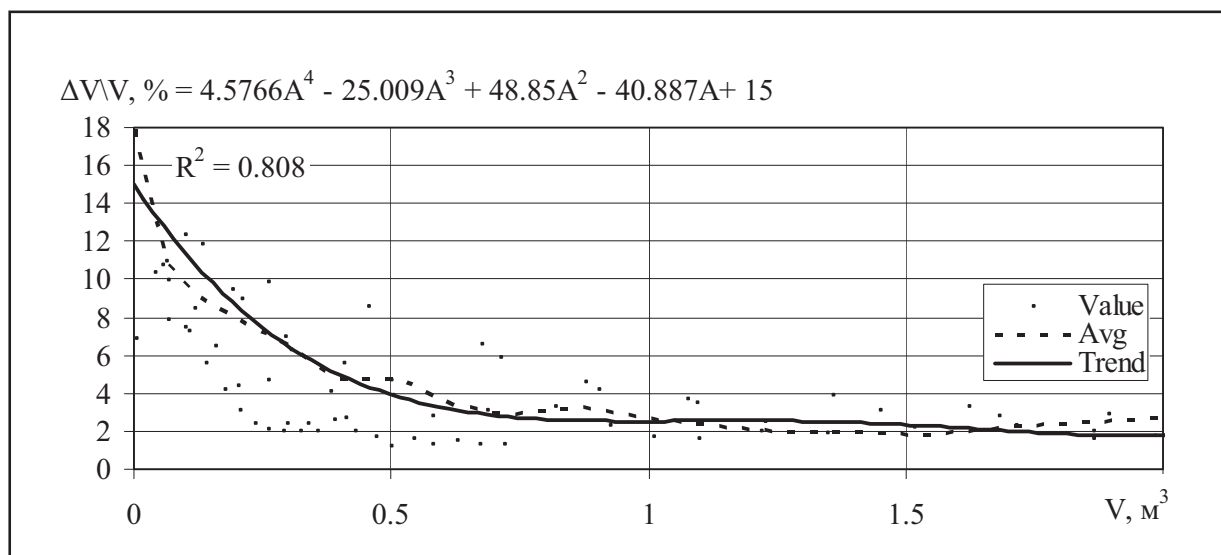
"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам II–III бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 18 м, а у 100 років – 24 м. Відповідно, у цьому віці товщина стовбурів сягала 24 см і трохи більше 44 см, а об'єм – приблизно 0,5 м<sup>3</sup> і майже 2 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 15–30 років і становив приблизно 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше ніж 6 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 15–30 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,04 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев понад 90 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму, 0,02 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 100 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1,0 м<sup>3</sup> він не перевищує 2,3 %. Це характерно для дерев ялини європейської у віці понад 70 років (рис. 65 та 67).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 22). У середньому цей показник становить 0,474.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the II–III class bonitet. At the age of 50 years, their height reached 18 m, and in 100 years – 24 m. Accordingly, at this age, the thickness of the trunks reached 24 cm and slightly more than 44 cm, and the volume - approximately 0.5 m<sup>3</sup> and almost 2 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 15–30 years and was approximately 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 6 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 15–30 years, and in the volume of trunks wood, more than 0.04 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, was found at the age of trees over 90 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.015 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1.0 m<sup>3</sup>, it does not exceed 2.3 %. This is characteristic of *Picea abies* trees at the age over 70 years (Figures 65 and 67).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 22). On average, this index is 0.474.



**Рис. 67.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 67.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees trunks, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 22

Table 22

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, які повільно росли на оліго-мезотрофних ґрунтах у низькогір'ї Східних Бескидів:**

" $f_d$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

" $f_h$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and the thickness of *Picea abies* model trees, which grew on the Carpathian Foothills:**

" $f_d$ " – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

" $f_h$ " – the moving average values of form factor of different height trunks

D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	$f_d$
12	0.521	0.507	0.501										0.542
16	0.498	0.484	0.479	0.479									0.495
20		0.474	0.468	0.468	0.472								0.473
24			0.466	0.466	0.470	0.474	0.477	0.478					0.469
28			0.469	0.469	0.472	0.477	0.480	0.480	0.475				0.474
32				0.474	0.477	0.482	0.485	0.485	0.480	0.467			0.484
36				0.478	0.482	0.486	0.490	0.490	0.485	0.472	0.448		0.493
40					0.484	0.489	0.492	0.493	0.487	0.474	0.450	0.411	0.499
44						0.489	0.492	0.492	0.487	0.474	0.450	0.410	0.498
48							0.489	0.489	0.484	0.471	0.447	0.407	0.491
52								0.482	0.477	0.464	0.441	0.402	0.478
56									0.468	0.455	0.432	0.394	0.460
60										0.446	0.423	0.386	0.441
64											0.415	0.379	0.424
$f_h$	0.500	0.474	0.463	0.464	0.470	0.479	0.486	0.487	0.476	0.451	0.407	0.338	0.474



**Ялиця біла*****Abies alba* Mill.**

Дослідження були зосереджені на землях Сукільського та Поляницького лісництва Державного підприємства "Болехівське лісове господарство", Собольського та Шевченківського лісництв Державного підприємства "Вигодське лісове господарство", Спаського лісництва Державного підприємства "Брошнівське лісове господарство" і Перегінського та Сливківського лісництв Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 23 та на рис. 68. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 69–71. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 72.

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Sobol' Forestry and Shevchenkove Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management, of Spas Forestry of Broshniv State Enterprise of Forestry Management and Perehinsk Forestry and Slywky Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 23 and in Figure 68. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 69–71. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 72.

Таблиця 23

Table 23

**Модельні дерева ялиці білої, що росли на Передкарпатській височині****Model trees of *Abies alba* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
4	48.82452	23.810770	650	114	30.0	73.8	4.04
17	48.84972	24.04772	450	140	37.5	65	5.39
76	48.74618	24.23025	640	203	38.0	77	6.5
80	49.01660	23.74194	690	123	38.5	79.8	8
108	48.77075	24.16426	830	109	34.9	46.2	3.203
109	48.77107	24.16439	830	113	32.8	44.6	2.5
123	49.00692	23.65644	780	194	40.0	70.6	6.07
180	48.87880	23.69525	730	158	33.0	49.2	3.02
181	48.87880	23.69525	730	203	35.0	63.0	5.68
183	48.84439	23.63558	810	140	35.0	63.2	5.48
217	48.97654	23.60549	850	175	33,5	45,6	2,65

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала лише 10 м, у 100 років – 20 м, а у 200 років – 38 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 20, 31 і 63 см, а об'єм – приблизно 0,5, 1,2, 5,4 м<sup>3</sup>.

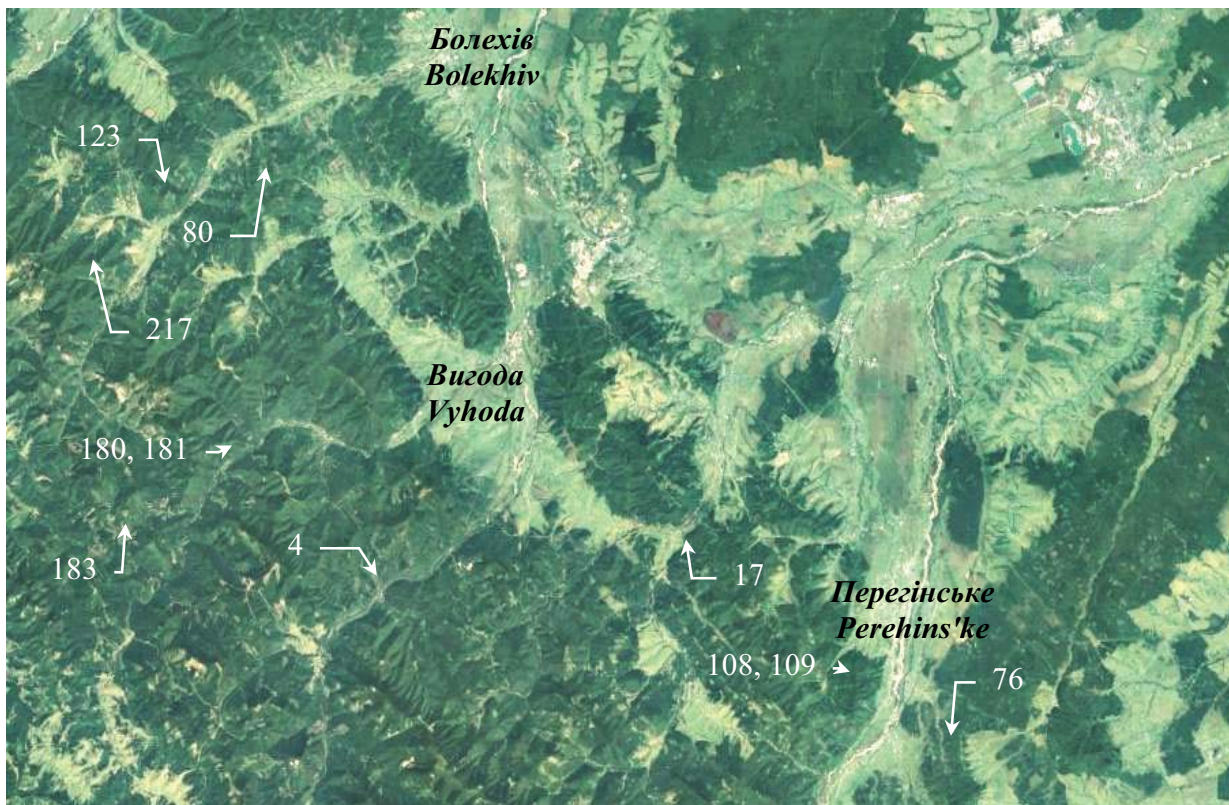
In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III–I bonitet. At the age of 50 years, their height reached only 10 m, in 100 years – 20 m, and in 200 years – 38 m. Accordingly, the thickness of the trunks at this age reached 20, 31 and 63 cm, and the volume – about 0.5, 1.2, 5.4 m<sup>3</sup>.

Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 80–160 років і становив приблизно  $0,25 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $4 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 80–200 років, а за об'ємом стовбурної деревини,  $0,07\text{--}0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 160–200 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму  $0,025 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  лише у віці дерев понад 190 років.

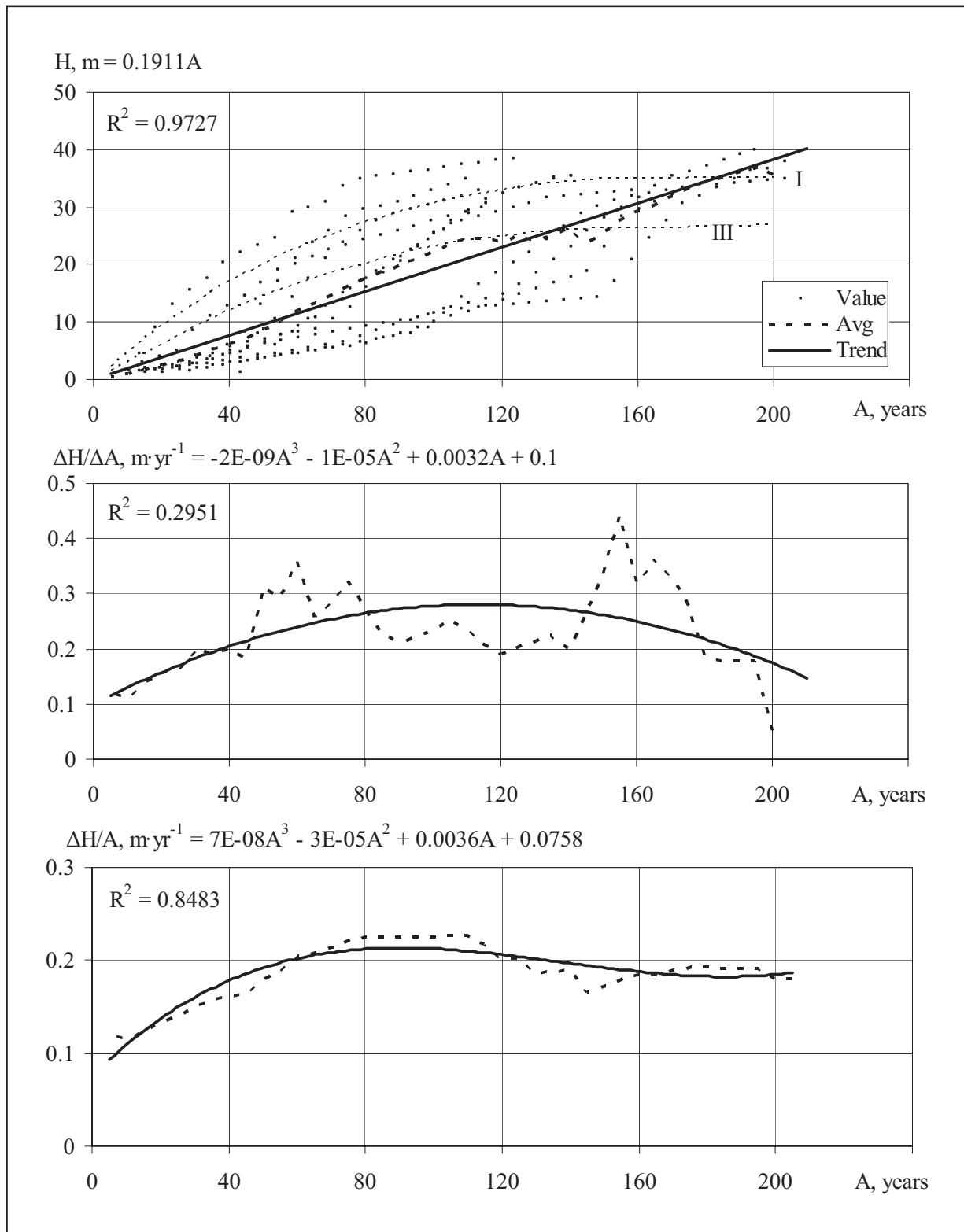
Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він не перевищує 3,5 %, а при об'ємі  $4 \text{ м}^3$  – 2 %. Це характерно для дерев ялиці білої у віці 90 та 170 років (рис. 71 та 73).

The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 80–160 years and was approximately  $0.25 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $4 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 80–200 years, and in the volume of trunks wood,  $0,07\text{--}0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of the trees 160–200 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.025 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 190 years.

The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ m}^3$ , it does not exceed 3.5 %, and at a volume of  $4 \text{ m}^3$  – 2 %. This is typical of *Abies alba* trees at the age of 90 and 170 years (Figures 71 and 73).



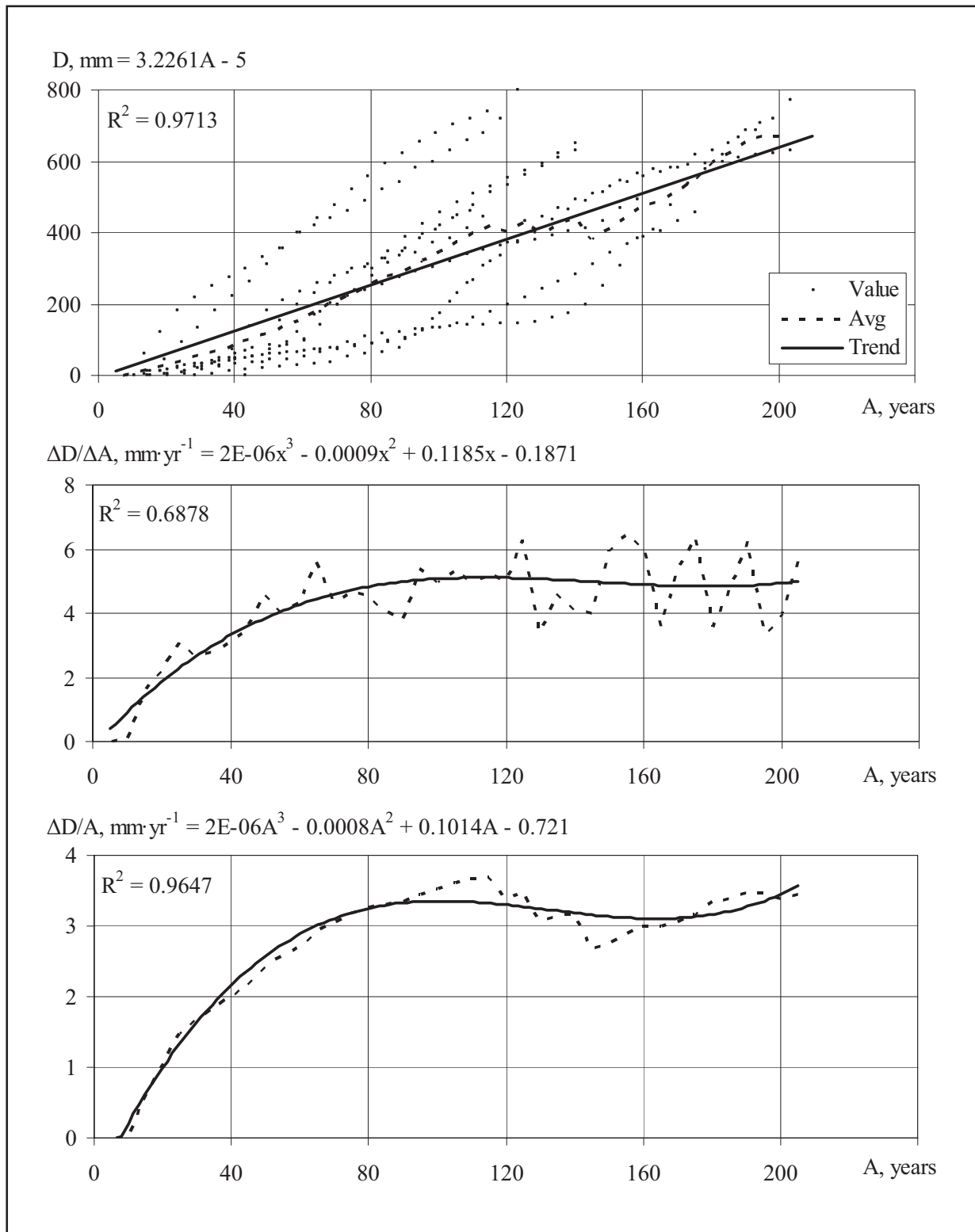
**Рис. 68.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева ялиці білої  
**Fig. 68.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees of *Abies alba* were taken



**Рис. 69.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "I" і "III" – лінії класів бонітету

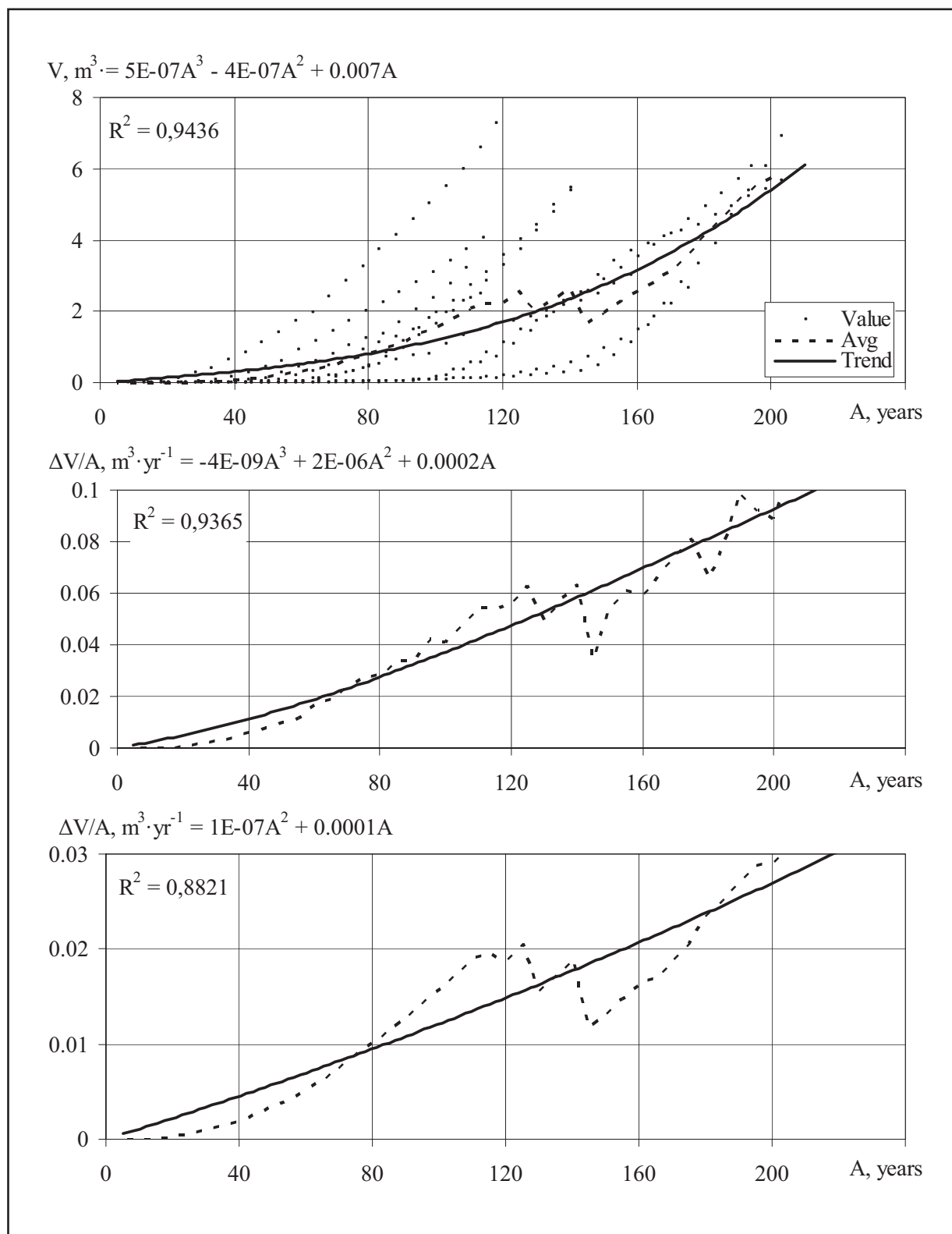
**Fig. 69.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Abies alba* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes





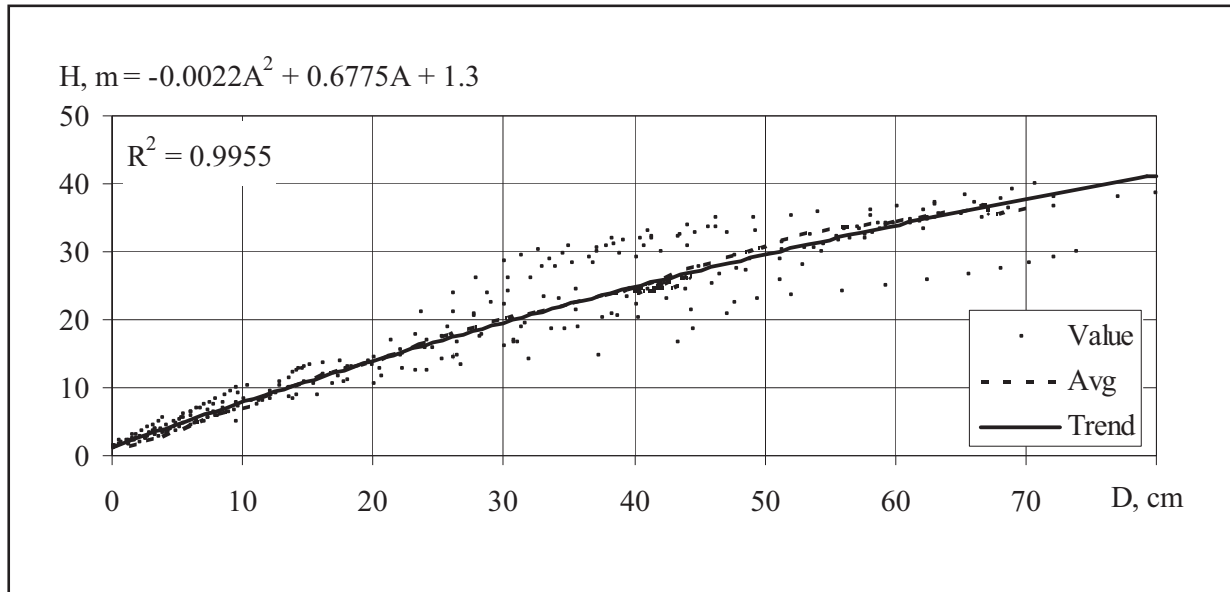
**Рис. 70.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 70.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Abies alba* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



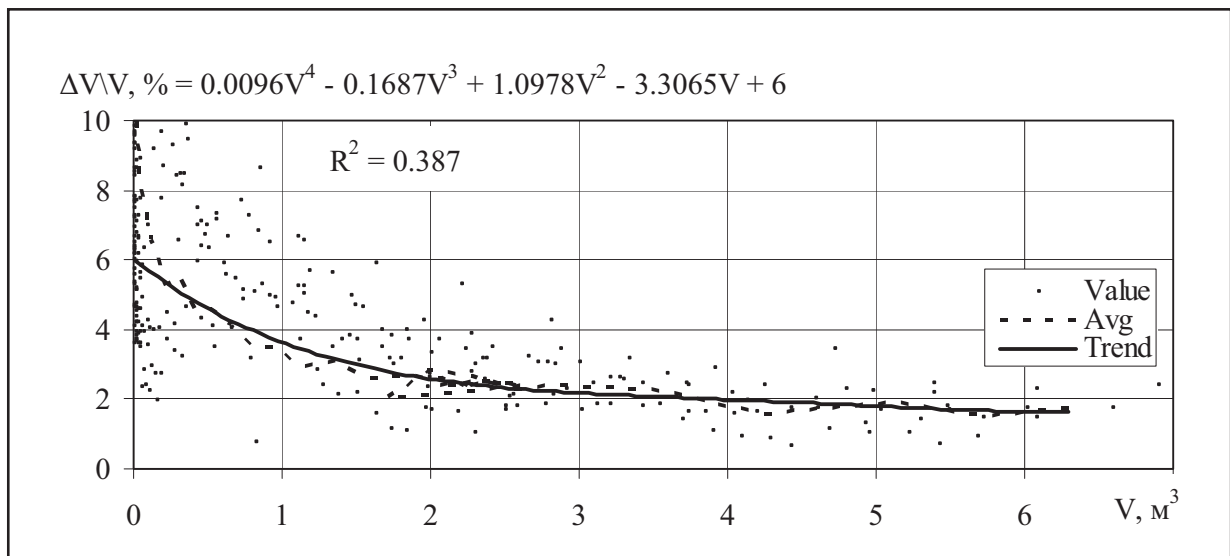
**Рис. 71.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 71.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Abies alba* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 72.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 72.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Abies alba* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 73.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 73.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Abies alba* model trees trunks, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 24). У середньому цей показник становить 0,491.

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 24). On average, this index is 0.491.



Таблиця 24

Table 24

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:**

**"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;**

**"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Abies alba* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:**

**"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

$\begin{matrix} H \\ D \end{matrix}$	8	12	16	20	24	26	28	30	32	34	36	38	40	f <sub>d</sub>
8	0.626													0.623
12	0.615	0.572												0.601
16	0.604	0.562	0.537											0.580
20	0.594	0.553	0.528	0.516										0.561
24		0.544	0.519	0.507	0.503									0.543
28		0.535	0.511	0.499	0.496	0.496								0.526
32			0.504	0.492	0.488	0.488	0.489							0.510
36			0.497	0.485	0.481	0.481	0.482	0.483						0.496
40			0.490	0.479	0.475	0.475	0.476	0.477	0.478					0.483
44			0.484	0.473	0.469	0.469	0.470	0.471	0.472	0.473				0.471
48			0.479	0.467	0.464	0.464	0.465	0.466	0.467	0.468	0.468			0.461
52					0.459	0.459	0.460	0.461	0.462	0.463	0.464	0.464	0.463	0.451
56					0.455	0.455	0.456	0.457	0.458	0.459	0.459	0.459	0.459	0.443
60						0.451	0.452	0.453	0.454	0.455	0.456	0.456	0.455	0.436
64						0.448	0.449	0.450	0.451	0.452	0.453	0.453	0.452	0.430
68							0.447	0.448	0.449	0.450	0.450	0.450	0.450	0.426
72							0.445	0.446	0.447	0.448	0.448	0.448	0.448	0.422
76										0.446	0.446	0.446	0.446	0.419
80												0.445	0.445	0.416
f <sub>h</sub>	0.628	0.545	0.497	0.474	0.467	0.467	0.469	0.471	0.473	0.475	0.476	0.476	0.475	0.491

**В'яз голий**

Дослідження були зосереджені на землях Поляницького лісництва Державного підприємства "Болексівське лісове господарство", Собольського лісництва Державного підприємства "Вигодське лісове господарство" та Осмолодського лісництва Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 25 та на рис. 74. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 75–77. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 78.

***Ulmus glabra* Huds.**

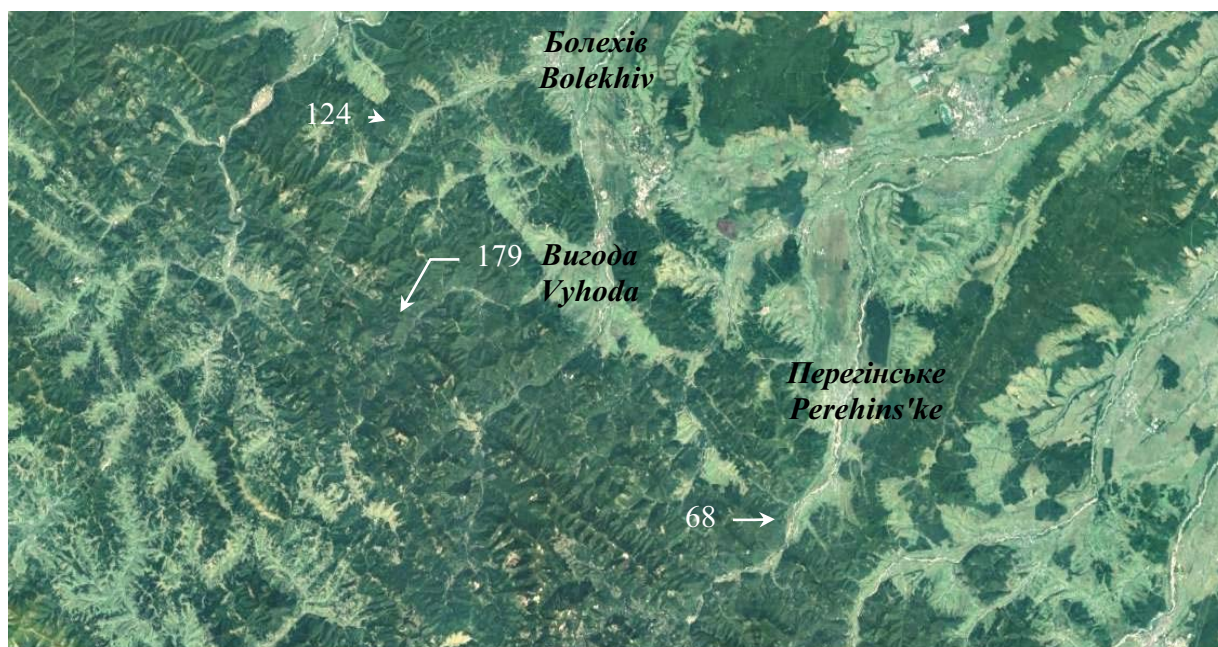
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Sobol' Forestry of Vygod State Enterprise of Forestry Management and Osmoloda Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 25 and in Figure 74. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 75–77. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 78.

Таблиця 25

Table 25

**Модельні дерева в'яза голого, що росли на Передкарпатській височині**  
**Model trees of *Ulmus glabra* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
				A	H	D	V
68	48.66607	24.02577	715	84	30.0	57.8	3.67
124	49.01179	23.63495	759	70	27.4	44.2	1.82
179	48.87729	23.69708	662	63	18.5	24.0	0.36



**Рис. 74.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів,  
де було взято модельні дерева в'яза голого

**Fig. 74.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids,  
where model trees of *Ulmus glabra* were taken





Гігантські дерева ялиці білої подекуди трапляються у лісах низькогір'я Східних Бескидів  
Giant *Abies alba* trees sometimes occur in the forests of the lowmountains in the Eastern Beskids

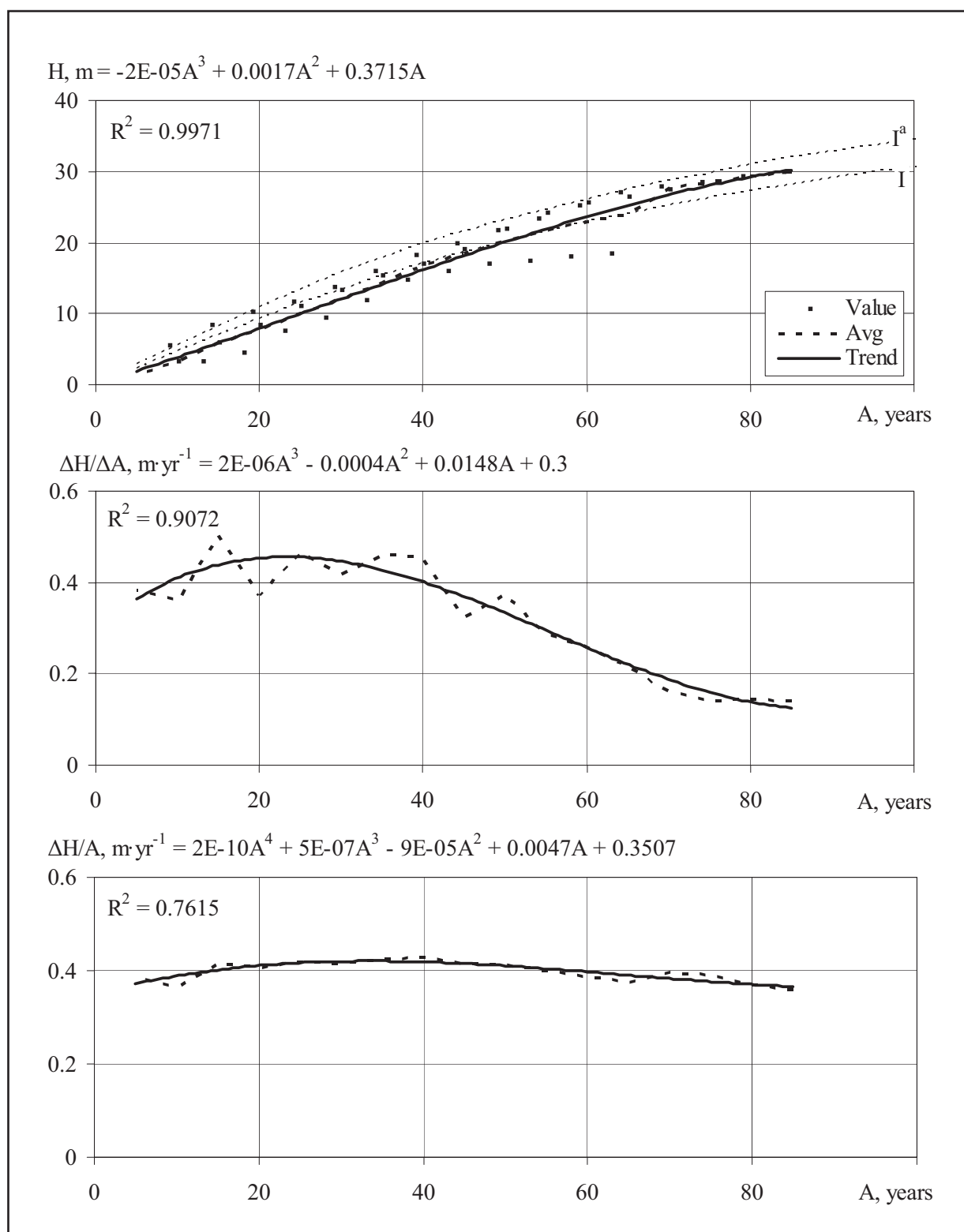




Оліготрофні старовікові деревостани бука лісового, що ростуть на піщаних ґрунтах  
у низькогір'ї Східних Бескидів

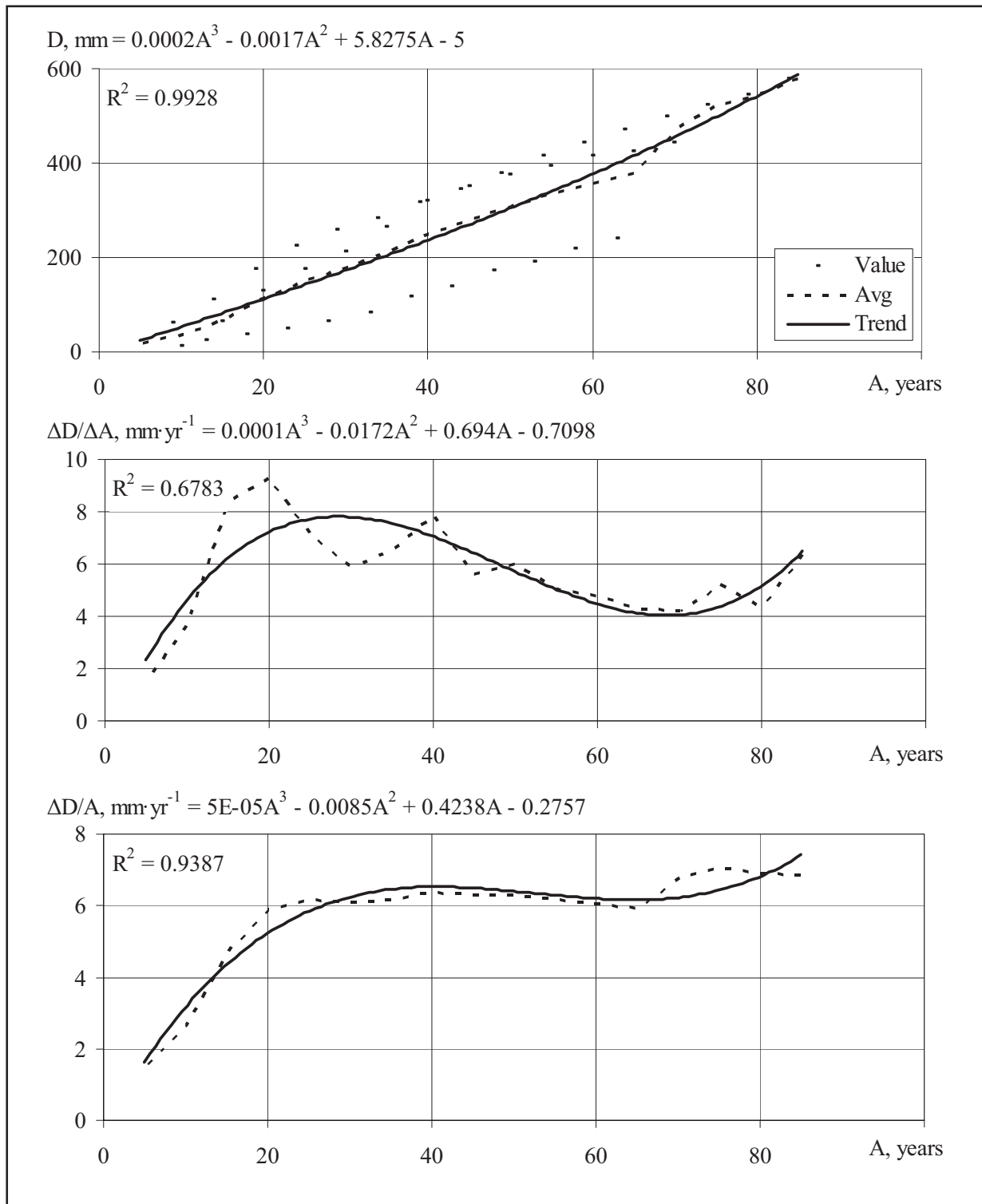
Oligotrophic old-aged forest stands of *Fagus sylvatica* growing on sandy soils  
of the Eastern Beskids low-mountains





**Рис. 75.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "173" – фактичні значення найстаршого модельного дерева; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; " $I^a$ " і " $I$ " – лінії класів бонітету

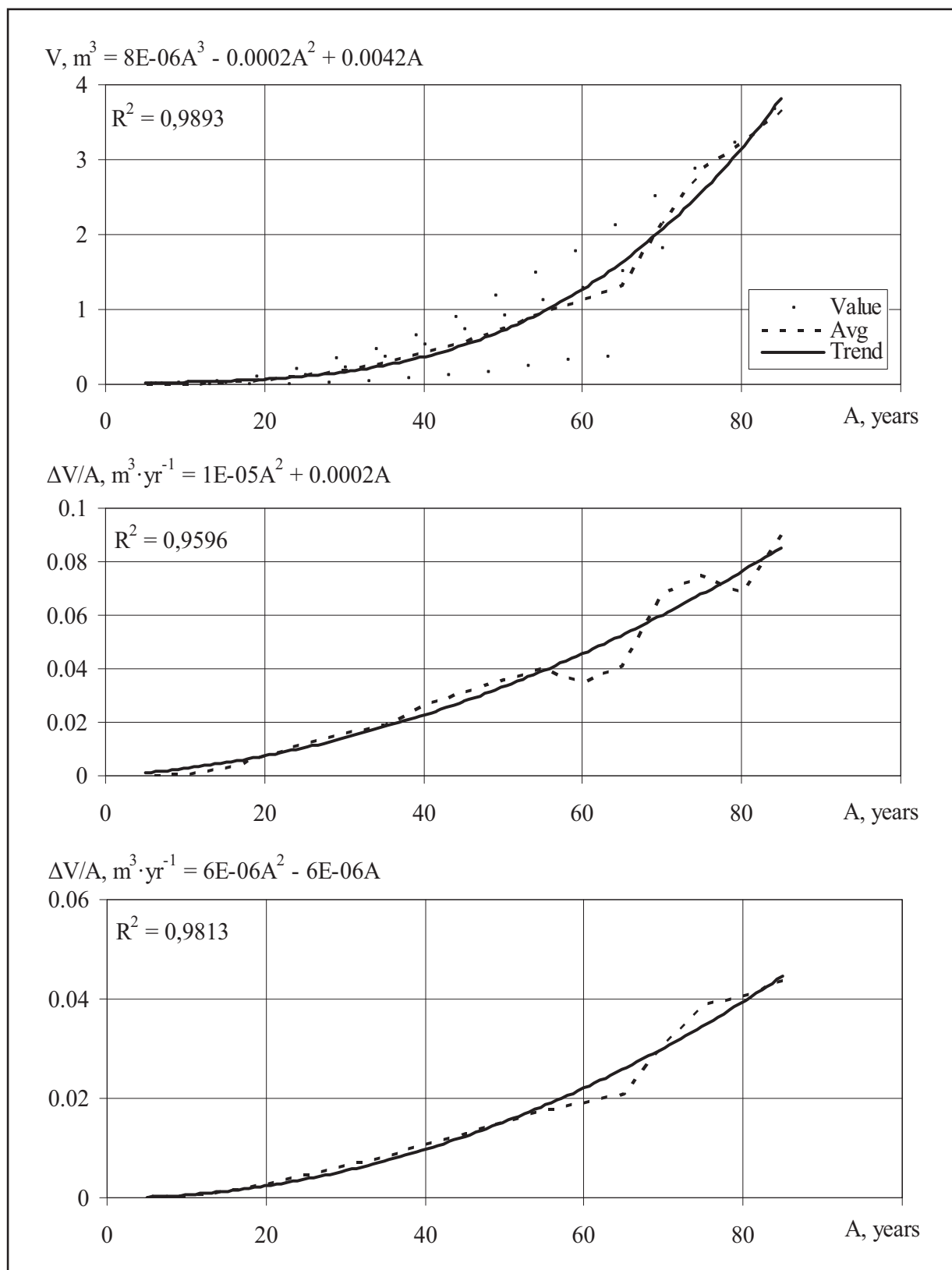
**Fig. 75.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Ulmus glabra* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; " $I^a$ " and " $I$ " – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 76.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

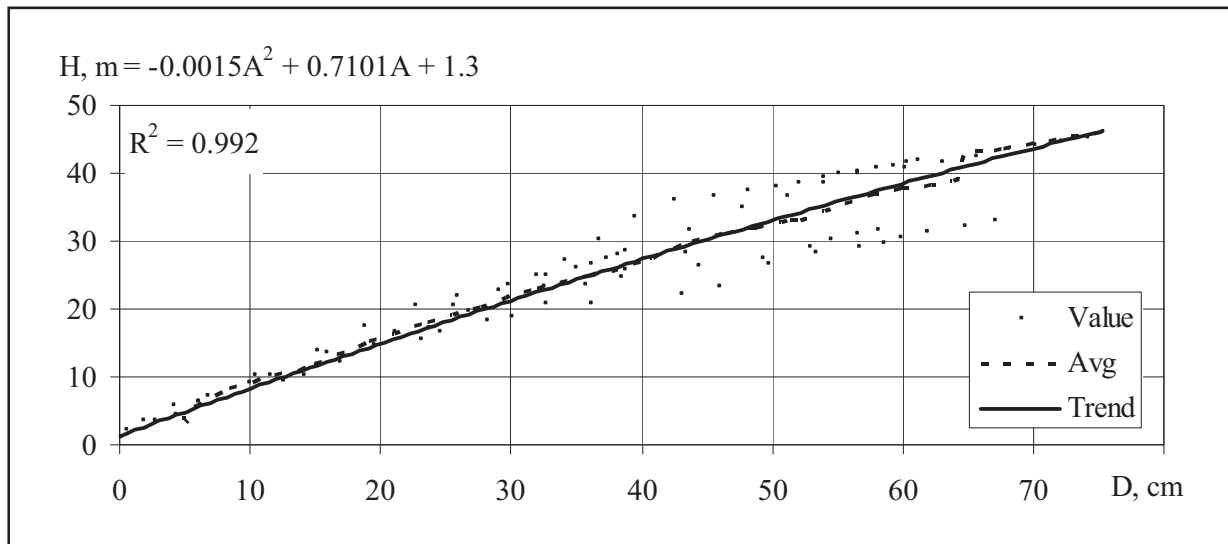
**Fig. 76.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Ulmus glabra* model trees, which in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 77.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 77.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Ulmus glabra* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 78.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 78.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Ulmus glabra* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам I–I<sup>a</sup> бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 20 м, а у 80 років – 24 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 30 см і 54 см, а об'єм – приблизно 0,7 м<sup>3</sup> і трохи більше ніж 3 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 10–40 років і становив більше ніж 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 6 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 15–45 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,08 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев понад 80 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Середній приріст за об'ємом стовбурної деревини досягнув максимуму, 0,04 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, також лише у віці дерев понад 80 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1 м<sup>3</sup> він не перевищує 3,5 %, а більше 3 м<sup>3</sup> – понад 2 %. Це характерно для дерев в'яза голого у віці 80 років (рис. 77 і 79).

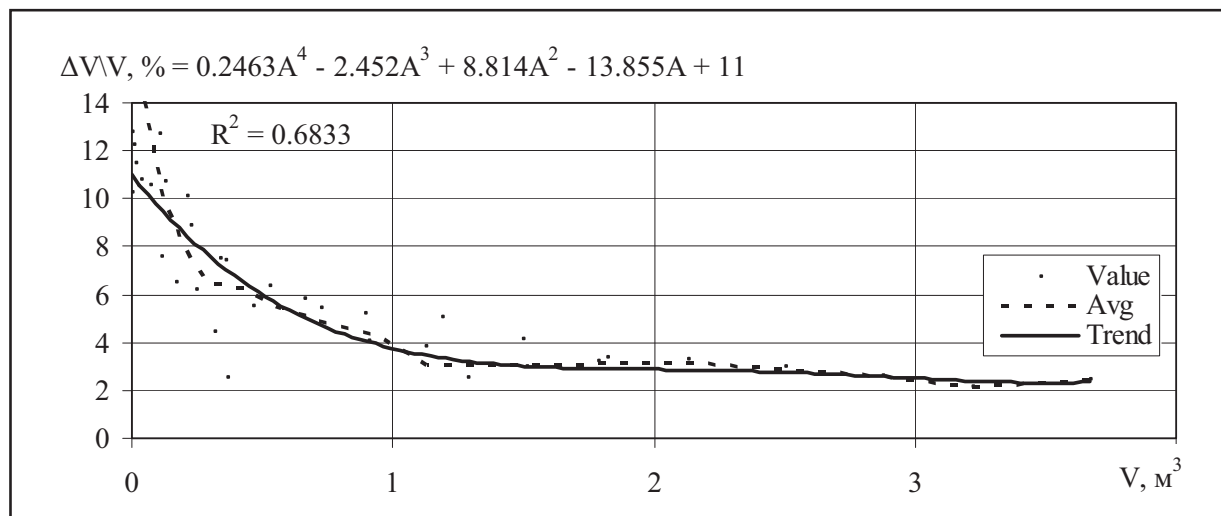
Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видо-

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the I–I<sup>a</sup> bonitet. At the age of 50 years, their height reached 20 m, and in 100 years – 24 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 30 cm and – 54 cm, and the volume – approximately 0.7 m<sup>3</sup> and slightly more than 3 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 10–40 years and was more than 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 6 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 15–45 years, and in the volume of trunks wood (more than 0.02 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>) was found at the age of trees more than over 80 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. The average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.04 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> also only at the age of the trees over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, that in the volume of trunks of more than 1 m<sup>3</sup> he does not exceed 3.5 %, and more than 3 m<sup>3</sup> – more than 2 %. This is characteristic of *Ulmus glabra* trees at the age of 80 years (Figures 77 and 79).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor

вих чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 26). У середньому цей показник становить 0,457.

depending on the height and the thickness of the trunks (Table 26). On average, this index is 0.457.



**Рис. 79.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 79.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Ulmus glabra* model trees trunks, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 26

Table 26

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев в'яза голого, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Ulmus glabra* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:**

"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

H D	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	f <sub>d</sub>
8	0.542												0.545
12	0.520	0.502	0.488										0.503
16	0.504	0.486	0.472	0.462									0.472
20	0.493	0.475	0.462	0.452	0.445								0.451
24		0.468	0.455	0.445	0.438	0.434							0.437
28			0.451	0.441	0.434	0.431	0.430						0.430
32				0.440	0.433	0.430	0.429	0.430					0.428
36					0.434	0.431	0.430	0.430	0.433				0.429
40						0.433	0.432	0.433	0.435	0.438			0.434
44						0.436	0.435	0.436	0.438	0.441	0.445		0.440
48						0.439	0.438	0.439	0.442	0.445	0.449		0.447
52							0.442	0.443	0.445	0.449	0.452	0.456	0.454
56							0.445	0.446	0.448	0.452	0.456	0.460	0.461
f <sub>h</sub>	0.539	0.501	0.473	0.452	0.439	0.432	0.430	0.432	0.436	0.443	0.451	0.458	0.457



**Клен несправжньооплатановий (явір)*****Acer pseudoplatanus* L**

Дослідження були зосереджені на землях Поляницького лісництва Державного підприємства "Болахівське лісове господарство", Собольського лісництва Державного підприємства "Вигодське лісове господарство", Ангелівського та Бистрецького лісництв Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство" і Поляницького лісництва Державного підприємства "Ворохтянське лісове господарство". Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 27 та на рис. 80. Узагальнені біометричні показники ходу росту цих дерев наведені на рис. 81–83. Усереднена залежність їх висоти від товщини показана на рис. 84.

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management, of Sobol' Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management, Angeliv Forestry and Bystryk Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management and of Polyanytsya Forestry of Vorokhta State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 27 and in Figure 80. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 81–83. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 84.

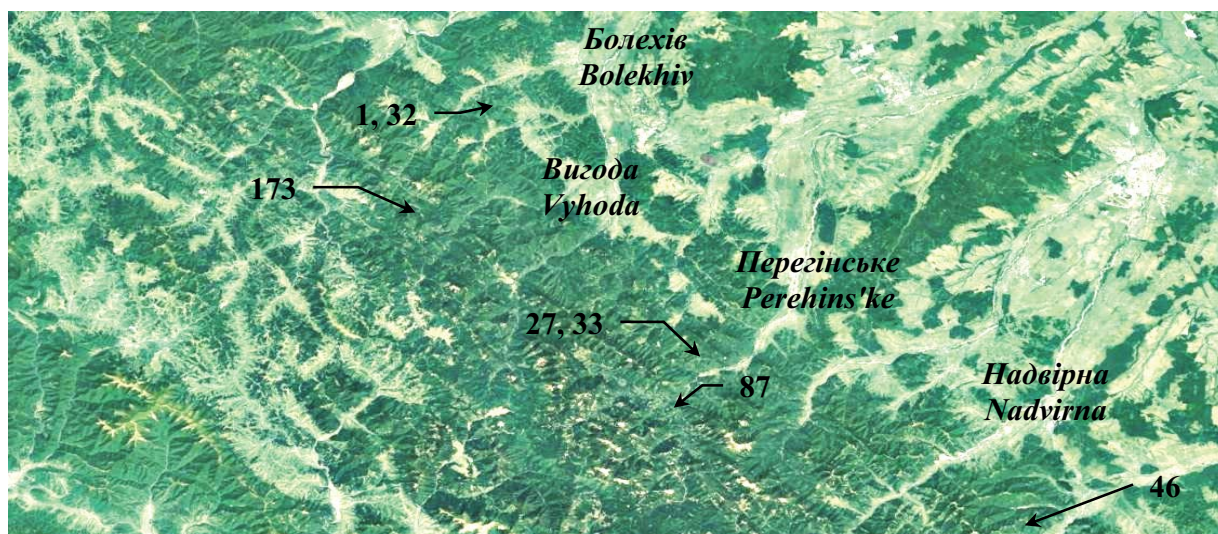
Таблиця 27

Table 27

**Модельні дерева клена несправжньооплатанового,  
що росли на Передкарпатській височині**

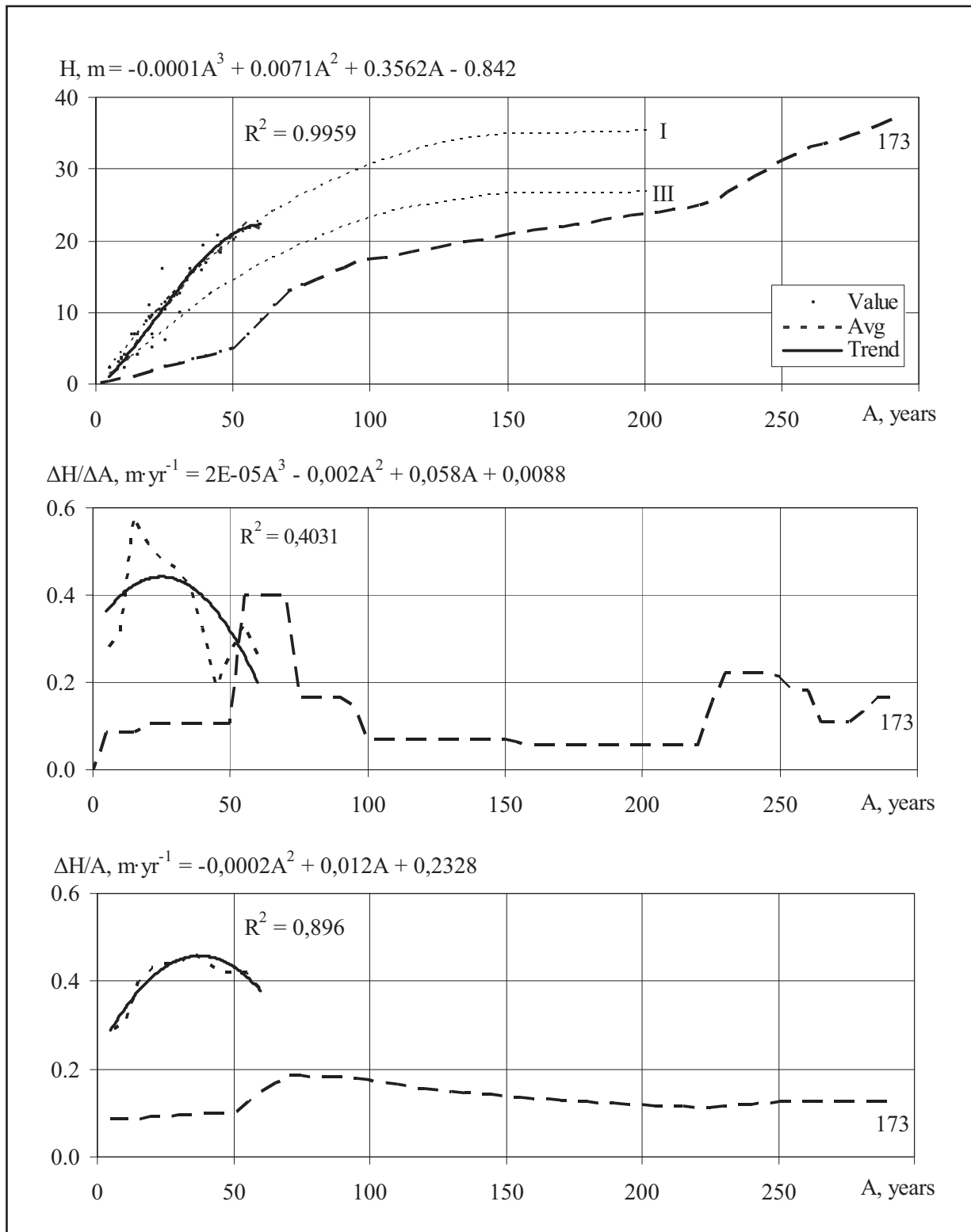
**Model trees of *Acer pseudoplatanus* that grew on the Carpathian Foothills**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
1	49.016864	23.744022	700	38	15,8	15,2	0,136
27	48.669367	24.027272	750	56	21,8	20,2	0,34
32	49.02120	23.73598	600	30	10	7,8	0,02
33	48.668194	24.030070	730	45	16,2	16,2	0,13
46	48.352240	24.418540	990	54	24,3	19,6	0,41
87	48.624412	24.035398	995	49	20	24,8	0,34
173	48.859860	23.613050	985	290	37	63,2	4,86



**Рис. 80.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева клена несправжньооплатанового

**Fig. 80.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where model trees of *Acer pseudoplatanus* were taken



**Рис. 81.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту молодих модельних дерев клена несправжньою платанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:

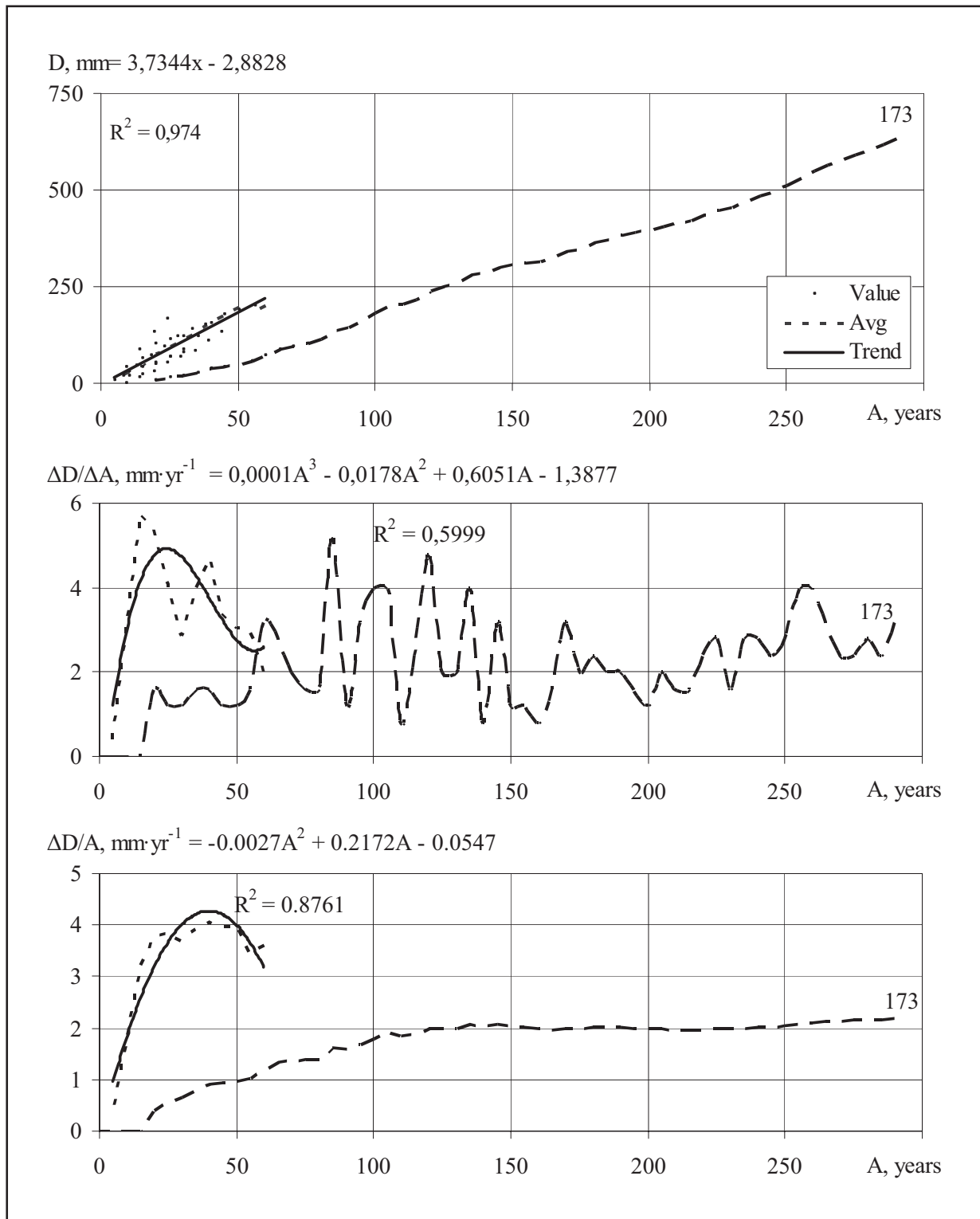
"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду;

"173" – лінія фактичних значень найстаршого дерева; "I" і "III" – лінії класів бонітету

**Fig. 81.** The trend of growth, the current and average increments in the height of young *Acer pseudoplatanus* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:

"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line;

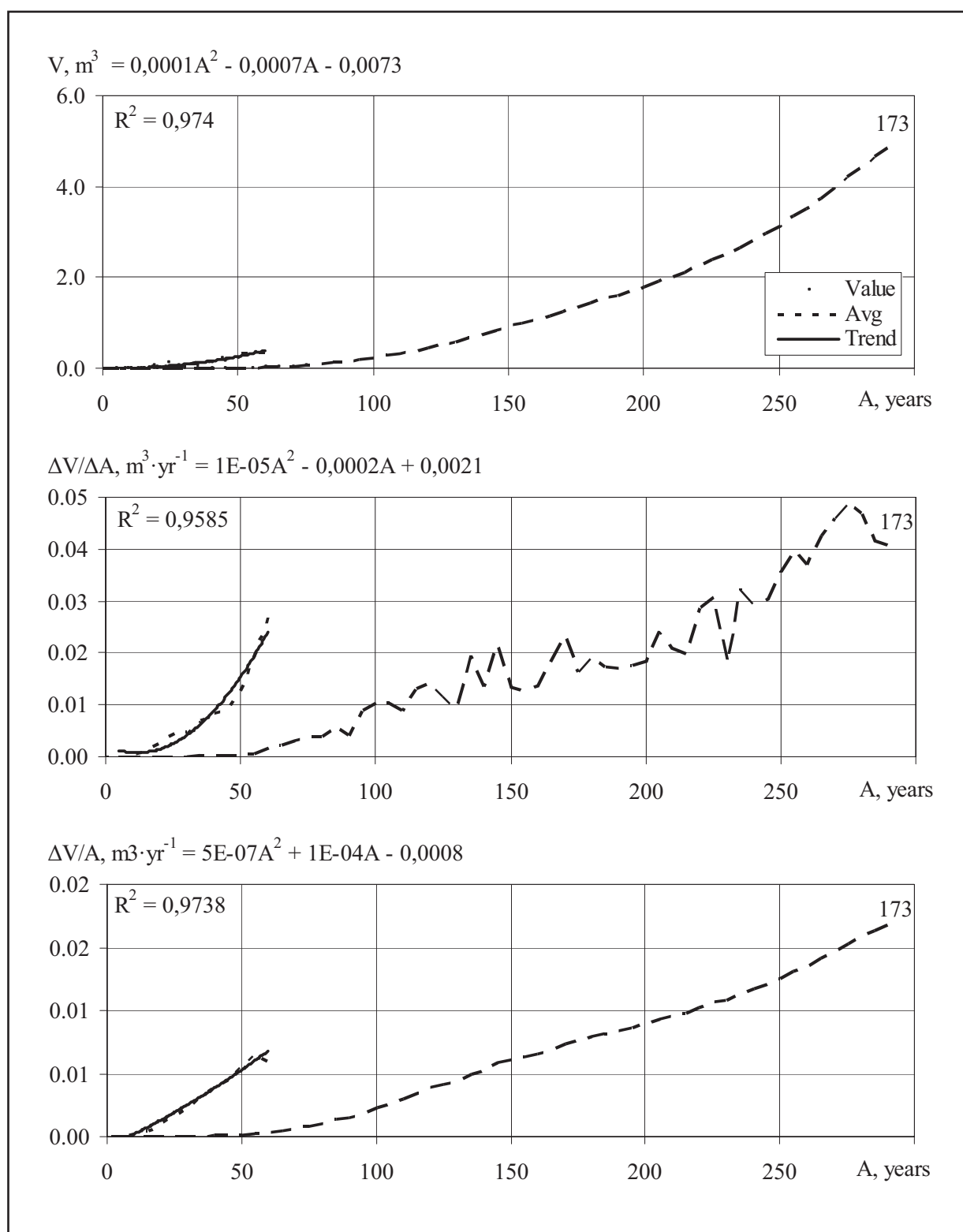
"173" – line of actual values of the oldest tree; "I" and "III" – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 82.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром молодих модельних дерев клена несправжньоплатанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:  
 "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;  
 "Trend" – лінія тренду; "173" – лінія фактичних значень найстаршого дерева

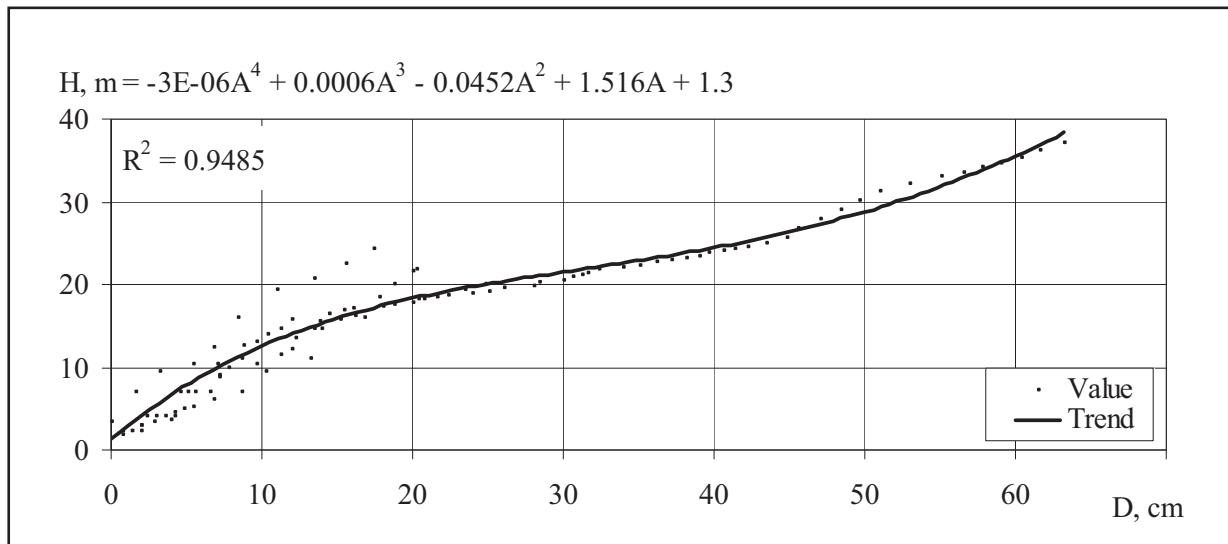
**Fig. 82.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of young *Acer pseudoplatanus* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:  
 "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line;  
 "173" – line of actual values of the oldest tree





**Рис. 83.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів молодих модельних дерев клена несправжньооплатанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "173" – лінія фактичних значень найстаршого дерева

**Fig. 83.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of young *Acer pseudoplatanus* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "173" – line of actual values of the oldest tree



**Рис. 84.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев клена несправжньо-платанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

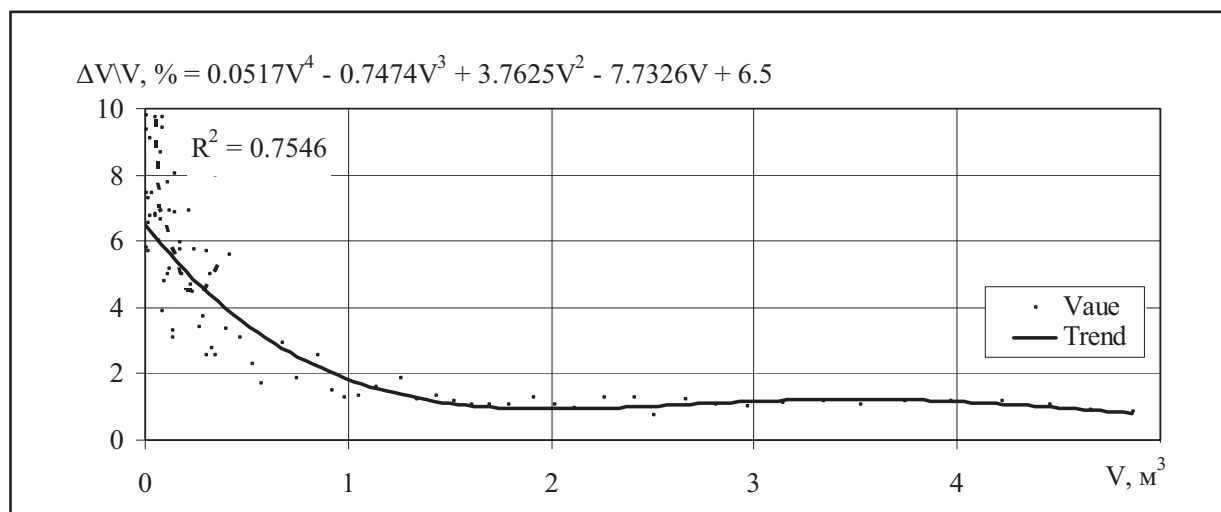
**Fig. 84.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Acer pseudoplatanus* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту молодих дерев у висоту відповідав показникам I бонітету, а старого дерева, "173", – V–III бонітету. У віці 50 років його висота сягала лише 5 м, у 100 років – 17 м, у 200 років – 23 м, а у 290 років – 37 м. Відповідно, товщина стовбурів молодих дерев сягала у віці 50 років 20 см, а старого дерева лише 5 см. Товщина стовбура старого дерева у віці 100 років становила 17 см, у 200 років – 40 см, а у 290 років – 63 см. Подібні тенденції виявлено і за об'ємом стовбурів. Середній максимальний об'єм молодих дерев не перевищував  $0,34 \text{ м}^3$ , а старого дерева становив у віці 100 років лише  $0,23 \text{ м}^3$ , у 200 років –  $1,8 \text{ м}^3$ , а у 290 – майже  $4,9 \text{ м}^3$ .

Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів молодих дерев був у віці 15–30 років і становив приблизно  $0,4 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Такий самий показник було виявлено і у старого дерева у віці 55–70 років. Максимальний поточний приріст за об'ємом у молодих дерев було виявлено у віці 60 років. Він становив майже  $0,03 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . У старого дерева цей показник був більшим  $0,04 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  лише у віці 260–290 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1,0 \text{ м}^3$  він не перевищує 2%, а при об'ємі 2–4  $\text{м}^3$  становить лише 1% (рис. 85).

In general, the average growth rate of the young trees in height was corresponded to indicators of the I bonitet and old tree, "173", – the V–III bonitet. At the age of 50 years, its height reached only 5 m, in 100 years – 17 m, in 200 years – 23 m, and in 290 years – 37 m. Accordingly, the thickness of the trunks of young trees of age 50 years reached of 20 cm, and the old tree was only 5 cm. The thickness of the trunk of the old tree at the age of 100 years was 17 cm, in 200 years – 40 cm, and in 290 years – 63 cm. Similar trends are also found in the volume of trunks. The average maximum volume of young trees exceeded  $0.34 \text{ м}^3$ , while the old tree was only  $0.23 \text{ м}^3$  in the age of 100 years,  $1.8 \text{ м}^3$  in 200 years, and in the 290 years – almost  $4.9 \text{ м}^3$ .

The highest averaged current increment in height of trunks of young trees was at the age of 15–30 years and was approximately  $0.4 \text{ м} \cdot \text{yr}^{-1}$ . The same indicator was found in the old tree at the age of 55–70 years. The maximum current growth in volume in young trees was detected at the age of 60 years. It was almost  $0.03 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ . In the old tree, this indicator was greater than  $0.04 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of 260–290 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks of more than  $1 \text{ м}^3$ , it does not exceed 2%, and at a volume of 2–4  $\text{м}^3$  it is only 1%. (Figure 85).



**Рис. 85.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев клена несправжньою платанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 85.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Acer pseudoplatanus* model trees trunks, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 28  
Table 28

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев клена несправжньою платанового, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Acer pseudoplatanus* model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "fd" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "fh" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	22	24	26	28	30	32	34	36	f <sub>d</sub>
8	0.600	0.598	0.596										0.666
12		0.590	0.588	0.586									0.650
16			0.580	0.578	0.577	0.576							0.633
20			0.573	0.571	0.569	0.568							0.616
24				0.563	0.562	0.561							0.599
28				0.555	0.554	0.553							0.582
32				0.547	0.546	0.545							0.566
36				0.539	0.537	0.536							0.549
40					0.529	0.528	0.527						0.532
44						0.520	0.519	0.518					0.515
48							0.510	0.509	0.508				0.498
52								0.501	0.500	0.499			0.482
56									0.491	0.490	0.489		0.465
60										0.481	0.480	0.479	0.448
64											0.471	0.470	0.431
F <sub>h</sub>	0.540	0.536	0.532	0.528	0.526	0.524	0.522	0.520	0.518	0.516	0.514	0.512	0.537

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 28). У середньому цей показник становить 0,537.

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 28). On average, this index is 0.537.



### Модрина європейська і модрина польська

Дослідження були зосереджені на землях Полянського лісництва Державного підприємства “Болехівське лісове господарство і Осмолодського лісництва Державного підприємства “Осмолоське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 29 та на рис. 86. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 87–89. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 90.

### *Larix decidua* Mill. and *Larix polonica* Racib.

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Polyanytsya Forestry of Bolechiv State Enterprise of Forestry Management and Perehinsk Forestry and Slywky Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 29 and in Figure 86. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 87–89. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 90.

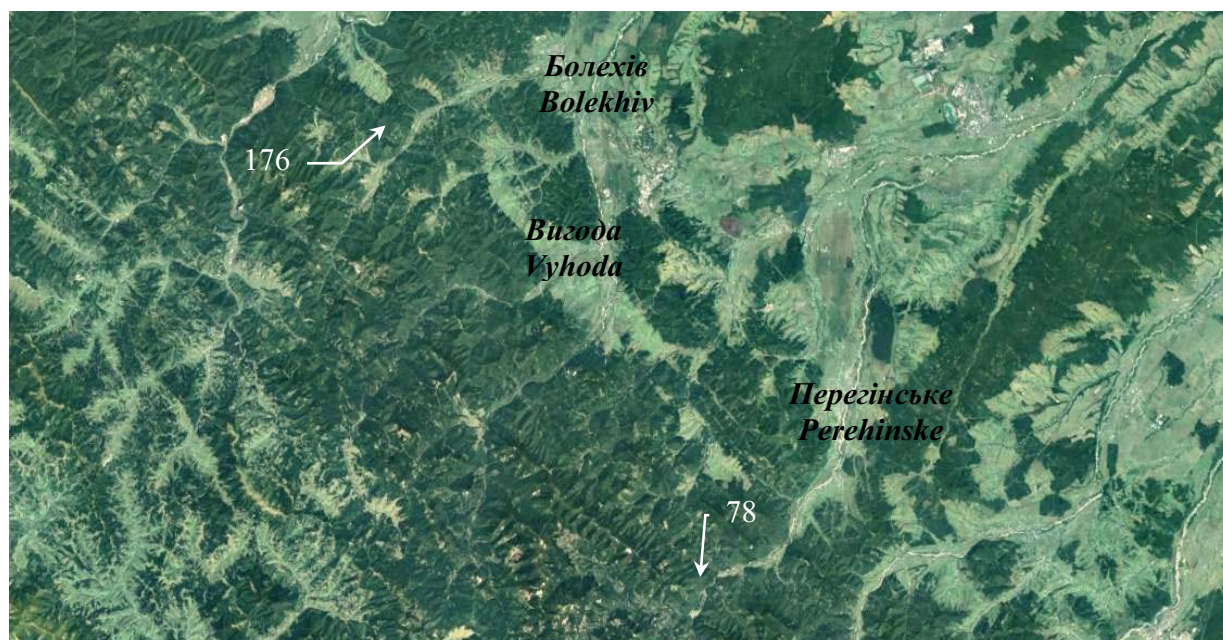
Таблиця 29

Table 29

### Модельні дерева модрини європейської та модрини польської, що росли на Передкарпатській височині

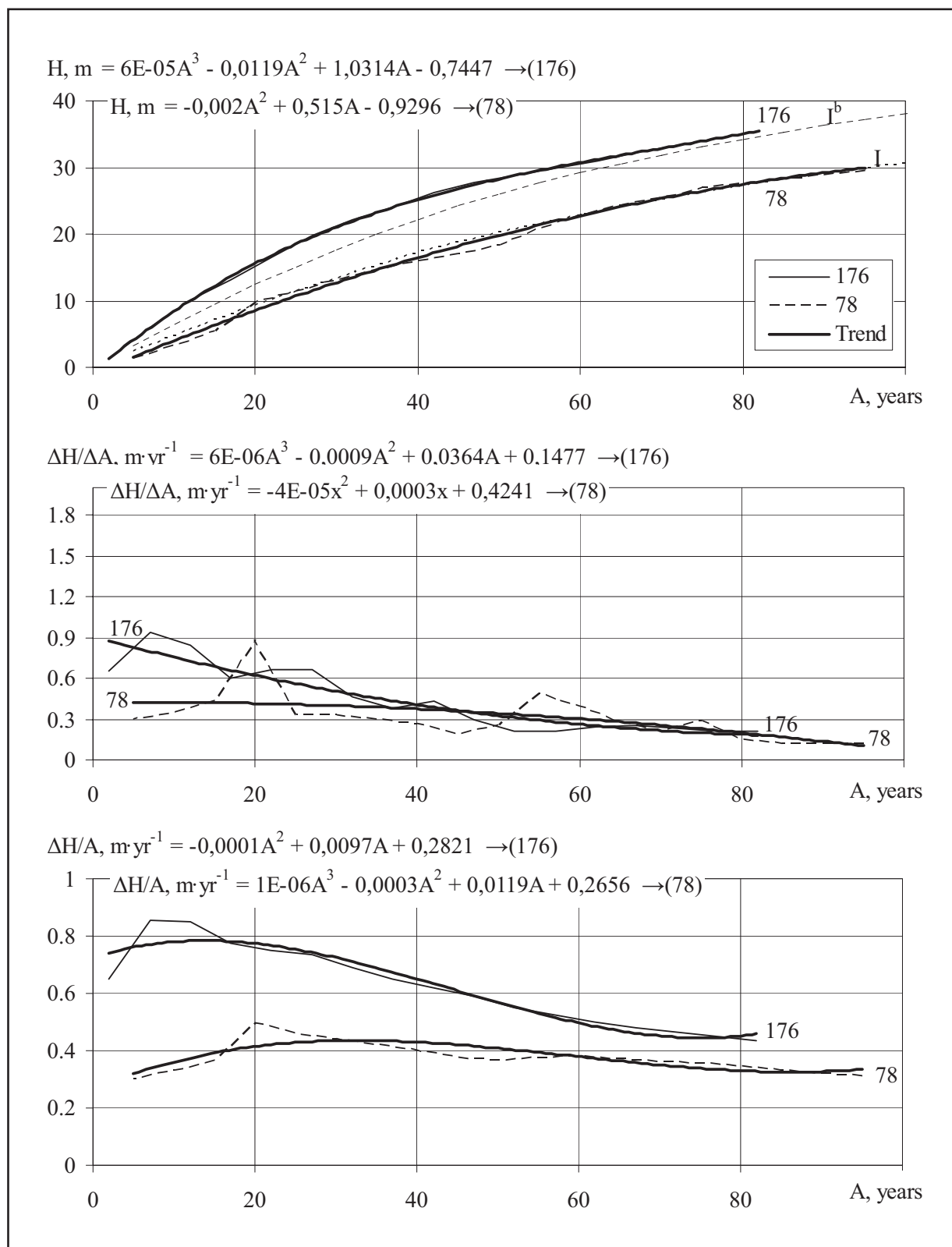
### Model trees of *Larix decidua* and *Larix polonica* that grew on the Carpathian Foothills

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
78 – модрина польська	48.66376	24.00863	1015	95	29.7	49.4	2.56
176 – модрина європейська	49.00701	23.67532	586	82	35.5	75.6	6.3



**Рис. 86.** Місця у низькогір'ї Східних Бескидів, де було взято модельні дерева модрини європейської та модрини польської

**Fig. 86.** The places in the lowmountains of the Eastern Beskids, where *Larix decidua* and *Larix polonica* model trees were taken

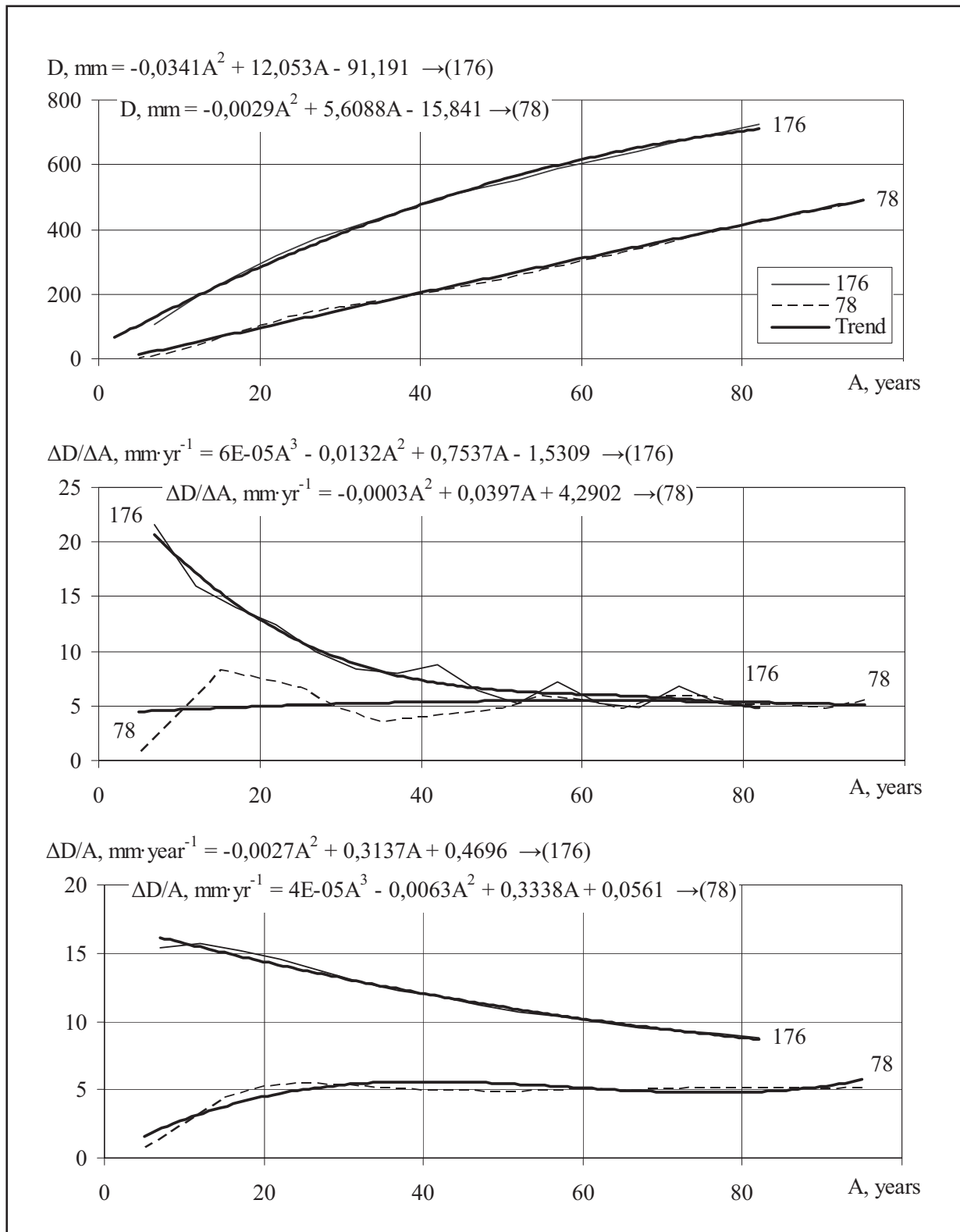


**Рис. 87.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев модрина європейської (176) та модрина польської (78), які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:

"176" і "78" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду; I і I<sup>b</sup> – лінії класів бонітету

**Fig. 87.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:

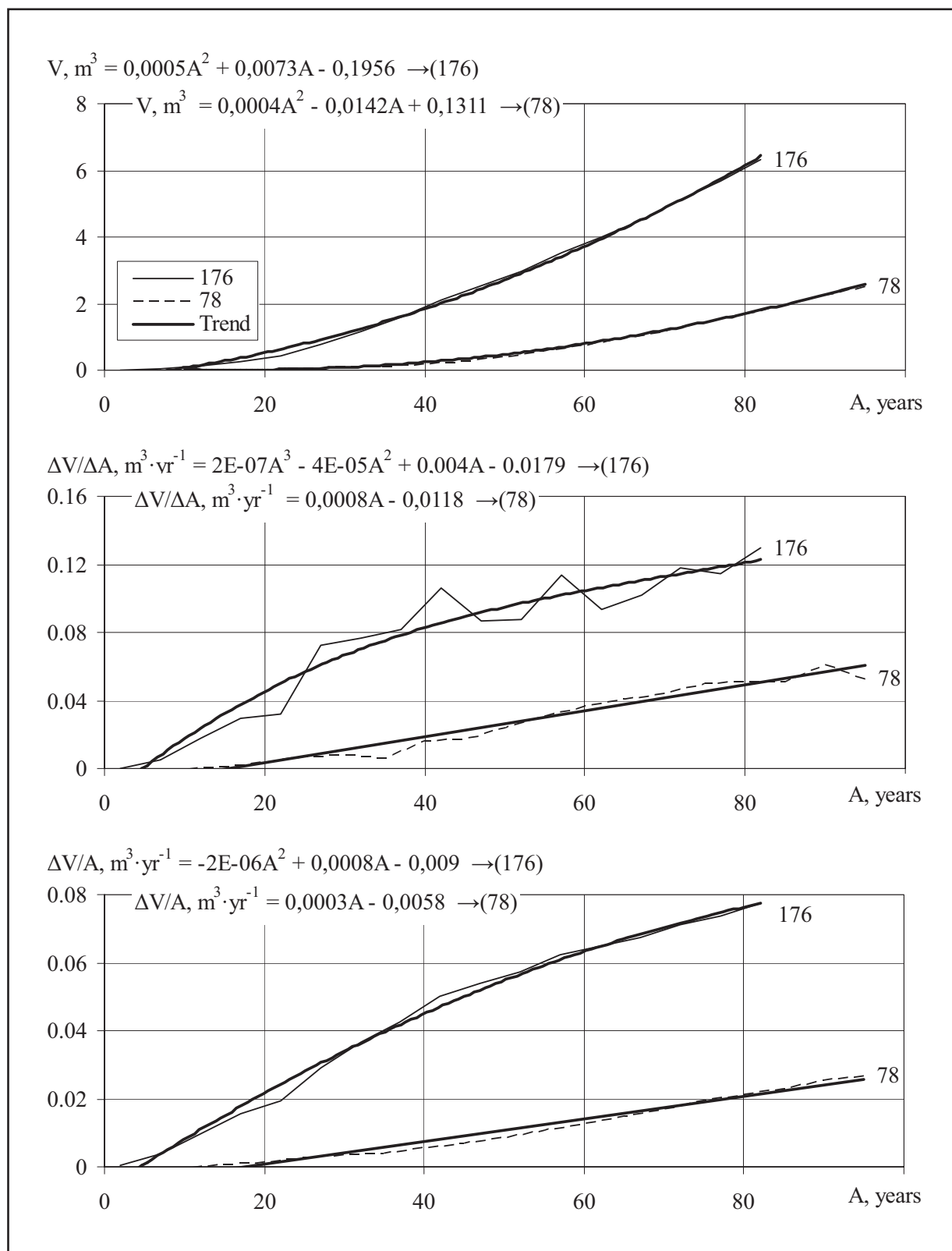
"176" and "78" – actual values; "Trend" – trend line; I and I<sup>b</sup> – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 88.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев модрини європейської (176) та модрини польської (78), які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "176" і "78" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду

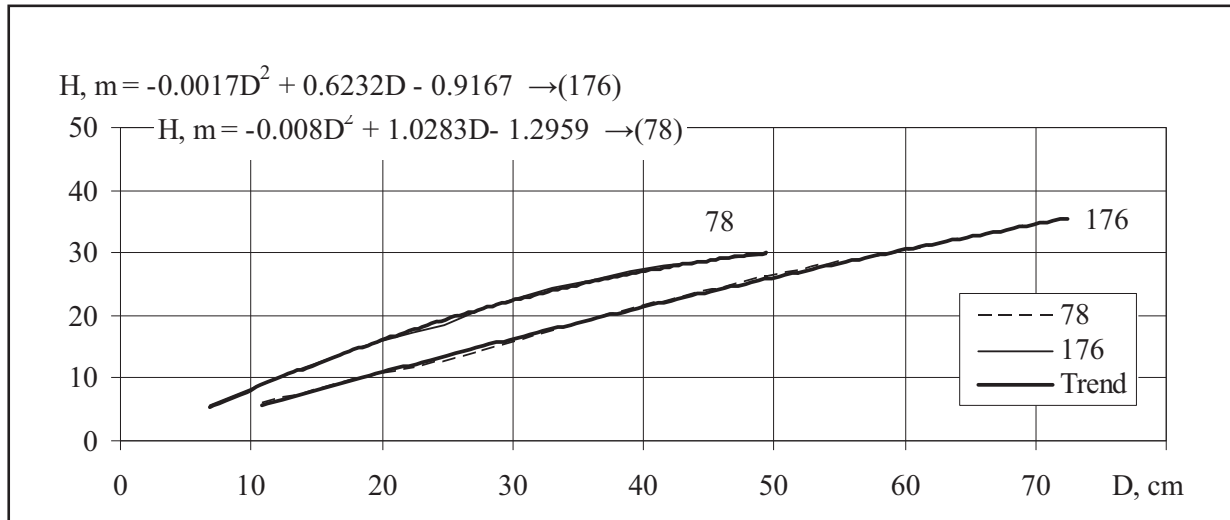
**Fig. 88.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "176" and "78" – actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 89.** Хід росту, поточний та середній прирости за об'ємом стовбурів модельних дерев модрина європейської (176) та модрина польської (78), які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "176" і "78" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 89.** The trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "176" and "78" – actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 90.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев модрина європейської (176) та модрина польської (78), які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:

"176" і "78" – фактичні значення; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 90.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids:

"176" and "78" – actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту у висоту дерев модрина європейської відповідав показникам I<sup>b</sup> бонітету, а модрина польської – I бонітету. У віці 50 років модрина європейська сягала висоти 28 м, а модрина польська – 20 м. У 80 років висота цих дерев, відповідно, була 35 м і 28 м. Товщина стовбура модрина європейської у 50 років сягала 55 см, у 80 років – 72 см, а модрина польської – лише 25 і 42 см. Відповідно, об'єм стовбура модрина європейської у цьому віці становив 2,3 та 6 м<sup>3</sup>, а модрина польської – 0,4 та 1,7 м<sup>3</sup>. Усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев загалом носив спадну тенденцію: у віці 50 років становив 0,4 м·рік<sup>-1</sup>, а у 80 років не перевищував 0,2 м·рік<sup>-1</sup>. Інші тенденції показав середній поточний приріст товщини та об'єму стовбурів цих дерев. У молодому віці, до 40 років, у стовбура модрина європейської річний приріст товщини мав спадну тенденцію, від 20 до 7 мм·рік<sup>-1</sup>. У стовбура модрина польської цей біометричний показник упродовж всього часу був досить рівномірний і становив приблизно 5 мм·рік<sup>-1</sup>.

Максимальний поточний приріст об'єму стовбурів виявлено у дерев в обох видів у

In general, the average growth rate in height of the *Larix decidua* tree was consistent with the I<sup>b</sup> bonitet and *Larix polonica* – I bonitet. At the age of 50 years, tree of *Larix decidua* reached a height of 28 m, while the tree *Larix polonica* was 20 m. In 80 years, the height of these trees, respectively, was 35 m and 28 m. The thickness of the *Larix decidua* trunk in 50 years reached of 55 cm, and at 80 years – 72 cm, while of the *Larix polonica* was only 25 and 42 cm. Accordingly, the volume of the *European larch* trunk at this age was 2.3 and 6 m<sup>3</sup>, while the *Polish larch* were 0.4 and 1.7 cubic meters. The average current growth in the height of the trunks of these trees generally was a declining tendency: at the age of 50 years it was 0.4 m·yr<sup>-1</sup>, and in 80 years – did not exceed 0.2 m·yr<sup>-1</sup>. Other trends showed the average current increment in the thickness and the volume of trunks of these trees. At a young age, up to the age of 40 years, the *Larix decidua* trunk had an upward trend of a year-on-year decline, from 20 to 7 mm·yr<sup>-1</sup>. In the trunk of the *Larix polonica*, this biometric index throughout the time was fairly even and was approximately 5 mm·yr<sup>-1</sup>.

The maximum current growth of the volume of the trunks was found in trees of both species

віці понад 80 років. Він становив у випадку модрина європейської  $0.12 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , а для модрина польської – лише  $0.05 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Подібні тенденції було виявлено і для середнього приросту за цими біометричними показниками стовбурів цих дерев.

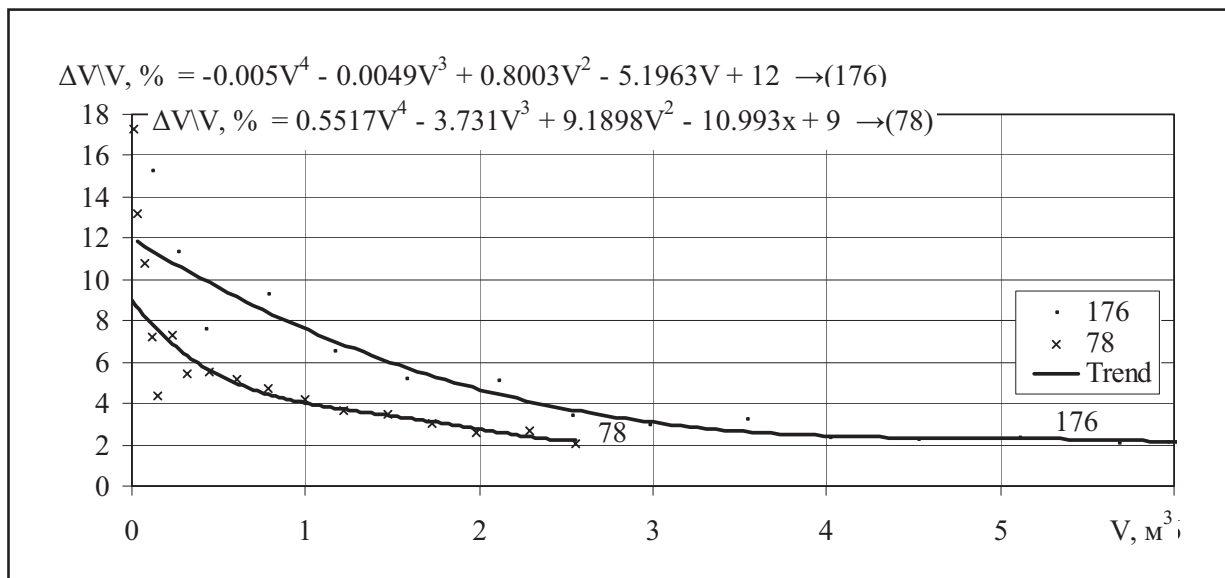
Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбура модрина європейської понад  $1\text{--}6 \text{ м}^3$  становив відповідно  $7.5\text{--}2 \%$ , модрина польської за об'єму  $1\text{--}2.5 \text{ м}^3$  –  $4\text{--}2 \%$  (рис. 91).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 30). У середньому цей показник становить  $0.438$ .

over the age of 80 years. It was in the case of the *Larix decidua* of  $0.12 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , and for the *Larix polonica* – only  $0.05 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ . Similar tendencies were also observed for the average increment in these biometric indices of the trunks of these trees.

The trend of the dependence of the percentage of the current volume Increment on the volume of the trunk of *Larix decidua*  $1\text{--}6 \text{ м}^3$  was respectively  $7.5\text{--}2 \%$ , and the *Larix polonica* for volume  $1\text{--}2.5 \text{ м}^3$  – only  $4\text{--}2 \%$ . (Figure 91).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 30). On average, this index is  $0.438$ .



**Рис. 91.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев модрина європейської (176) та модрина польської (78), які росли у низькогір'ї Східних Бескидів:

"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;

"Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 91.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees trunks, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values;

"Trend" – line of averaged trend



Таблиця 30

Table 30

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев модрина європейської і модрина польської, які росли у низькогір'ї Східних Бескидів: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Larix decidua* (176) and *Larix polonica* (78) model trees, which grew in the lowmountains of the Eastern Beskids: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	22	24	26	28	30	32	34	36	f <sub>d</sub>
8	0.484	0.478											
12	0.473	0.467	0.462	0.458									
16	0.466	0.460	0.456	0.452	0.449								
20		0.457	0.452	0.448	0.445	0.443							
24			0.450	0.447	0.444	0.442	0.440						
28				0.446	0.443	0.441	0.440	0.439					
32				0.446	0.444	0.441	0.440	0.439	0.438				
36					0.444	0.442	0.440	0.439	0.439	0.438			
40					0.444	0.442	0.440	0.439	0.439	0.438	0.438		
44						0.441	0.440	0.439	0.438	0.438	0.438	0.438	
48							0.439	0.438	0.438	0.438	0.437	0.437	0.438
52								0.438	0.437	0.437	0.437	0.437	0.437
56									0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
60										0.435	0.435	0.435	0.435
64											0.434	0.434	0.435
68												0.434	0.434
F <sub>h</sub>	0.484	0.472	0.462	0.455	0.449	0.445	0.442	0.440	0.439	0.438	0.438	0.438	0.438

## Річкові тераси в Ґорґанах

Прирічкові тераси в долинах Ґорґан природно були колись порослі вологолюбною деревною та чагарниковою рослинністю. Зокрема, верболозами з перевагою *Salix aurita* L., *S. cinerea* L., *S. fragilis* L., *S. pentandra* L., *S. rosmarinifolia* L., вільшняками за участю *Alnus incana* (L.) Moench та *A. glutinosa* (L.) Gaertn., а також сосновими та ялиновими лісами.

Дослідження проведено на території Осмолодського та Краснянського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Території концентрації місць росту досліджених модельних дерев показані на рис. 92. Модельні дерева відібрано в межах висоти 440 та 700–710 м н. р. м. Це друга надзаплавна алювіальна тераса ріки Лімниці. Ґрунтові умови: на підвищених формах рельєфу – оліго-мезотрофні та мезо-евтрофні слабокислі суглинкові кам'янисті (*Leptic*, *Eutric* and *Gleyic-Fluvisols*) періодично вологі, сирі та мокрі. У пониженнях рельєфу, в колишніх старицях, вони оліготрофні мокрі торф'яні (*Histosols*).

## River terraces in Gorgany range

The adjoining terraces in the gorgan valleys were naturally once covered with moisture-loving wood and shrub vegetation. In particular, willow bed of the superiority of *Salix aurita* L., *S. cinerea* L., *S. fragilis* L., *S. pentandra* L., *S. rosmarinifolia* L., alder forest with the participation of *Alnus incana* (L.) Moench and *A. glutinosa* (L.) Gaertn., as well as pine and spruce forests.

The researches were focused on the lands of Osmoloda Forestry and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. The areas of the growth sites of the studied model trees are shown in Figure 2. Model trees are selected within the altitude of 440 and 700–710 m a.s.l. This is the second alluvial terrace above floodplain of the Limnytsya River. Soil conditions: on raised forms of relief – oligomesotrophic and meso-eutrophic slightly acidic sandy-loam and loamy (*Leptic*, *Eutric*- and *Gleyic-Cambisols*) periodically mesophile, meso-hygrophile and hygrophile. In the lowering relief, in the former riverbed, they are oligotrophic hygrophile peatycs (*Histosols*).

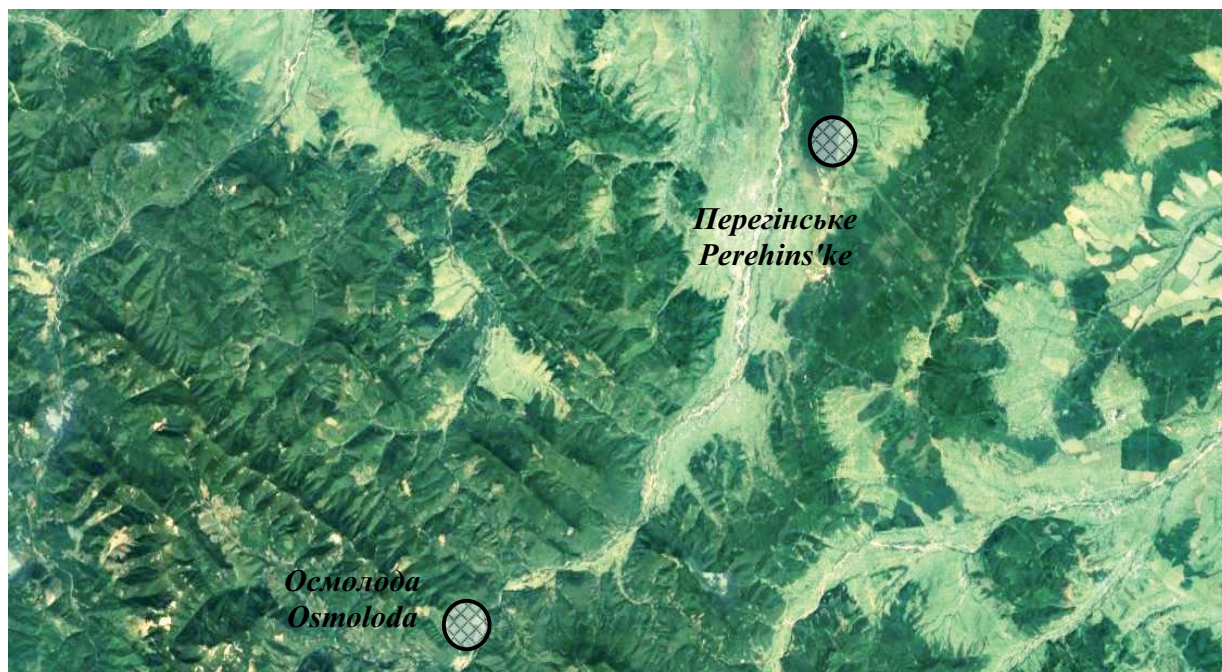


Рис. 92. Місця на річкових терасах у Ґорґанах, де було взято модельні дерева

Fig. 92. The location on the river terraces in Gorgany range, where model trees were taken



**Береза повисла**

Дослідження були зосереджені на землях Осмолодського лісництва Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 31 та на рис. 93. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 94–96. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 97.

***Betula pendula* Roth**

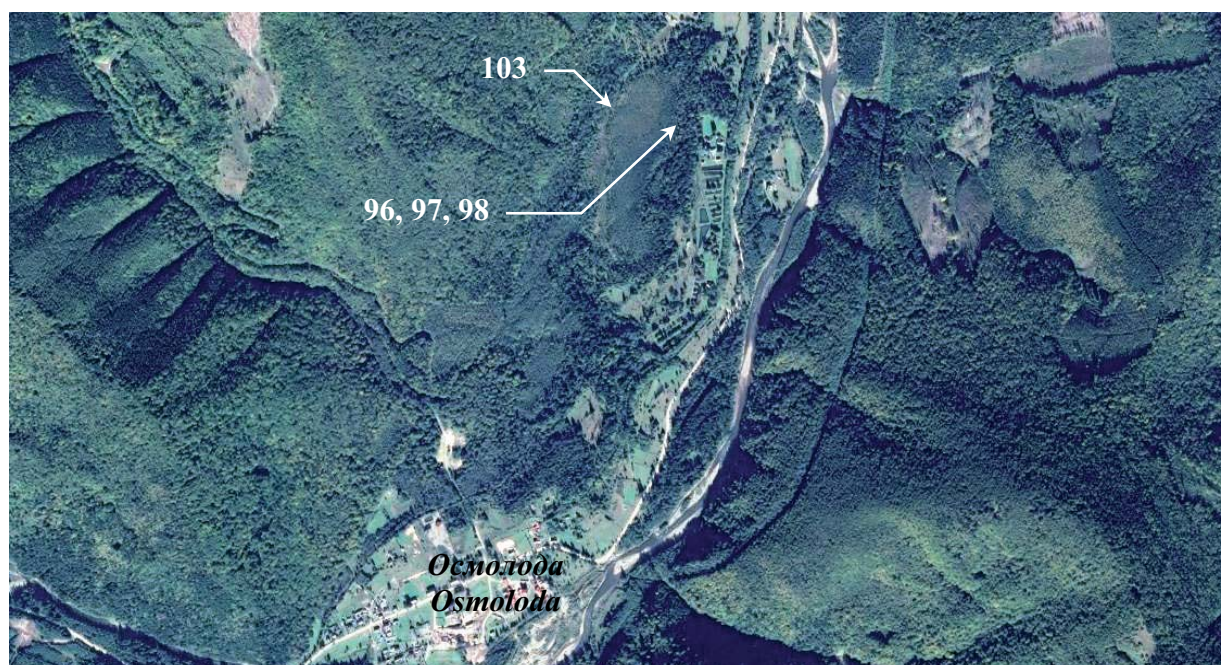
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Osmoloda Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 31 and in Figure 93. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 94–96. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 97.

Таблиця 31

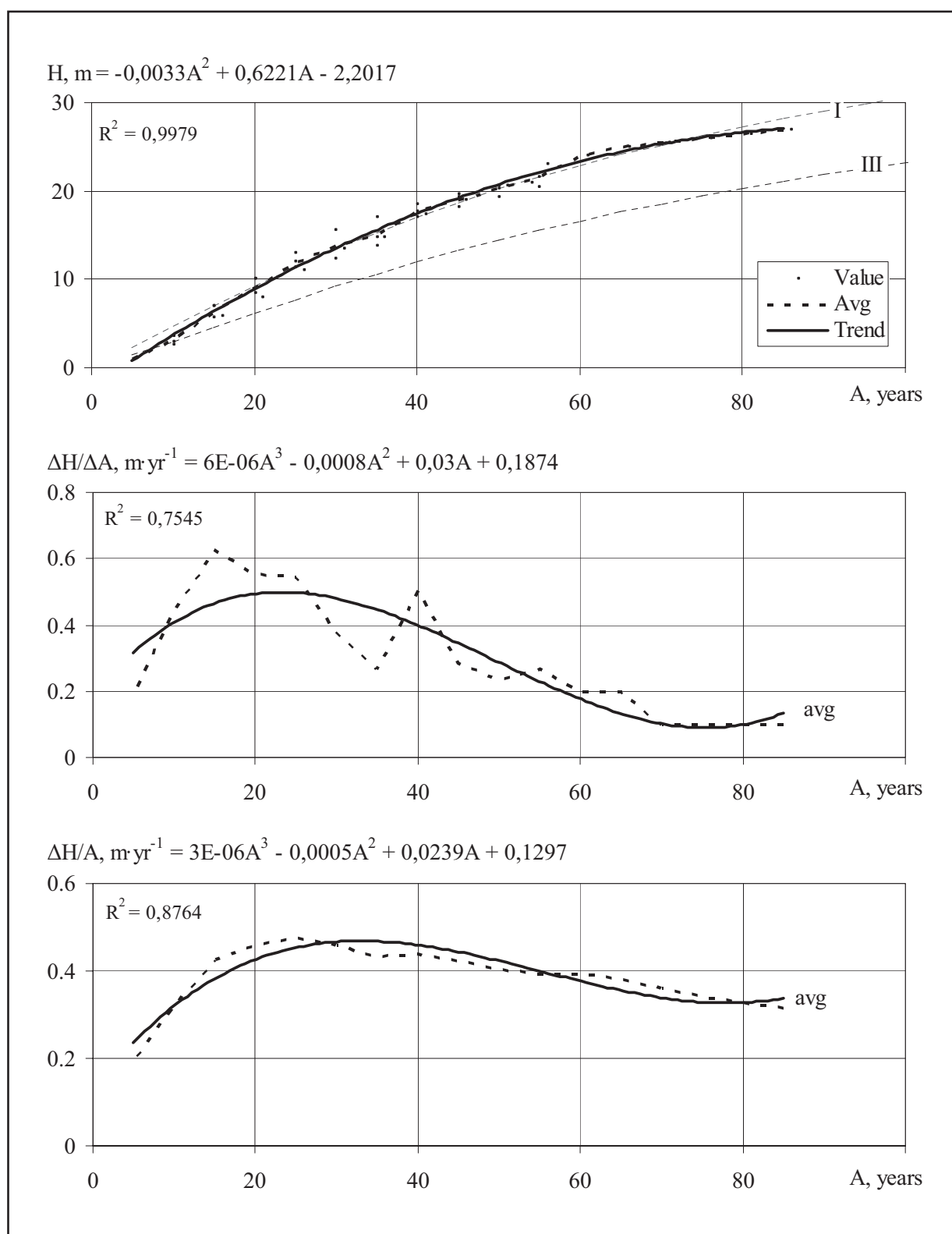
Table 31

**Модельні дерева берези повислої, що росли у долинах Горган****Model trees of *Betula pendula*, which grew up in the valleys of the Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
				A	H	D	V
96	48.661281	24.029047	690	54	21.5	33.4	0.9
97	48.661281	24.029047	690	55	20.5	27.4	0.57
98	48.661281	24.029047	690	54	21.0	29.8	0.75
103	48.662520	24.025835	700	86	27.0	41.0	1.5

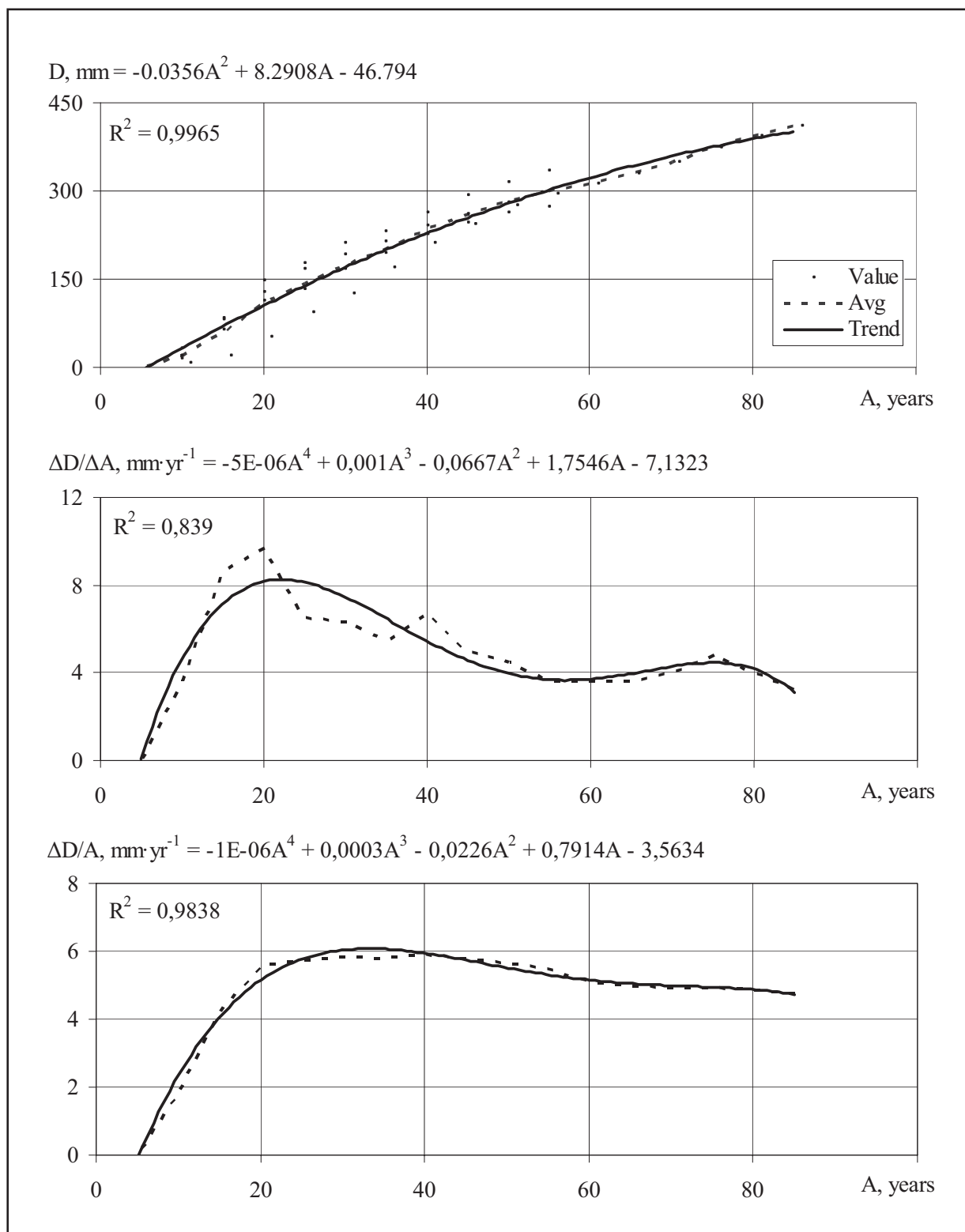
**Рис. 93.** Місця на річкових терасах у Горганах, де було взято модельні дерева берези повислої**Fig. 93.** The places on the river terraces in Gorgany range, where model trees of *Betula pendula* were taken





**Рис. 94.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Горганах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I і III – лінії класів бонітету

**Fig. 94.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes

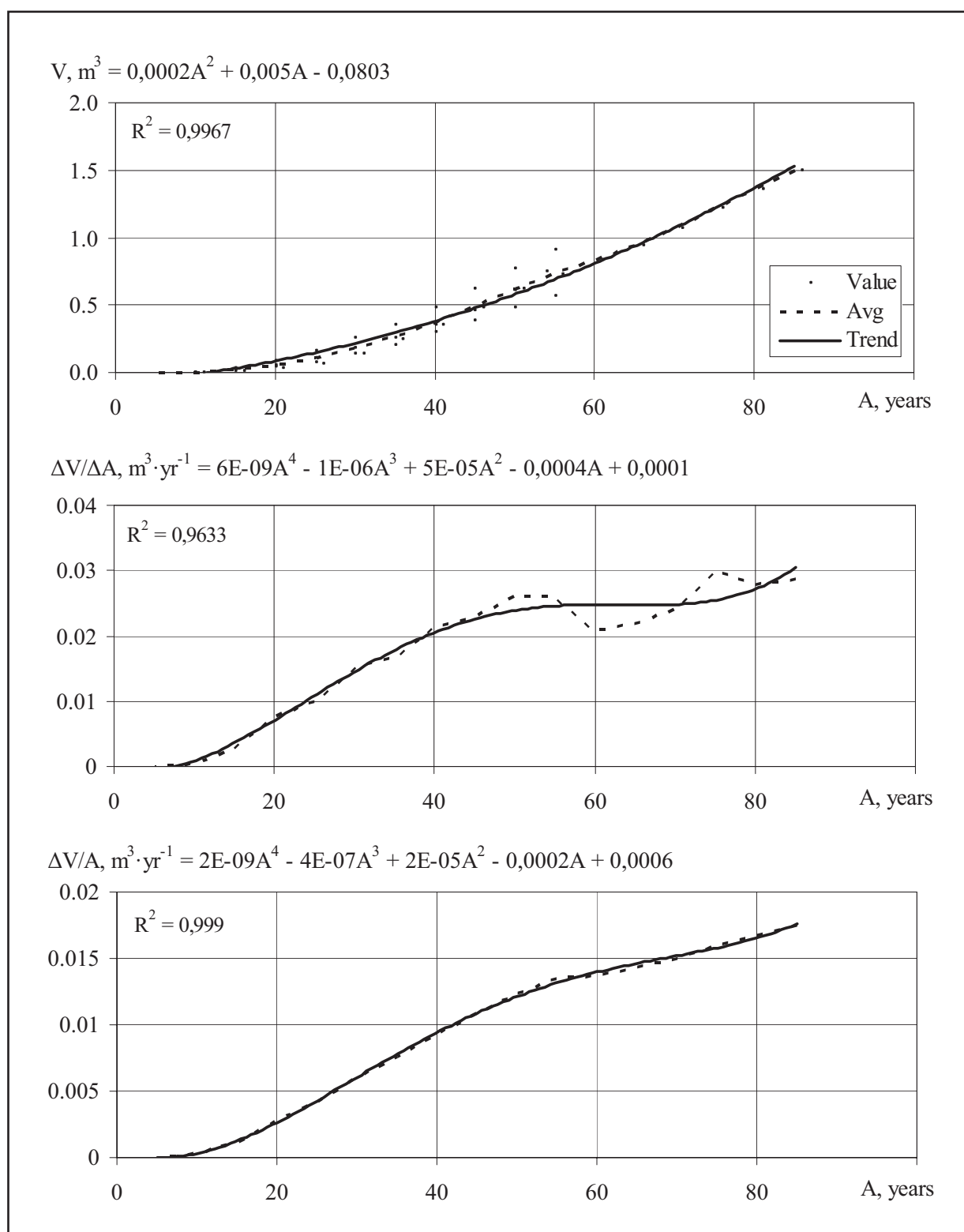


**Рис. 95.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Горґанах:

"Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 95.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Betula pendula* model trees, which grew slow on oligo-mesotrophic soils in the lowmountains of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range:

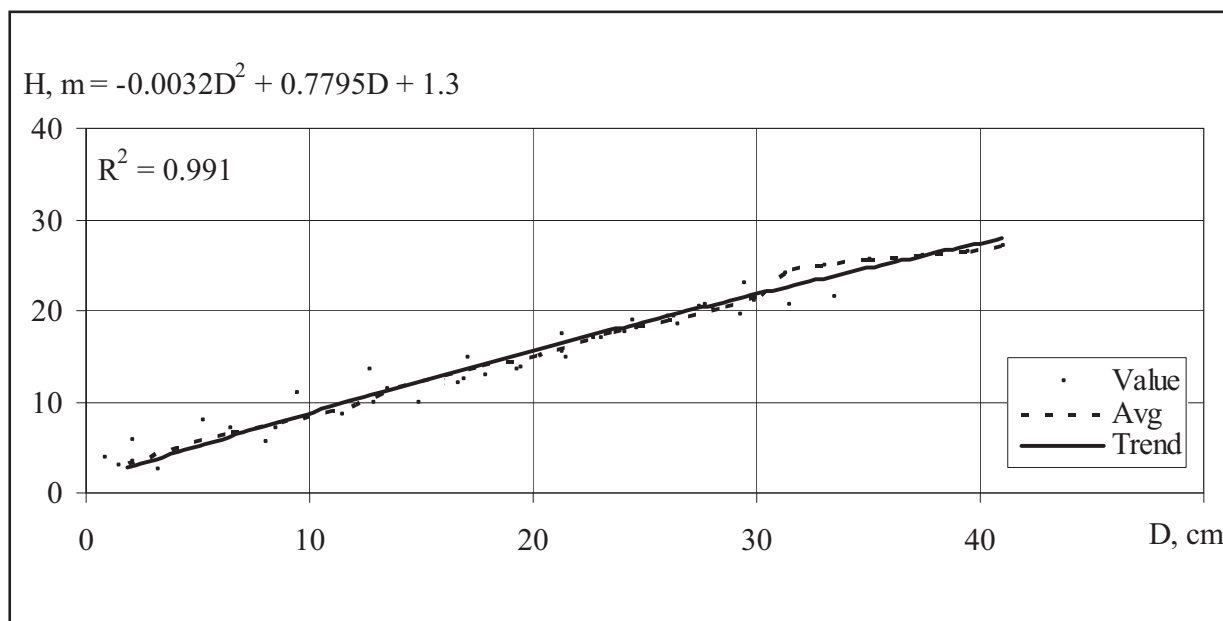
"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 96.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Ґорґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 96.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 97.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

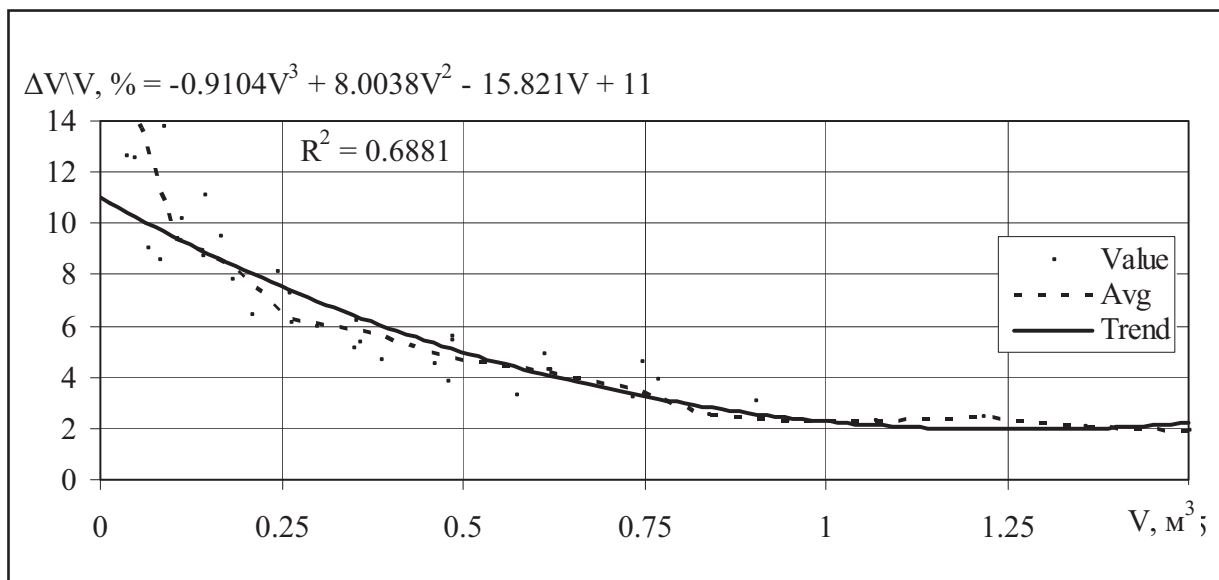
**Fig. 97.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 21 м, а у 80 років – 27 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 28 см і 38 см, а об'єм – приблизно  $0,6 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $1,3 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 10–40 років і становив приблизно  $0,4 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів,  $8 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 15–22 роки, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 40–80 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму,  $0,017 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , лише у віці дерев понад 80 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він становить 2 %. Це характерно для дерев берези повислої у віці 70 років (рис. 96 та 98). Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чи-

In general, the average growth rate of this trees in height corresponded to the indicators of III–I bonitet. At the age of 50 years their height reached 21 m, and in 80 years – 27 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 28 cm and 38 cm, and the volume – about  $0.6 \text{ m}^3$  and slightly more than  $1.3 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 10–40 years and was approximately  $0.4 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks,  $8 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 15–22 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees 54–80 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.017 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 80 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ m}^3$ , it is 2 %. This is characteristic of *Betula pendula* trees at the age of 70 years (Figures 96 and 98). The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form

сел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 32). У середньому цей показник становить 0,477.

factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 32). On average, this index is 0.477.



**Рис. 98.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Ґорґанах:  
"Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;  
"Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 98.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range:  
"Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 32

Table 32

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев берези повислої, які росли на річкових терасах у Ґорґанах: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Betula pendula* model trees, which grew on the river terraces in Gorgany range: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

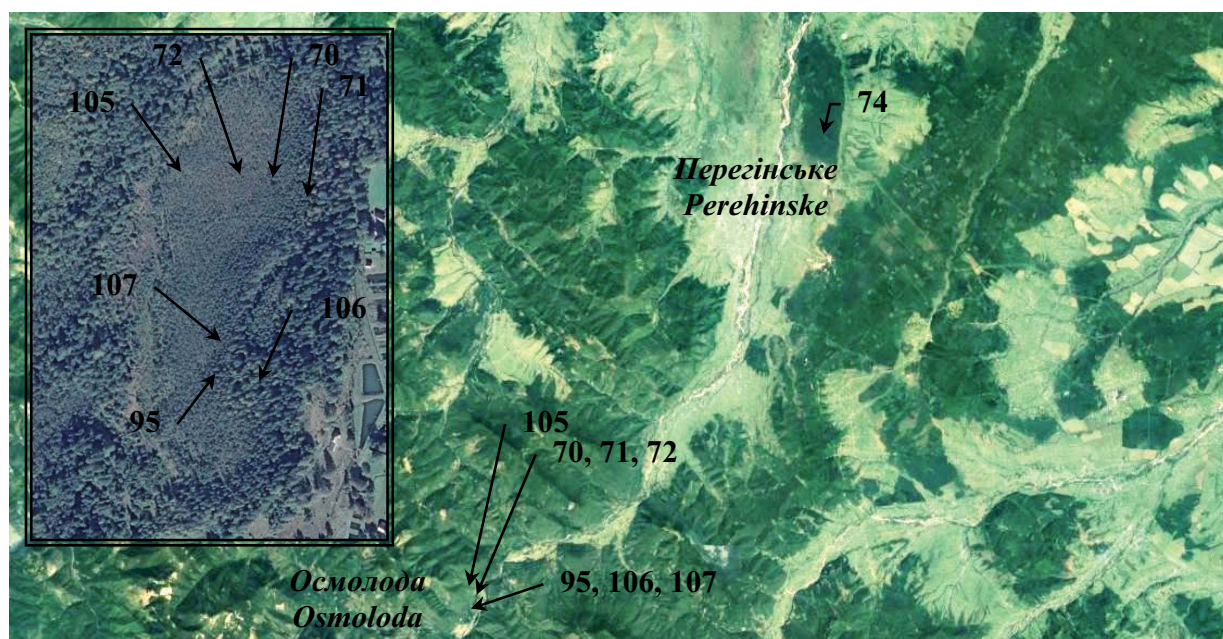
D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	f <sub>d</sub>
8	0.554	0.531	0.522									0.573
12	0.528	0.505	0.497	0.497								0.519
16		0.493	0.485	0.485	0.488							0.494
20				0.481	0.483	0.484						0.485
24					0.482	0.483	0.480					0.483
28						0.482	0.479	0.471	0.459			0.481
32							0.475	0.467	0.455	0.440		0.473
36								0.460	0.448	0.433	0.420	0.458
40										0.422	0.409	0.434
f <sub>h</sub>	0.536	0.491	0.476	0.477	0.482	0.484	0.477	0.462	0.437	0.409	0.385	0.477

**Сосна звичайна**

Дослідження були зосереджені на землях Осмолодського та Краснянського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено на рис. 99 та у табл. 33 і 35.

***Pinus sylvestris* L.**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Osmoloda Forestry and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Figure 99 and in Tables 33 and 35.



**Рис. 99.** Місця в долині ріки Лімниці в Горґанах, де було взято модельні дерева сосни звичайної, що росли на болоті

**Fig. 99.** The places in the valley of the Limnitsya River in Gorgany range, where model trees of *Pinus sylvestris*, which grown on a swamp, were taken

**Динаміка росту дерев  
на торф'яному болоті**

Дослідження виконано на прикладі соснового лісу, що росте в межах гідрологічної пам'ятки природи "Болото Лютошара" (5 га), яке розташоване на лівому березі р. Лімниці на висоті 700 м н. р. м. Це типове верхове болото, глибина якого сягає 4 м. Верхній горизонт його, до глибини 50 см, представлений мокрим слабо мінералізованим моховим торфом. Нижче залягає насичена вологою сапропель. Загалом висота дерев сосни обернено пропорційна до глибини болота [2]. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені у табл. 33 та на рис. 100–102.

**The dynamics of tree growth  
in a peat bog**

The study was carried out on the example of a pine forest that grows within the limits of the hydrological Nature Monument "The Swamp of Lutoshara" (5ha) on the left bank of the Limnitsya River at an altitude of 700 m. This is a typical Raised bog, with a depth of 4 m. Its upper layer, up to a depth of 50 cm, is represented by a wet, slightly mineralized moss peat. Below is saturated with damp sapropel. In general, the height of the pine trees is inversely proportional to the depth of the marsh [2]. The generalized biometric parameters of the growth course of these trees trunks are shown in Table 33 and in Figures 100–102.



Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам  $V^a-V^b$  бонітету. Вік дерев становить 30–100 років. За глибини болота 3 і більше метрів висота особин сосни звичайної заледве сягає 1 м. При глибині болота 2 м висота дерев у середньому становить 3 м, товщина їх стовбурів – до 6 см. За глибини болота 1,5–0,7 м висота дерев сягала 4–10 м, а товщина стовбурів становить 10–12 см, а їх об'єм – лише  $0,05 \text{ м}^3$  [3]. Отже, найшвидше дерева сосни ростуть за умови невеликої глибини торфовища, до 0,7 м, і, вочевидь, сприяє цьому нестійкий рівень ґрунтових вод. Візуальні спостереження показали, що рівень води по всьому болоту може знижуватися в посушливі періоди навіть до глибини 0,5 м.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the  $V^a-V^b$  bonitet. Age of trees is 30–100 years old. On the marsh by depth of 3 and more meters the height of pine trees can only reach 1 m. On the marsh by depth 2 m, the height of trees is 3 m on average and the thickness of their trunks is up to 6 cm. On the marsh by depth 1.5–0.7 m height of the trees was reaches 4–10 m and the thickness of the trunks is 10–12 cm and their volume – only  $0.05 \text{ m}^3$  [3]. So, the fastest grows pine trees on the marsh of 0.7 m deep and, obviously, by condition to an unstable groundwater level. Visual observations have shown that the water level in throughout the marsh can drop in arid periods, even to a depth of 0.5 m.

Таблиця 33

Table 33

**Модельні дерева сосни звичайної, що росли на болоті в долині ріки Лімниці в Ґорґанах**

**Model trees of *Pinus sylvestris*, which grown on a swamp in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range**

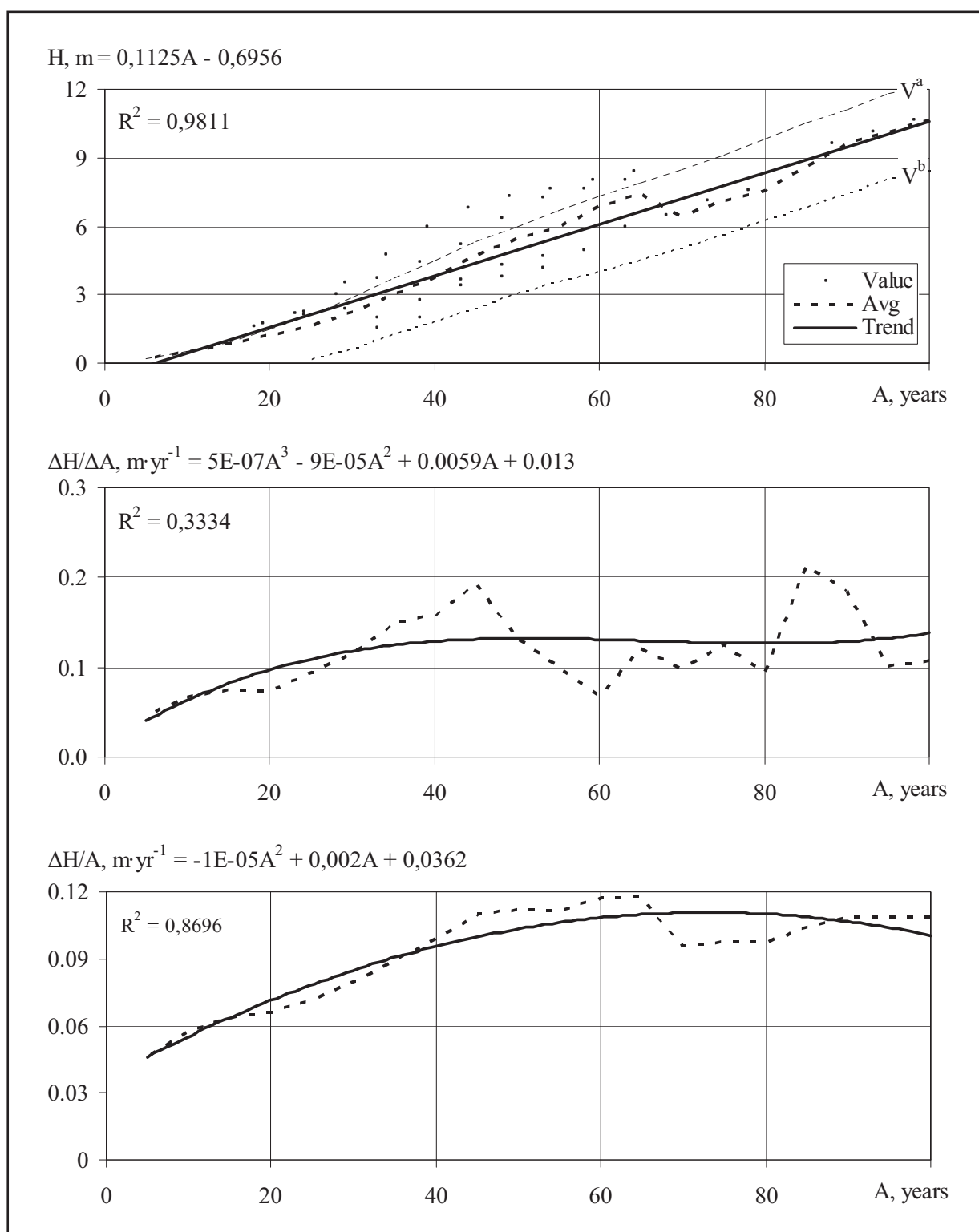
Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
70	48.66223	24.02799	700	53	4.2	5.2	0.007
71	48.66217	24.02839	700	98	10.65	11.0	0.06
72	48.66225	24.02751	700	29	2.35	2.6	0.0015
105	48.66166	24.02660	700	63	8.0	11.2	0.055
107	48.66211	24.02732	700	64	8.4	8.4	0.032

Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці понад 20 років і становив трохи більше  $0,1 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $1,5 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці понад 30 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,001 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев понад 50 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками.

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 34). У середньому цей показник становить 0,674.

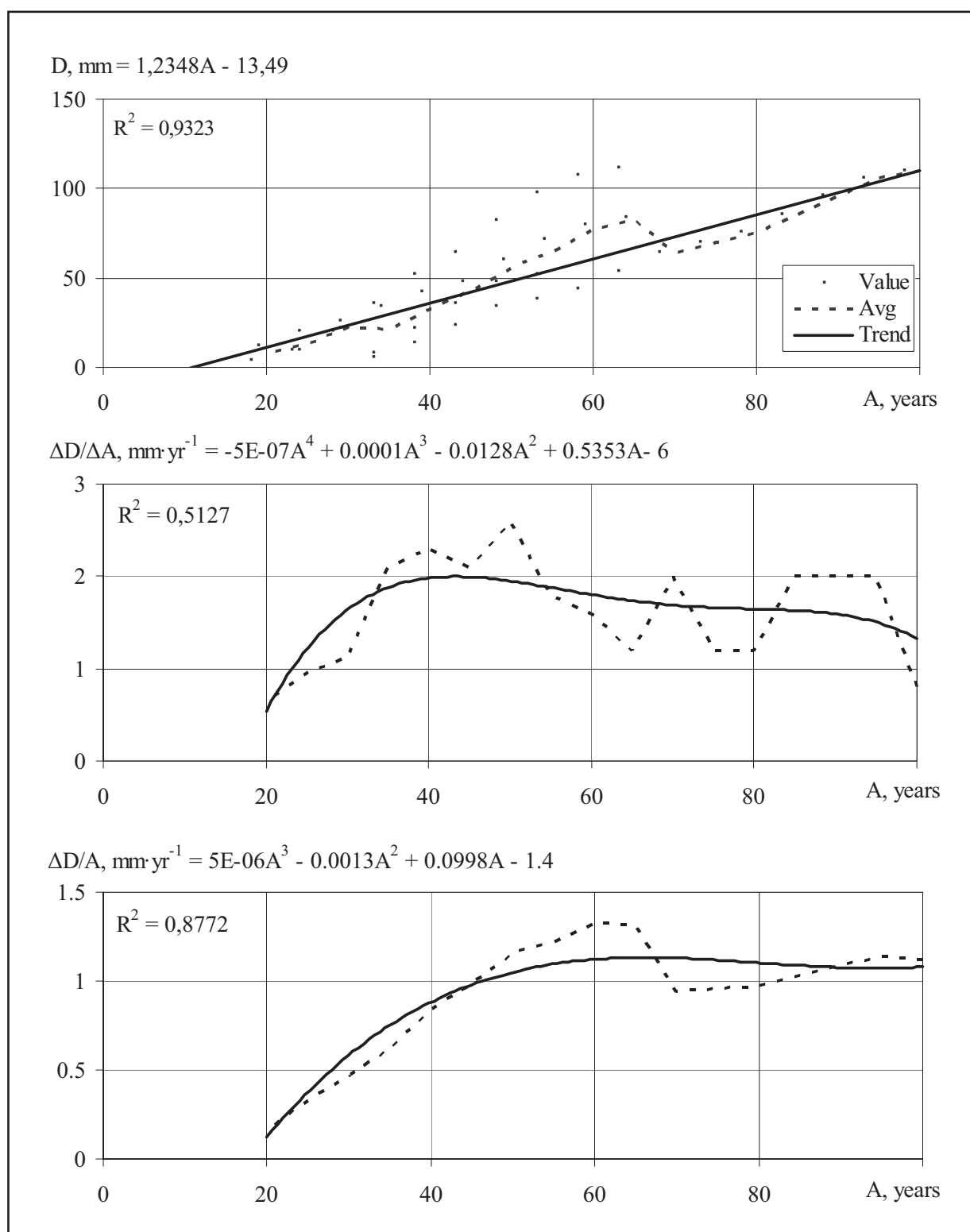
The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was over the age of 20 years and was slightly over  $0.1 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $1.5 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of over 30 years, and in the volume of trunks, more than  $0.001 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of over 50 years old trees. Similar trends also showed an average increment in these indicators.

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 34). On average, this index is 0.674.



**Рис. 100.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев сосни звичайної, що росли на болоті в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду;  $V^a$  і  $V^b$  – лінії класів бонітету

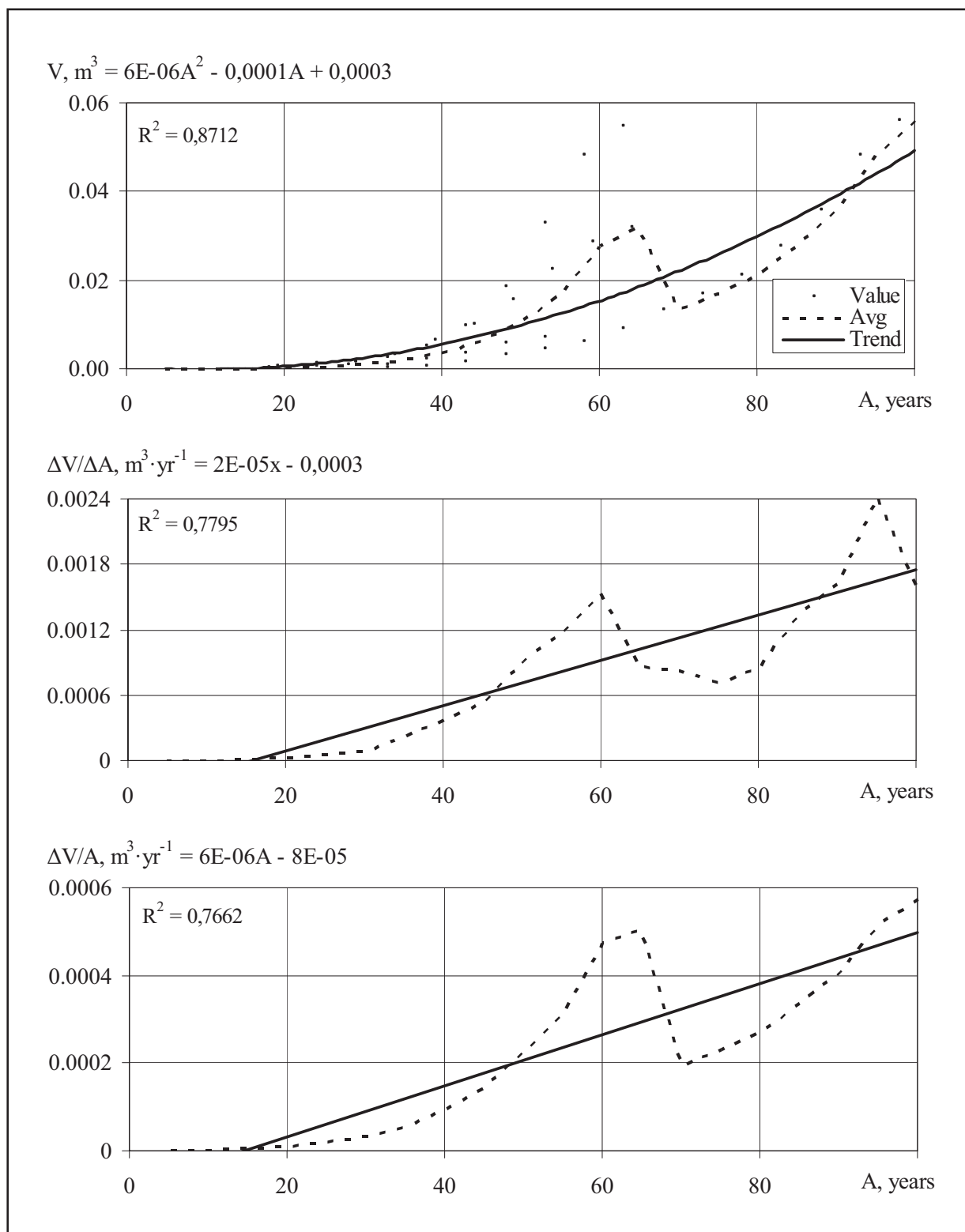
**Fig. 100.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on a swamp in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line;  $V^a$  and  $V^b$  – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 101.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев сосни звичайної, що росли на болоті в долині ріки Лімниці в Ґорґанах: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 101.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on a swamp in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 102.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на болоті в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 102.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on a swamp in the valley of the Limnitsa River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Таблиця 34

Table 34

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на болоті в долині ріки Лімниці в Горґанах: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on a swamp in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	4	5	6	7	8	9	10	11	f <sub>d</sub>
2	1.008								1.008
4	0.798	0.861							0.830
6	0.688	0.58	0.652						0.640
8			0.556	0.616	0.613	0.553			0.585
10				0.603	0.692		0.528		0.608
12					0.697			0.556	0.627
f <sub>h</sub>	0.831	0.721	0.604	0.610	0.667	0.553	0.528	0.556	0.674

**Динаміка росту дерев на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах**

Дослідження виконано на периферійній території, прилеглої до гідрологічної пам'ятки природи "Болото Лютошара".

Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники модельних дерев наведено у табл. 35. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 103–105. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 106.

**The growth of the trees on wet dystrophic gleyic skeletal Fluvisols**

The study was carried out on the peripheral territory adjacent to the hydrological Natural Monument "The Swamp of Lutoshara".

General information on geographical location and biometric data of model trees are given in Table 35. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 103–105. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 106.

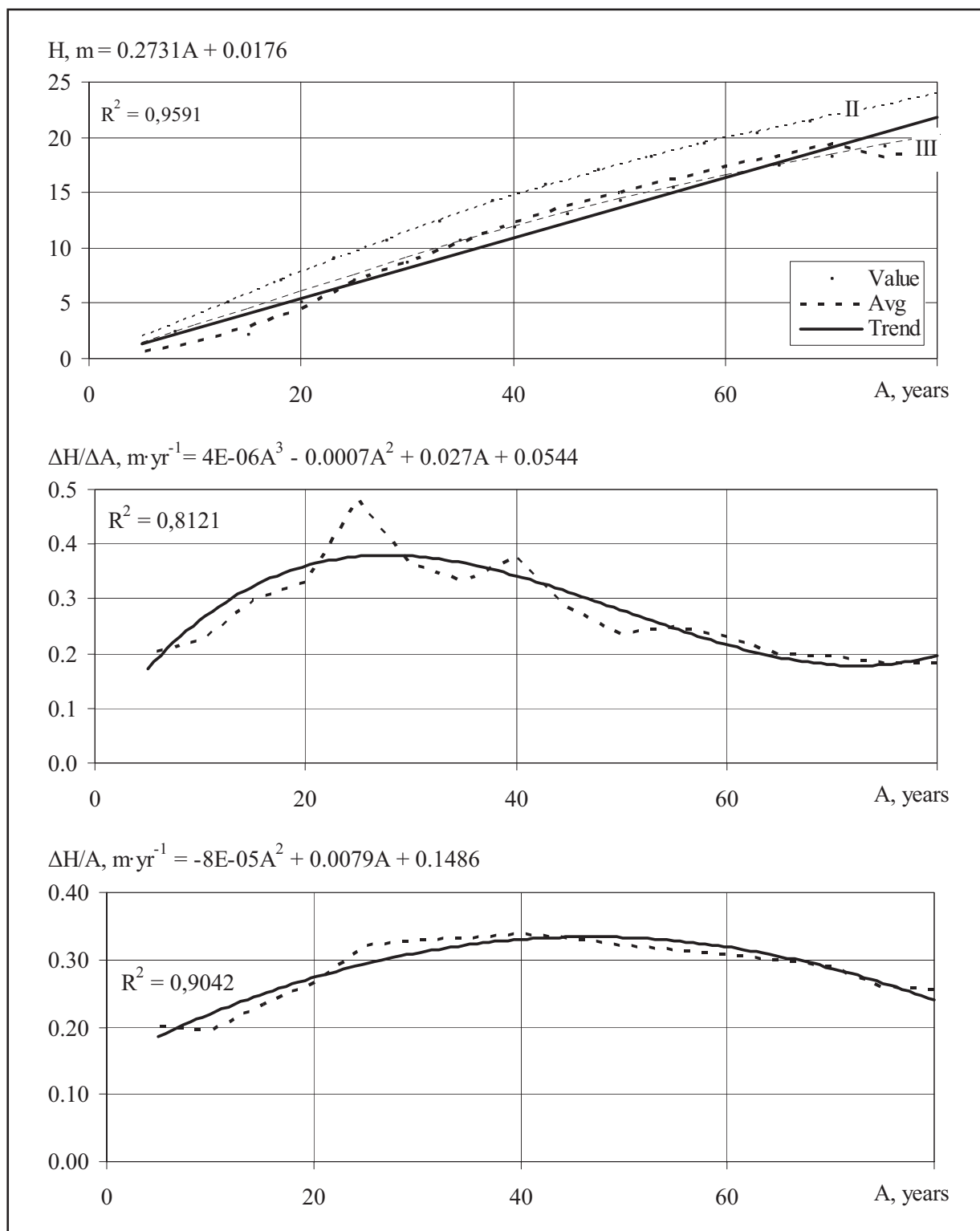
Таблиця 35

Table 35

**Модельні дерева сосни звичайної, що росли на болоті у долині ріки Лімниці в Горґанах**

**Model trees of *Pinus sylvestris*, which grown on a swamp in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
95	48.66018	24.02739°	700	68	21.4	29.4	0.62
106	48.66012	24.02773	700	75	23	19.2	0.38



**Рис. 103.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглєсних скелетних ґрунтах в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; II і III – лінії класів бонітету

**Fig. 103.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystric histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; II and III – line of forest stands bonitet classes





Екстремально оліготрофний сосняк на торфовищі в долині ріки Лімниці  
Extreme-oligotrophic *Pinus sylvestris* forest on a peat bog in the Limnytsya River's valley

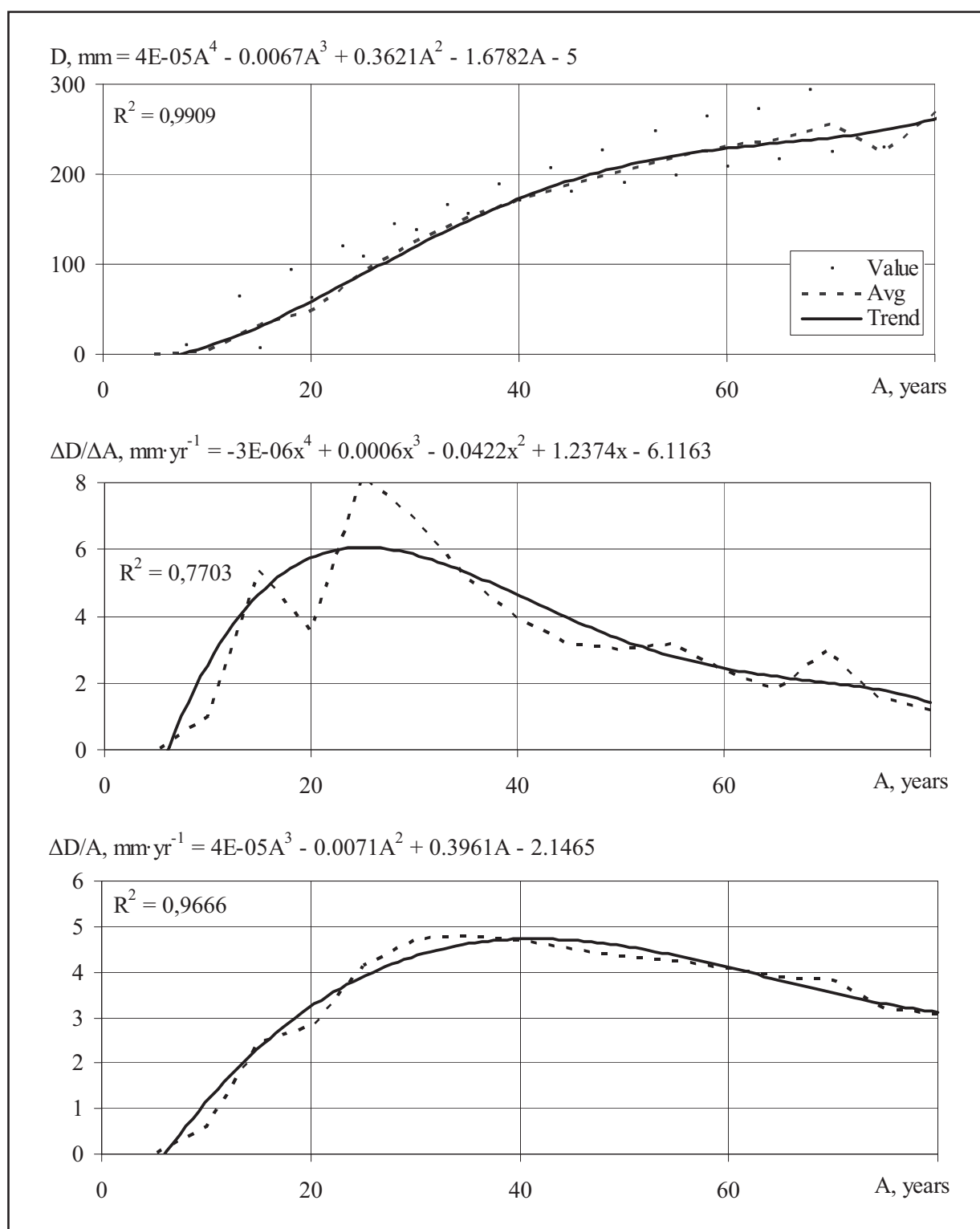




Сторічний оліготрофний деревостан сосни звичайної з березою  
повислою на торфовищі в долині ріки Лімниці

Centenary oligotrophic *Pinus sylvestris* forest with *Betula pendula*  
on a peat bog in the Limnytsya River's valley

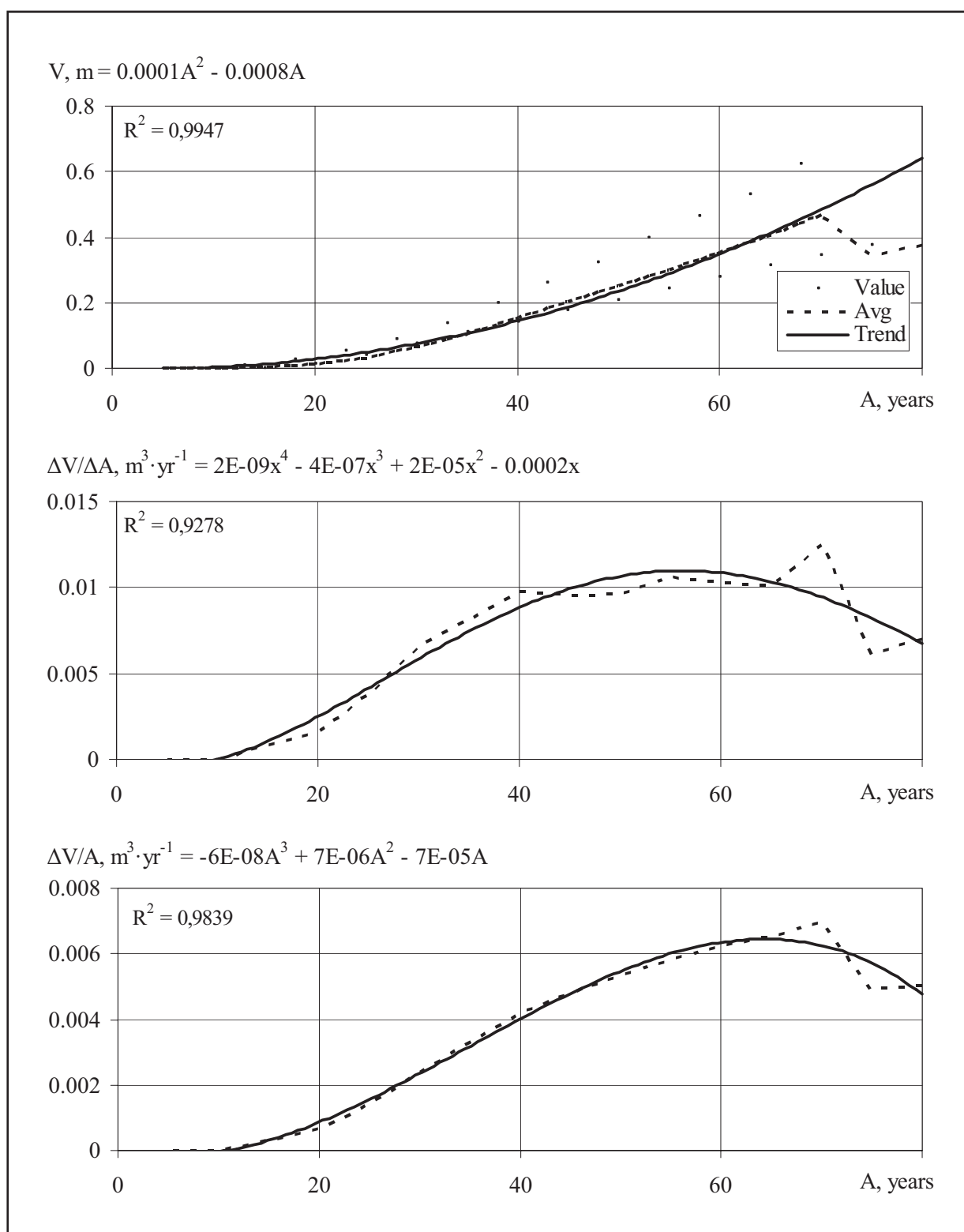




**Рис. 104.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах у долині ріки Лімниці в Горганах: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

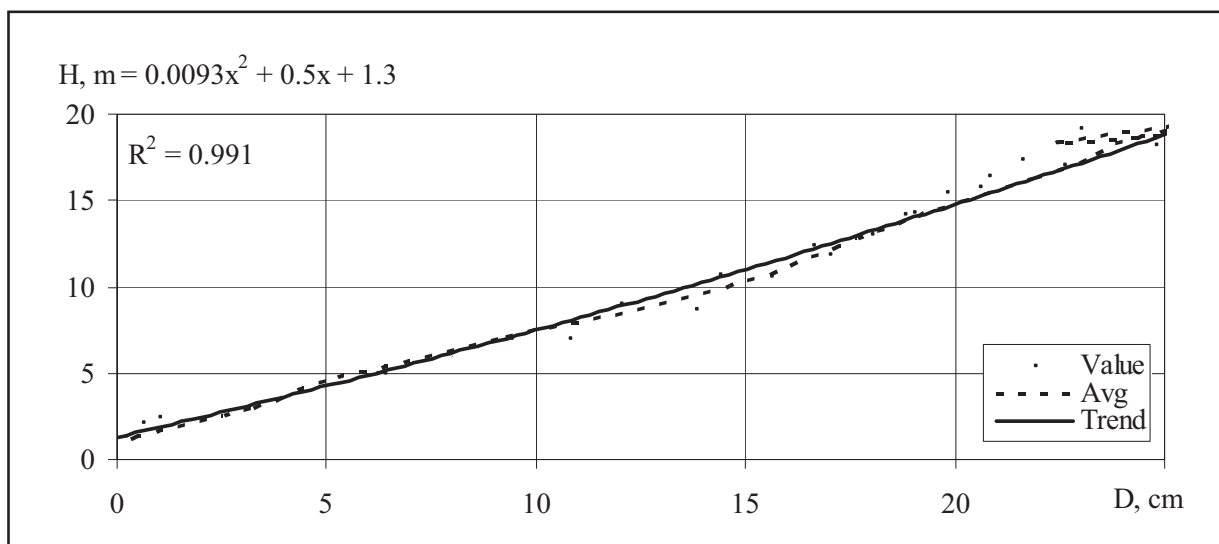
**Fig. 104.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystic histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 105.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах у долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 105.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystic histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 106.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах у долині ріки Лімниці в Ґорґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

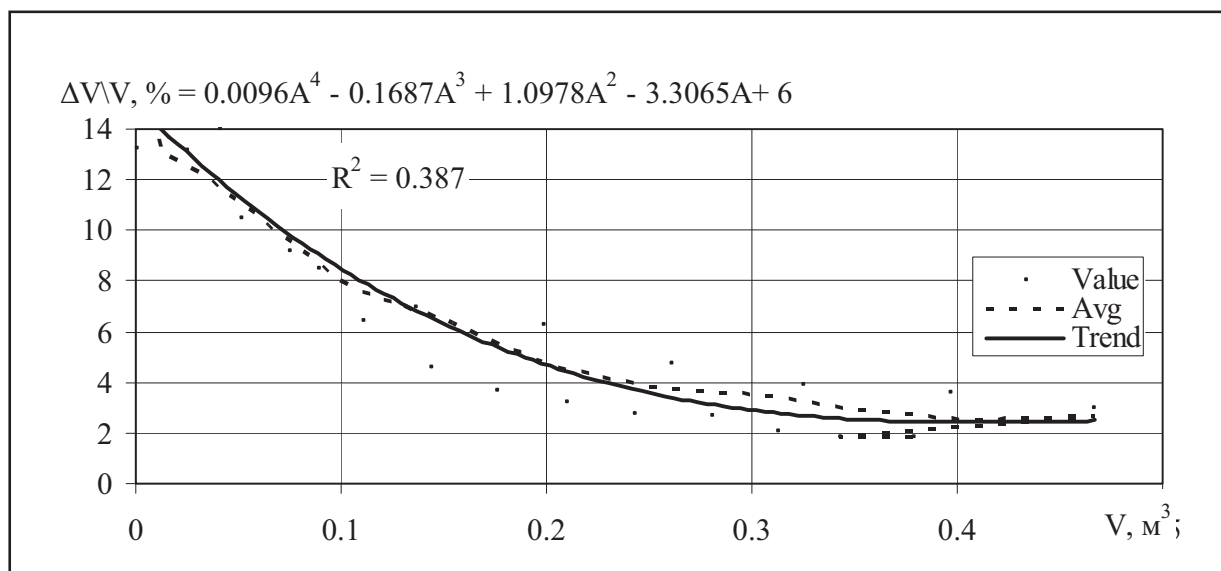
**Fig. 106.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystric histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III та II бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 13 м, а у 80 років – 22 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 21 см і трохи більше 25 см, а об'єм – приблизно  $0,25 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $0,6 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 15–45 років і становив більше  $0,3 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $5 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 15–35 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше  $0,01 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 45–70 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $0,2 \text{ м}^3$  він становив майже 5 %, а при  $0,4 \text{ м}^3$  – 2,5 %. Це характерно для досліджених дерев у віці 50 та 70 років (рис. 105 і 107).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 36). У середньому цей показник становить 0,510.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III and II bonitet. At the age of 50 years, their height reached 13 m, and in 80 years – 22 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 21 cm and slightly more than 25 cm, and the volume – approximately  $0.25 \text{ m}^3$  and slightly more than  $0.6 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 15–45 years and was more than  $0.3 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $5 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 15–35 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.01 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees 45–70 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that with a volume of trunks of more than  $0.2 \text{ m}^3$  it was almost 5 %, and at  $0.4 \text{ m}^3$  – 2.5 %. This was characteristic of the examined trees at the age of 50 and 70 years (Figures 105 and 107).

These results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 36). On average, this index is 0.510.



**Рис. 107.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах у долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 107.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystric histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 36

Table 36

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев сосни звичайної, що росли на сирих бідних торф'янистих оглеєних скелетних ґрунтах в долині ріки Лімниці в Горґанах: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Pinus sylvestris* model trees, which grew on wet dystric histic gleyic sceletic Fluvisols in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

D \ H	4	8	10	12	14	16	18	20	22	f <sub>d</sub>
8	0.661									0.661
10		0.567								0.567
12		0.502								0.502
14		0.578	0.512							0.545
16			0.546	0.52						0.533
18				0.53	0.503					0.517
20					0.518	0.503				0.511
22						0.476	0.483			0.480
24							0.449	0.474		0.462
26								0.439		0.439
28								0.447		0.447
30									0.429	0.429
f <sub>h</sub>	0.661	0.549	0.529	0.525	0.511	0.490	0.466	0.453	0.429	0.510



**Ялина європейська**

Дослідження були зосереджені на землях Осмолодського та Краснянського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 37 та на рис. 108. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 109–111. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 112.

***Picea abies* (L.) Karst**

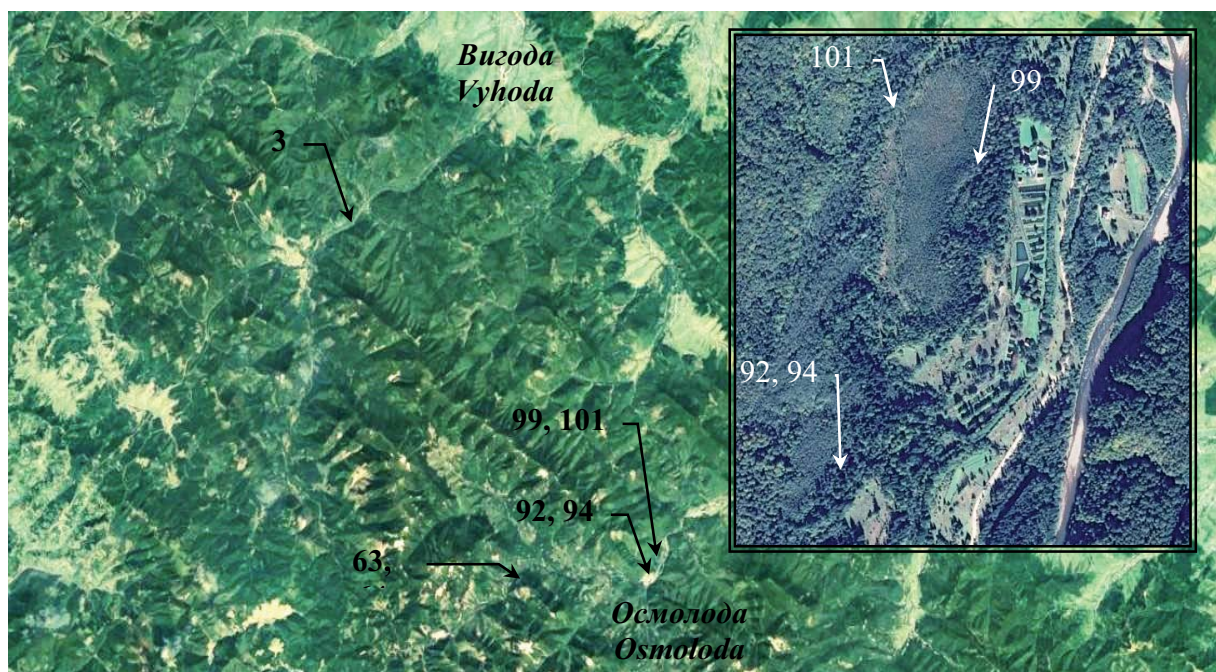
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Osmoloda and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 37 and in Figure 108. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 109–111. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 112.

Таблиця 37

Table 37

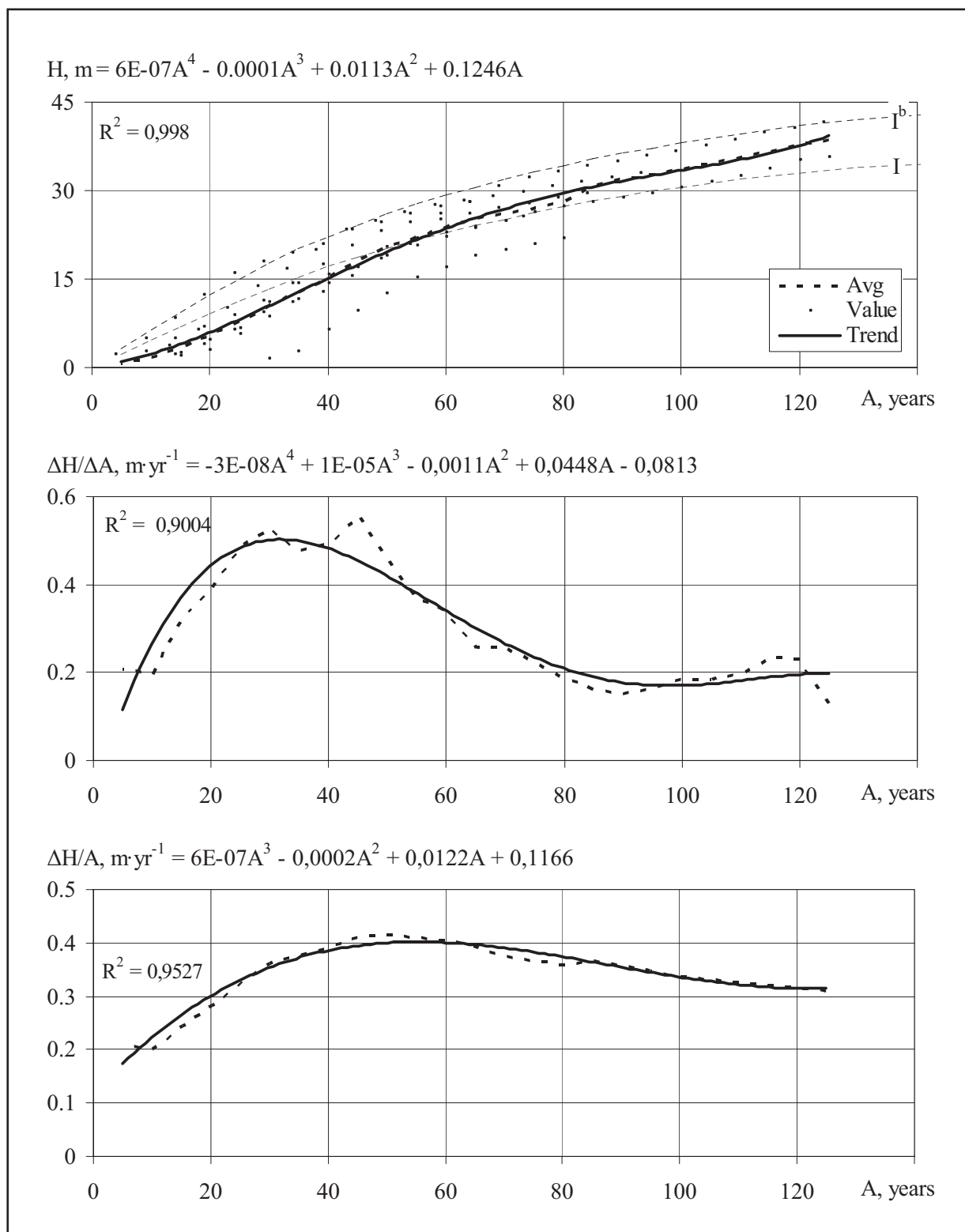
**Модельні дерева ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниці в Ґорґанах**  
**Model trees of *Picea abies*, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
3	48.824518	23.810770	650	93	33	67	4.54
63	48.651949	23.924996	850	125	35.6	59.6	4
64	48.651949	23.924996	850	124	41.5	82.4	8.85
92	48.65587	24.02447	700	64	28.1	39.4	1.5
94	48.65587	24.02447	700	84	29.5	63.2	4.0
99	48.66128	24.02905	690	73	25.5	34.6	1.1
101	48.66213	24.02555	700	80	22.0	46.4	1.4



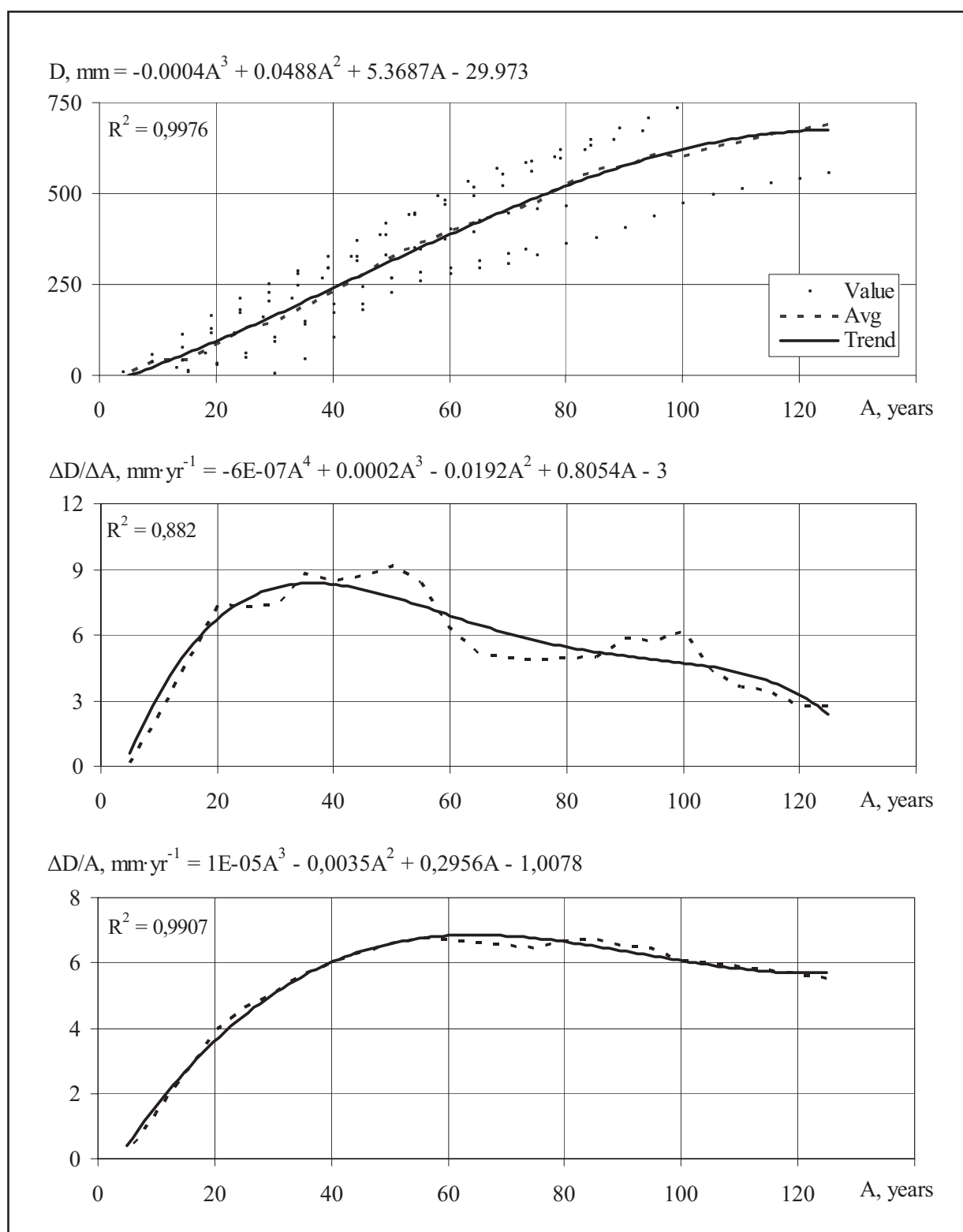
**Рис. 108.** Місця в долині ріки Лімниці в Ґорґанах, де було взято модельні дерева ялини європейської

**Fig. 108.** The places in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range, where model trees of *Picea abies* were taken



**Рис. 109.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниць в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I і I<sup>b</sup> – лінії класів бонітету

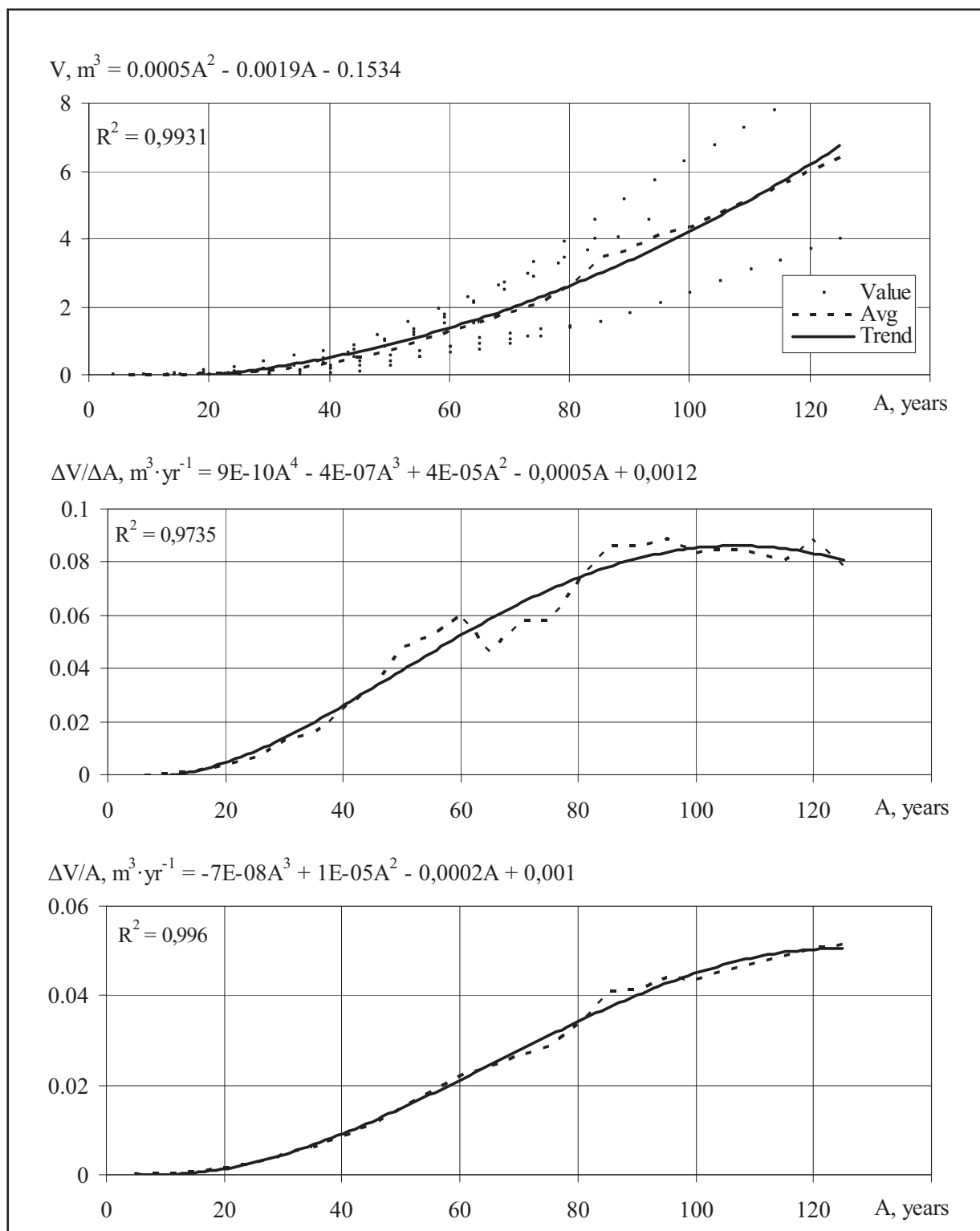
**Fig. 109.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 110.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниць в Ґорґанах: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

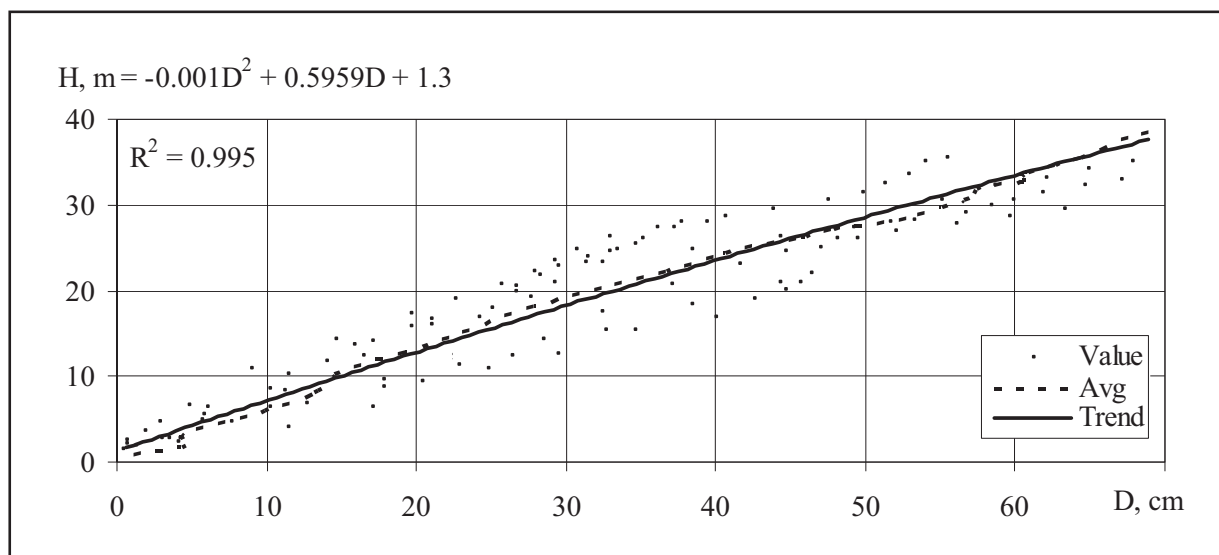
**Fig. 110.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 111.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 111.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 112.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниць в Ґорґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

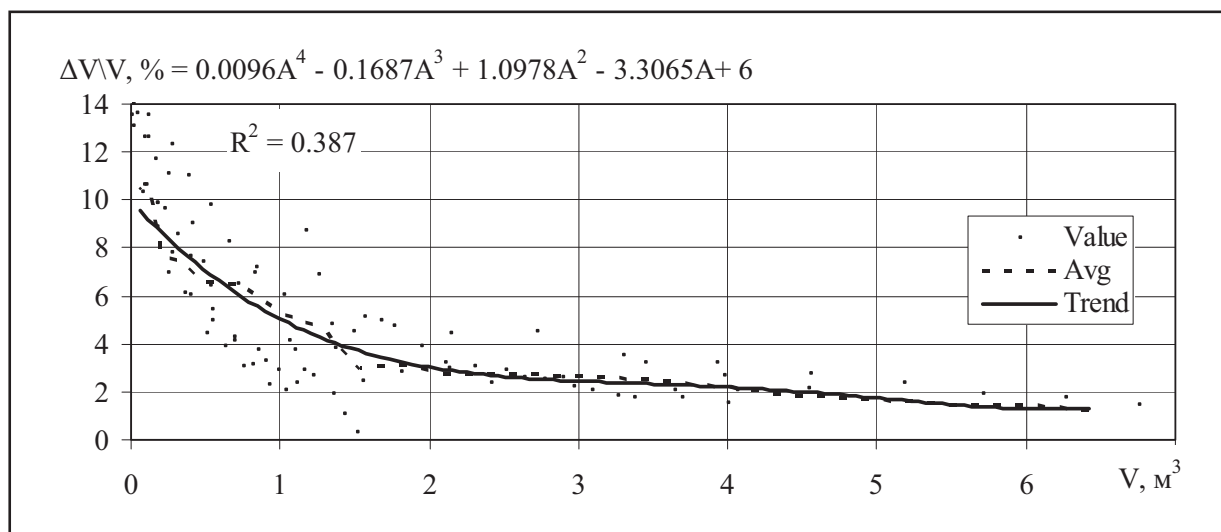
**Fig. 112.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам II, I та I<sup>b</sup> бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 20 м, а у 100 років – 34 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 32 см і трохи більше 63 см, а об'єм – приблизно 0,9 м<sup>3</sup> і трохи більше ніж 4,3 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 20–50 років і становив більше 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 8 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 30–45 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,08 м<sup>3</sup> рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 85–125 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму, 0,05 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев понад 120 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1 м<sup>3</sup> він становив 5 %, а при 5 м<sup>3</sup> – 1,8 %. Це характерно для дерев ялини європейської у віці 80 років (рис. 113 і 115).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 38). У середньому цей показник становить 0,429.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the II, I and I<sup>b</sup> bonitet. At the age of 50 years, their height reached 20 m, and in 100 years – 34 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 32 cm and slightly more than 63 cm, and the volume – approximately 0.9 m<sup>3</sup> and slightly more than 4.3 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 20–50 years and was more than 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 8 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 30–45 years, and in the volume of trunks wood, more than 0.08 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup>, was found at the age of trees 85–125 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.05 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees over 120 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that with a volume of trunks of more than 1 m<sup>3</sup> it was 5 %, and at 5 m<sup>3</sup> – 1.8 %. This is characteristic of *Picea abies* trees at the age of 50 and 110 years (Figures 113 and 115).

These results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 38). On average, this index is 0.429.



**Рис. 113.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 113.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 38

Table 38

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Picea abies* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	24	30	32	34	36	38	40	42	f <sub>d</sub>
8	0.534												0.562
12	0.512	0.481											0.517
16	0.494	0.465	0.453										0.483
20	0.482	0.454	0.442	0.440									0.458
24	0.473	0.445	0.434	0.432	0.434								0.442
28		0.440	0.428	0.427	0.429								0.431
32		0.437	0.425	0.423	0.426	0.428							0.425
36			0.423	0.422	0.424	0.426	0.425						0.422
40			0.423	0.421	0.423	0.425	0.424	0.422					0.420
44				0.420	0.422	0.424	0.423	0.421	0.418				0.419
48				0.420	0.422	0.424	0.423	0.421	0.418				0.417
52						0.423	0.422	0.420	0.417				0.416
56						0.421	0.420	0.418	0.415				0.413
60						0.419	0.418	0.416	0.413				0.409
64						0.417	0.416	0.414	0.411	0.406			0.404
68							0.413	0.411	0.408	0.403			0.398
72									0.404	0.400	0.395		0.391
76										0.397	0.392		0.386
80											0.390	0.385	0.381
84												0.383	0.378
f <sub>h</sub>	0.507	0.449	0.425	0.422	0.426	0.430	0.428	0.424	0.418	0.409	0.399	0.388	0.429



**Ялиця біла**

Дослідження були зосереджені на землях Осмолодського та Краснянського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 39 та на рис. 114. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 115–117. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 119.

***Abies alba* Mill.**

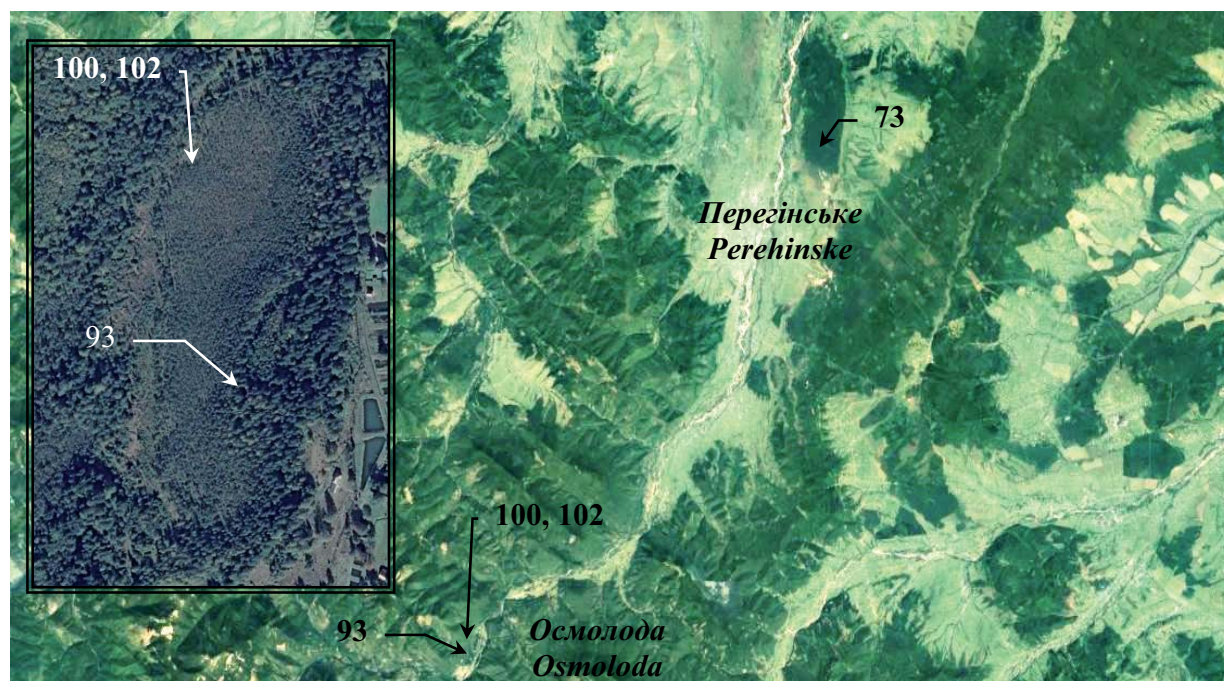
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Osmoloda and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 39 and in Figure 114. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 115–117. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 119.

Таблиця 39

Table 39

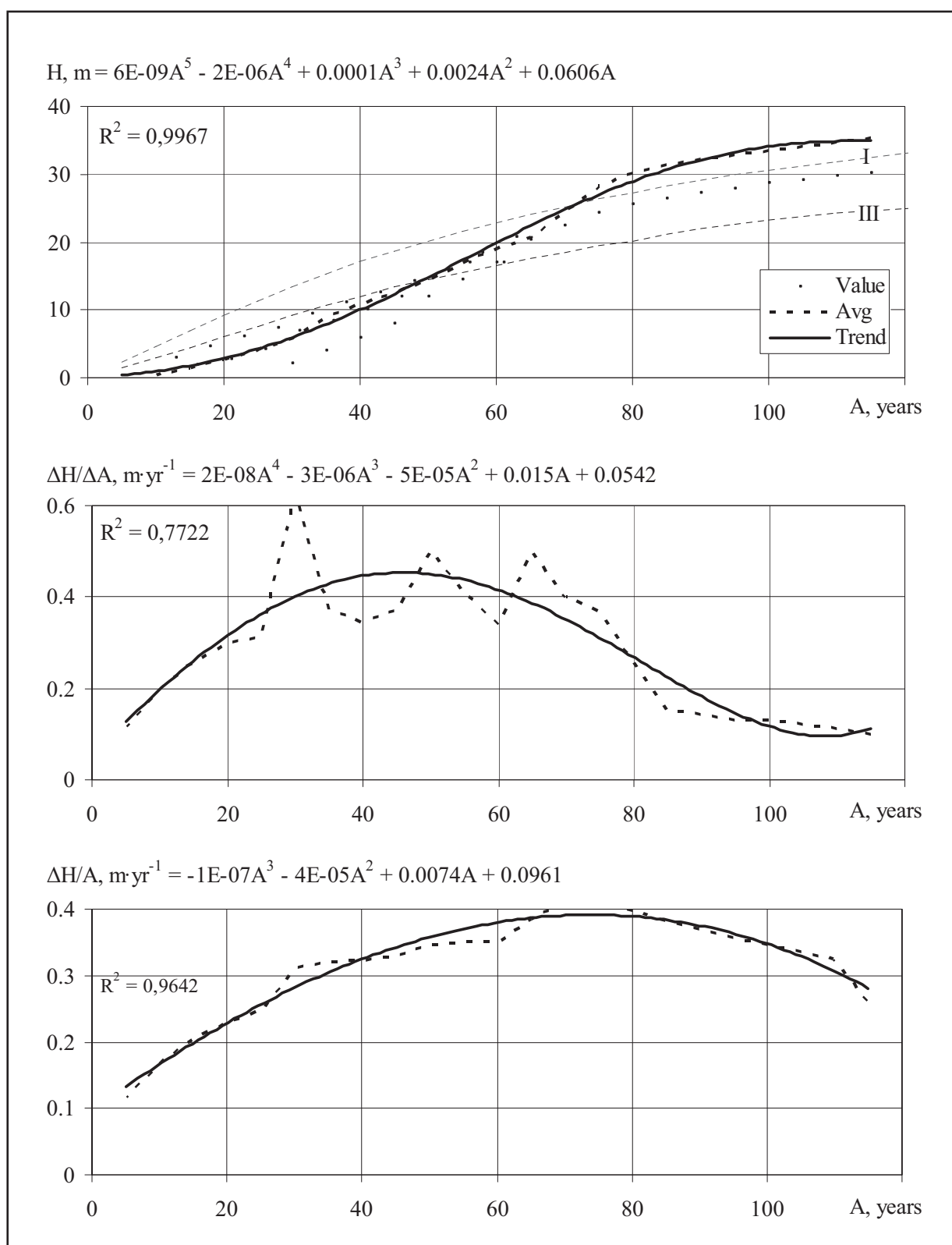
**Модельні дерева ялиці білої, що росли в долинах Ґорґан****Model trees of *Abies alba*, which grew up in the valleys of the Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
73	48.86176	24.24946	445	108	41	87	8.68
93	48.65587	24.02447	700	63	20.8	28.4	0.54
100	48.66252	24.02583	700	115	30.2	77.0	5.25
102	48.66252	24.02583	700	61	19.5	41.4	1.12



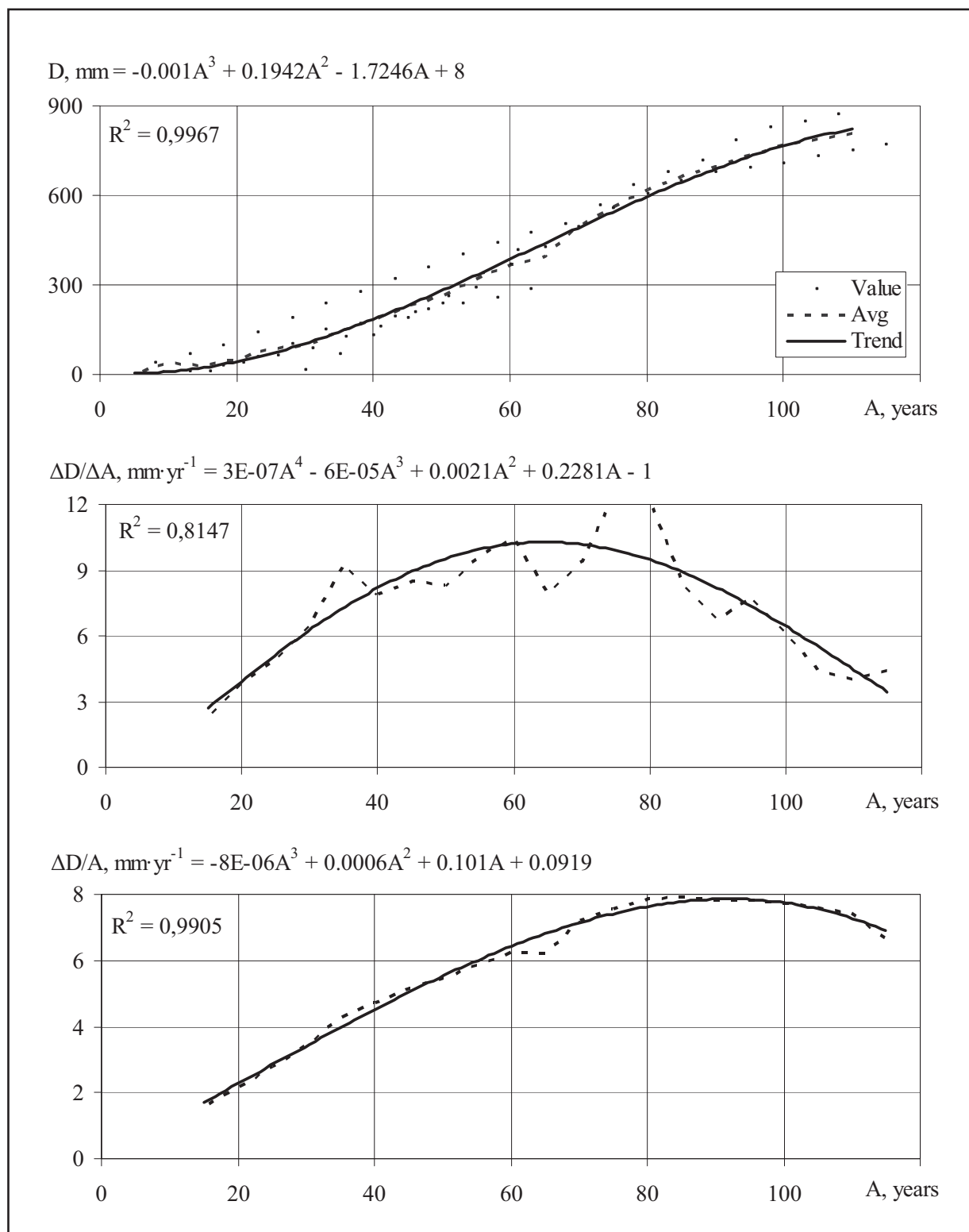
**Рис. 114.** Місця в долині ріки Лімниці в Ґорґанах, де було взято модельні дерева ялиці білої

**Fig. 114.** The places in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range, where model trees of *Abies alba* were taken



**Рис. 115.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; I і III – лінії класів бонітету; "Trend" – лінія тренду

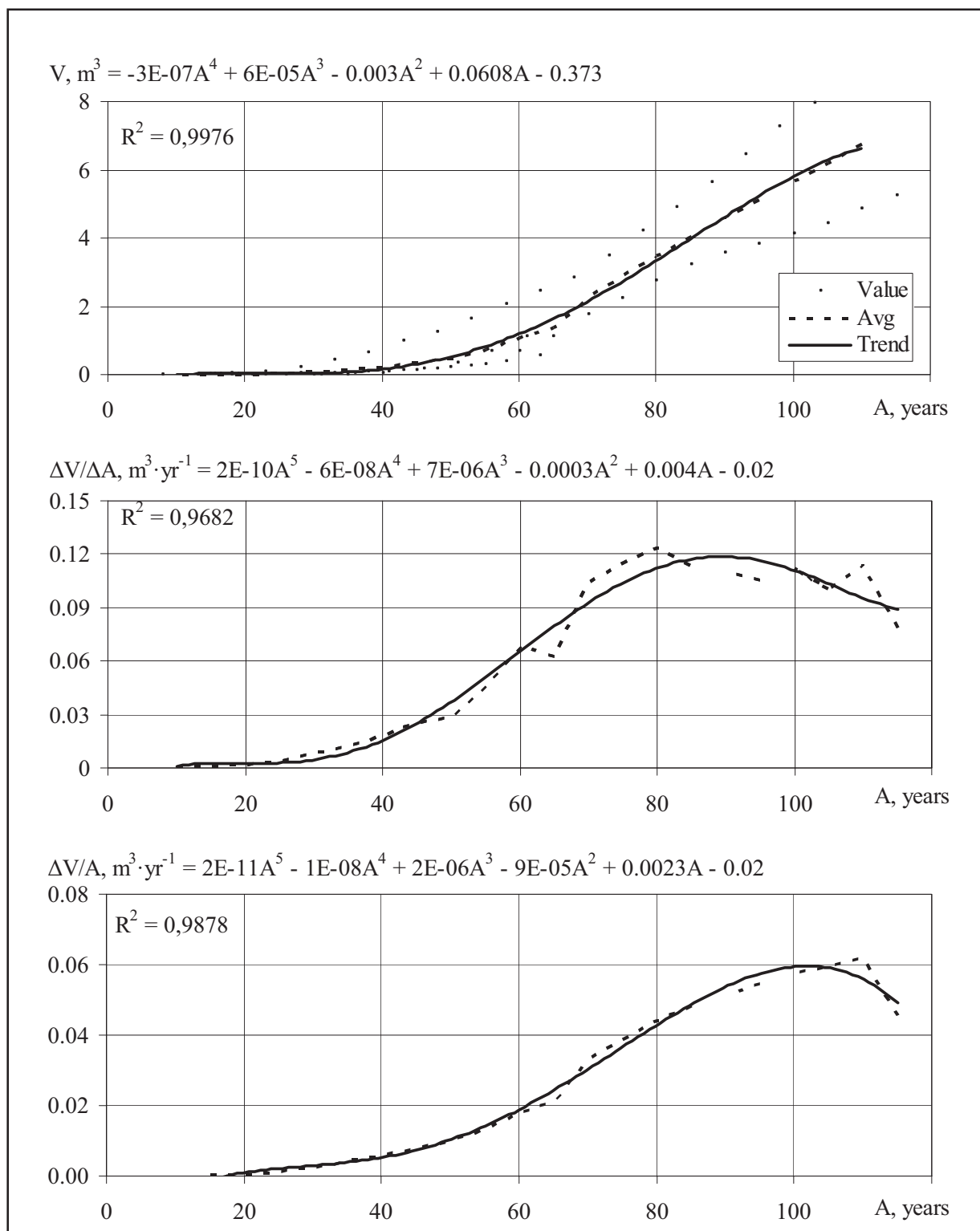
**Fig. 115.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 116.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горганах: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

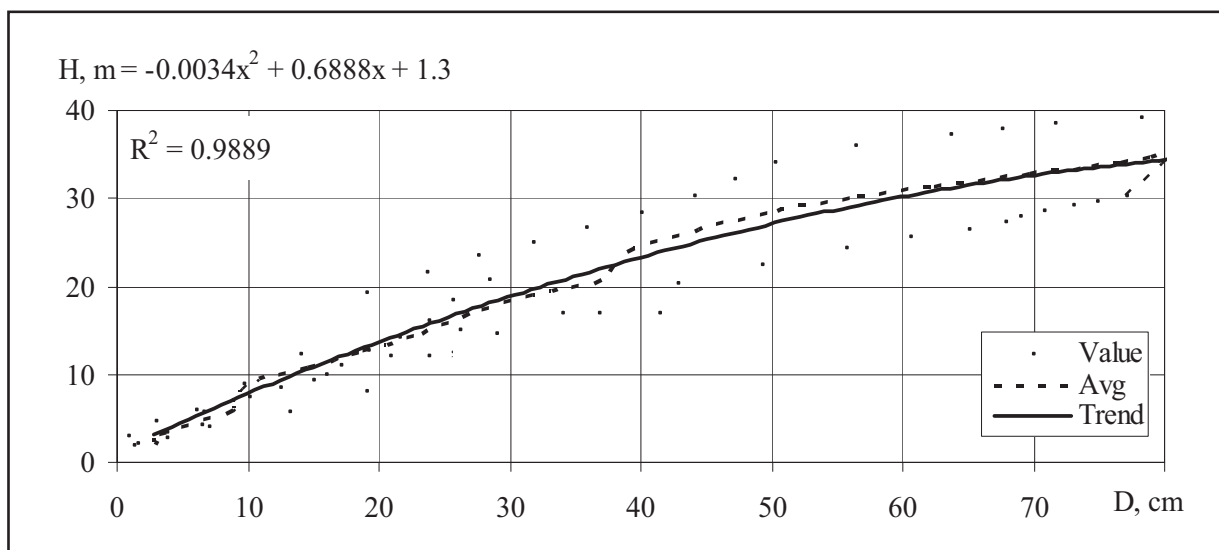
**Fig. 116.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 117.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 117.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 118.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горганах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

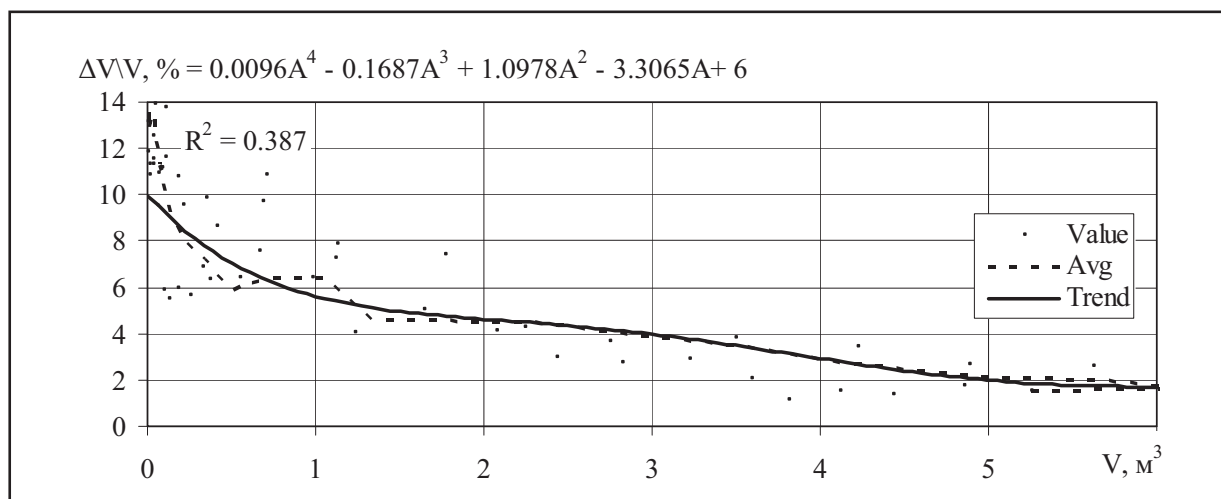
**Fig. 118.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту початково відповідав показникам IV бонітету, а пізніше III–I і навіть I<sup>a</sup> класів бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 15 м, а у 100 років – 34 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 28 см і трохи більше 75 см, а об'єм – приблизно 0,5 м<sup>3</sup> і майже 6 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 30–60 років і становив приблизно 0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, понад 9 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 45–85 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 75–105 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму 0,06 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, лише у віці дерев 100 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів 1 м<sup>3</sup> він становив 5 %, а при 5 м<sup>3</sup> – 2 %. Це характерно для дерев ялиці білої у віці 55 і 120 років (рис. 117 і 119).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 40). У середньому цей показник становить 0,402.

In general, the average growth rate of trees in height initially corresponded to the indicators of the IV bonitet, and later, III–I and even I<sup>a</sup> bonitet classes. At the age of 50 years, their height reached 15 m, and in 100 years – 34 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 28 cm and slightly more than 75 cm, and the volume – approximately 0.5 m<sup>3</sup> and slightly almost 6 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 30–60 years and was approximately 0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 9 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 45–85 years, and in the volume of trunks wood, more than 0.1 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup>, was found at the age of trees of 75–105 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of 0.06 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup> only at the age of the trees over 120 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that at the volume of trunks 1 m<sup>3</sup> it was 5 %, and at 5 m<sup>3</sup> – 2 %. This is characteristic of *Abies alba* trees at the age of 55 and 120 years (Figures 117 and 119).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 40). On average, this index is 0.402.



**Рис. 119.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 119.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 40

Table 40

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли в долині ріки Лімниці в Горґанах:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Abies alba* model trees, which grew in the valley of the Limnytsya River in Gorgany range: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	24	28	32	34	36	38	40	f <sub>d</sub>
8	0.443											0.452
12	0.440											0.447
16	0.438	0.434										0.442
20	0.435	0.431	0.428	0.424								0.437
24		0.429	0.425	0.421								0.431
28		0.426	0.423	0.419	0.415							0.426
32			0.420	0.416	0.413							0.421
36			0.417	0.414	0.410	0.406						0.416
40			0.415	0.411	0.408	0.404						0.411
44				0.409	0.405	0.401	0.398					0.405
48					0.402	0.399	0.395	0.393				0.400
52					0.400	0.396	0.393	0.391	0.389			0.395
56					0.397	0.394	0.390	0.388	0.386	0.385		0.390
60					0.394	0.391	0.387	0.386	0.384	0.382		0.385
64						0.388	0.385	0.383	0.381	0.379		0.379
68						0.386	0.382	0.380	0.379	0.377		0.374
72						0.383	0.379	0.378	0.376	0.374	0.372	0.369
76						0.380	0.377	0.375	0.373	0.371	0.370	0.364
80							0.374	0.372	0.371	0.369	0.367	0.359
84									0.368	0.366	0.364	0.353
88											0.362	0.348
f <sub>h</sub>	0.433	0.426	0.419	0.412	0.405	0.397	0.390	0.387	0.383	0.379	0.376	0.402





Підріст ялини європейської та ялиці білої під наметом молодого вільхового деревостану  
в долині ріки Лімниці

*Picea abies* and *Abies alba* undergrowth under the tent of a young alder stand  
in the Limnytsya River's valley





120-річна ялина у складі вільхового деревостану в долині ріки Лімниці  
120-year-old *Picea abies* tree in the alder forest in the valley of the Limnytsya River

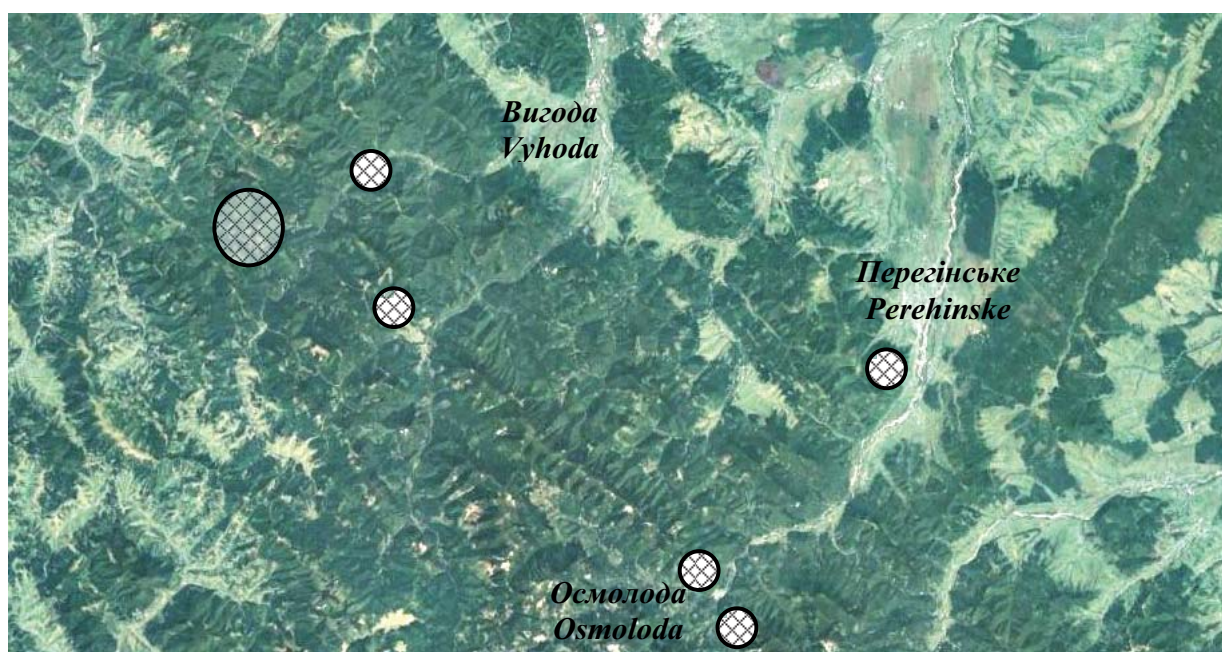


### Середньогір'я Ґорґан

Дослідження проведено на території Людви́ківського та Собо́льського лісництва Державного підприємства “Ви́годське лісове господарство”, Бистре́цького, Пере́гінського та Осмо́лодського лісництв Державного підприємства “Осмо́лодське лісове господарство”. Території місць росту досліджених модельних дерев показані на рис. 120. Модельні дерева відібрано в межах висоти 700–1000 м н. р. м. Схили різних експозицій, крутизною 15–30°. Ґрунтові умови: мезо-евтрофні слабокислі суглинкові дрібнокам'янисті (*Dystric-Eutric Cambisols*) періодично свіжі та вологі.

### Gorgany range montane zone

The researches were focused on the lands of Lyudvykivka and Sobol' Forestry of Vygod State Enterprise of Forestry Management, of Bystryk, Perehinsk and Osmoloda Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. The areas of the growth sites of the studied model trees are shown in Figure 120. Model trees are selected within the altitude of 700–1 000 m a.s.l. The slopes of different exposures, steep 15–30°. Soil conditions: meso-eutrophic slightly acidic sandy-loam (*Dystric-Eutric Cambisols*) periodically mesophile and meso-hygrophile.



**Рис. 120.** Місця на схилах Ґорґан, де було взято модельні дерева

**Fig. 120.** The location on the Gorgany range montane zone, where model trees were taken



**Бук лісовий**

Дослідження були зосереджені на землях Осмолодського та Краснянського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 41 та на рис. 121. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 122–124. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 125.

***Fagus sylvatica* L.**

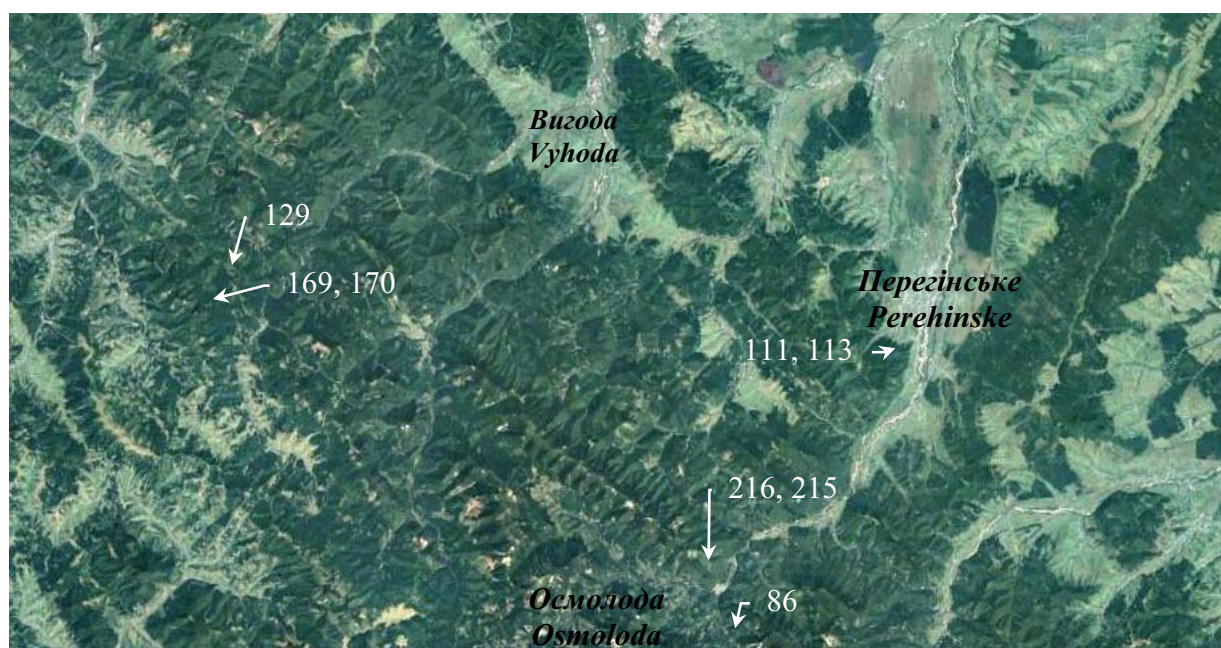
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Osmoloda and Krasne Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 41 and in Figure 121. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 122–124. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 125.

Таблиця 41

Table 41

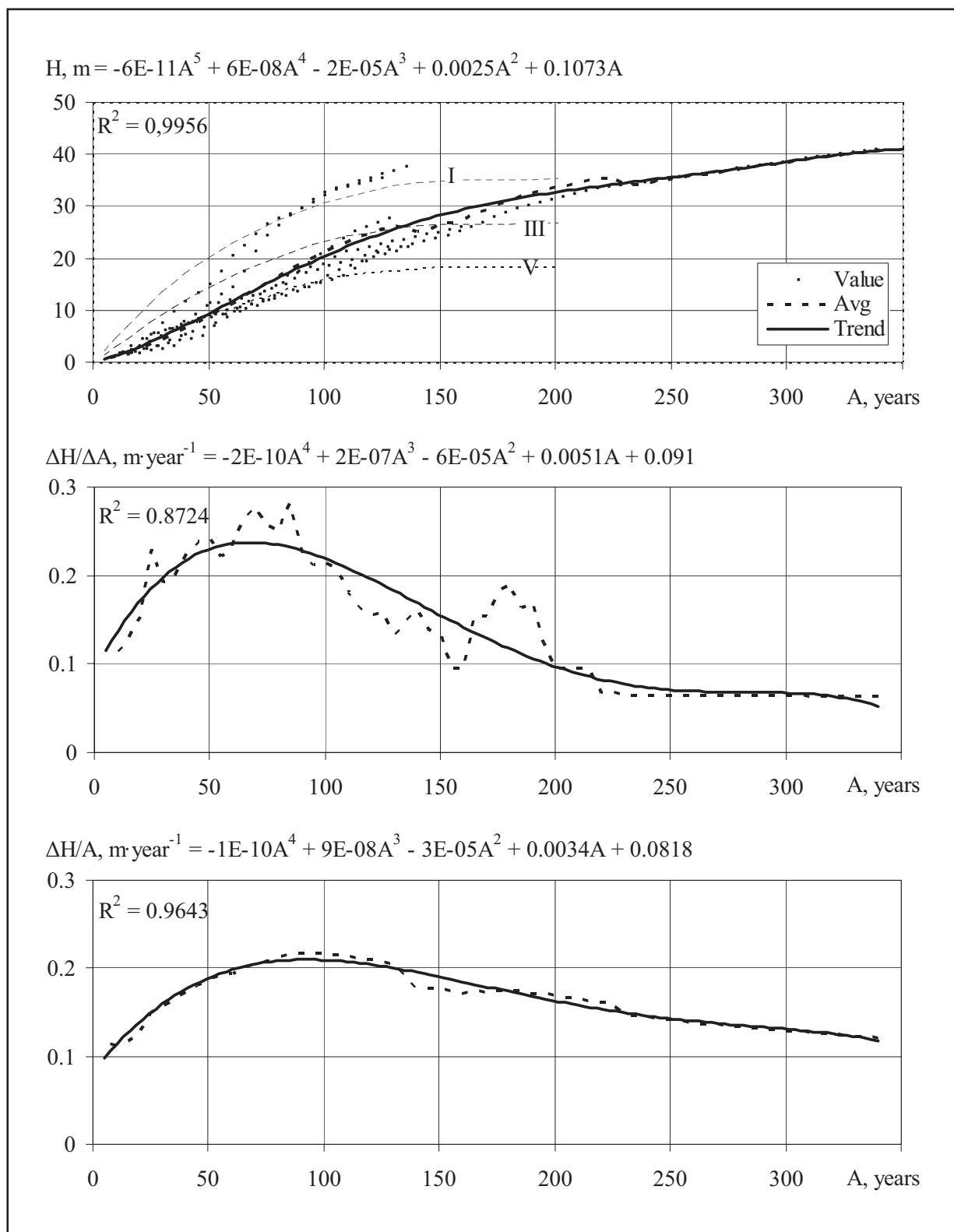
**Модельні дерева бука лісового, що росли на схилах Горґан****Model trees of *Fagus sylvatica*, which grew on the slopes of the Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
86	48.62441	24.03540	995	159	25.9	50	2.67
111	48.77147	24.16521	820	128	27.5	49.8	2.48
113	48.76773	24.17031	700	136	22.0	51.4	2.03
129	48.85993	23.61275	925	338	41.0	94.6	10.0
169	48.83586	23.60760	930	117	25	43	1.3
170	48.83586	23.60760	930	127	22.0	32.6	0.84
215	48.65306	24.01336	824	82	20,5	22,6	0
216	48.65306	24.01336	824	140	33	49	2.64



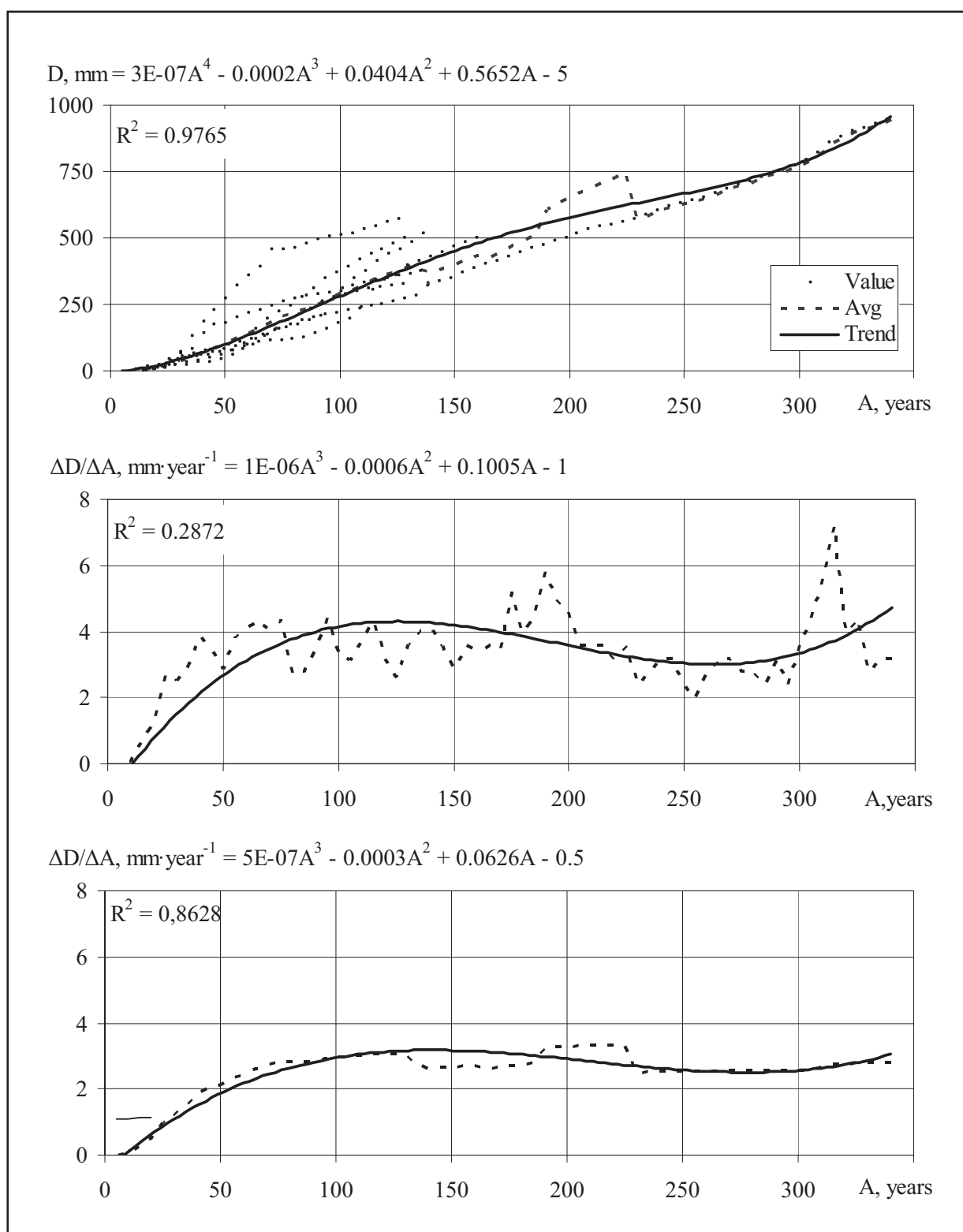
**Рис. 121.** Місця на схилах Горґан, де було взято модельні дерева бука лісового

**Fig. 121.** The places on the Gorgany range montane zone, where model trees of *Fagus sylvatica* were taken



**Рис. 122.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев бука лісового, що росли на схилах Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I, III і V – лінії класів бонітету

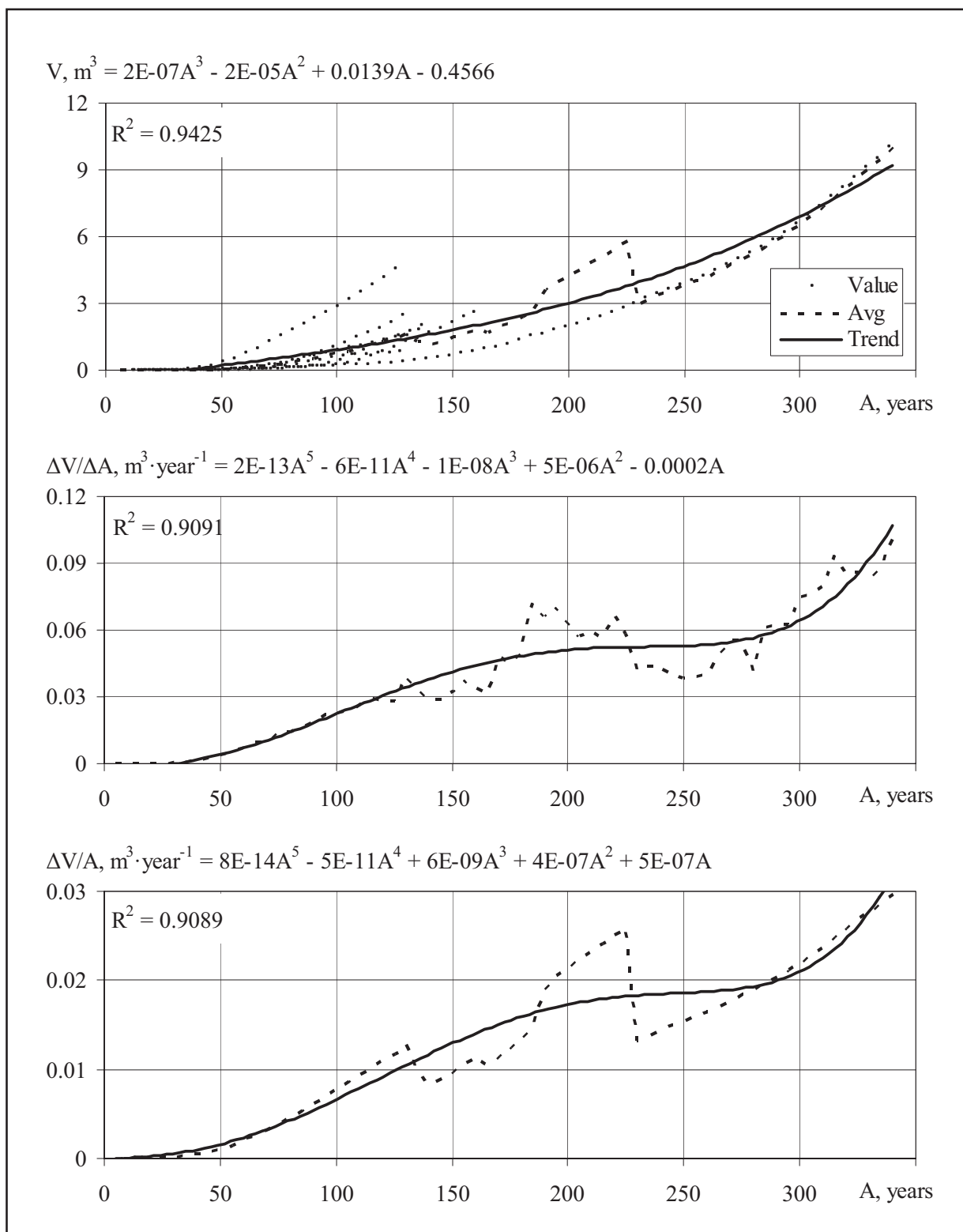
**Fig. 122.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I, III and V – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 123.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев бука лісового, що росли на схилах Горган: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

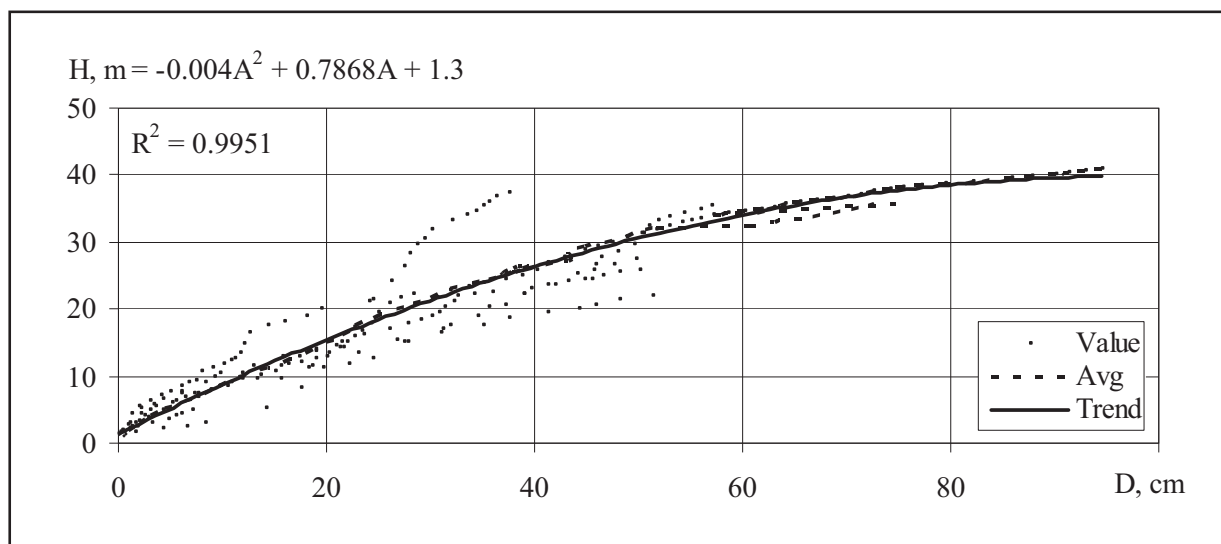
**Fig. 123.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 124.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев бука лісового, що росли на схилах Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 124.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 125.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, що росли на схилах Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

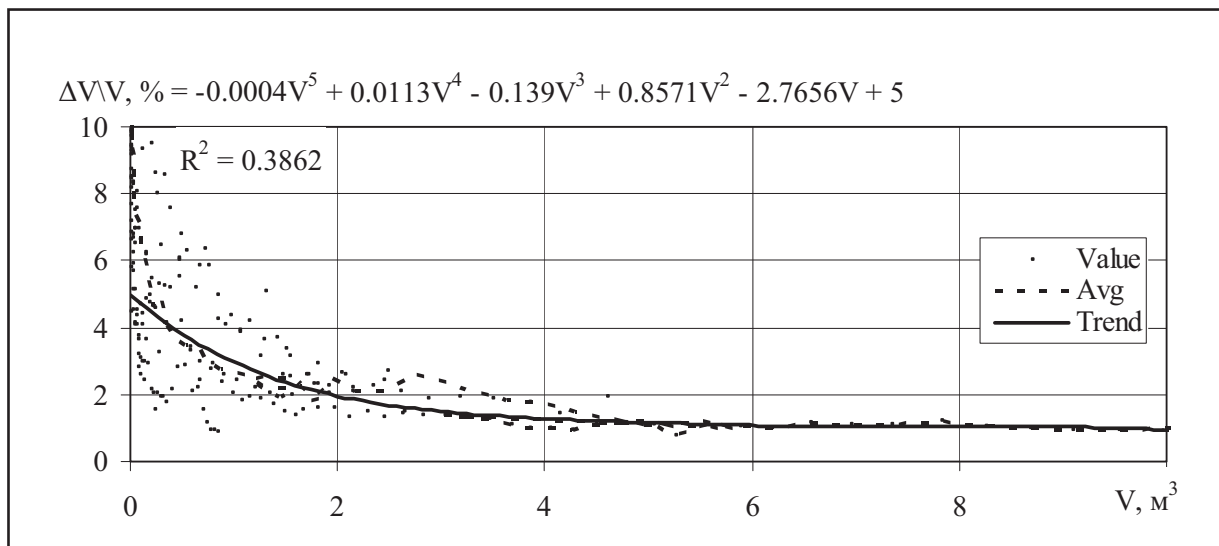
**Fig. 125.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту початково відповідав показникам V бонітету. У віці 50 років їх висота сягала лише 10 м. У віці 100 років вона сягала 20 м. У 150 років – 28 м. Це вже є показник III бонітету. У 200 років – 33 м, що наближається до нормативу I бонітету. У 300 років – 38 м. Відповідно, товщина стовбурів у 50 років сягала 10 см, у 100 років – 26 см, у 200 років – 58 см, а у 300 років – 78 см. Об'єм стовбура: у 50 років – приблизно  $0,05 \text{ м}^3$ , у 100 років –  $0,75 \text{ м}^3$ , у 200 років –  $4,3 \text{ м}^3$ , а у 300 років –  $6,5 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 30–120 років і становив приблизно  $0,2 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $4 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 90–170 років, а також у віці більше 300 років. Максимальний приріст об'єму стовбурної деревини, більше  $0,06 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерева понад 300 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він не перевищує 3 %. При об'ємі ж стовбура  $4\text{--}10 \text{ м}^3$  він становить 1 %. Це характерно для дерев бука лісового у віці понад 230 років (рис. 124 і 126).

In general, the average growth rate of trees in height initially corresponded to the V bonitet. At the age of 50, their height reached only 10 meters. At the age of 100, it reached 20 meters. At 150 years it was 28 meters. This is already an indicator of the III bonitet. In 200 years – 33 m, which is approaching the norm and the I bonitet. In 300 years – 38 m. Accordingly, the thickness of the trunks in 50 years reached 10 cm, in 100 years – 26 cm, in 200 years – 58 cm, and in 300 years – 78 cm. The volume of the trunk: in 50 years – about  $0.05 \text{ m}^3$ , at 100 years –  $0.75 \text{ m}^3$ , in 200 years –  $4.3 \text{ m}^3$ , and in 300 years –  $6.5 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 30–120 years and was approximately  $0.2 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $4 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 90–170 years, and also at the age of more than 300 years. The maximum increment in the volume of trunk wood, more than  $0.06 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of the tree more than 300 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1.0 \text{ m}^3$ , it does not exceed 3 %. At the volume of the same trunk  $4\text{--}10 \text{ m}^3$  this indicators is 1%. This is typical for *Fagus sylvatica* trees over the age of 230 years (Figures 124 and 126).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 42). У середньому цей показник становить 0,426.

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 42). On average, this index is 0.426.



**Рис. 126.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев бука лісового, що росли на схилах Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 126.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 42

Table 42

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев бука лісового, що росли у середньогір'ї Горган:**

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Fagus sylvatica* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	24	26	28	30	32	34	36	38	f <sub>d</sub>
8	0.564	0.532	0.507										0.569
12	0.536	0.506	0.482	0.463									0.513
16	0.513	0.485	0.461	0.444	0.431								0.471
20		0.469	0.446	0.429	0.417	0.412	0.409	0.407					0.441
24		0.457	0.435	0.418	0.407	0.402	0.399	0.396	0.395				0.419
28			0.428	0.411	0.400	0.395	0.392	0.390	0.388	0.387	0.387		0.405
32				0.407	0.395	0.391	0.388	0.386	0.384	0.383	0.383		0.396
36				0.405	0.393	0.389	0.386	0.384	0.382	0.381	0.381	0.381	0.392
40					0.393	0.388	0.385	0.383	0.381	0.380	0.380	0.380	0.391
44					0.393	0.389	0.385	0.383	0.381	0.381	0.380	0.380	0.391
48							0.386	0.384	0.382	0.381	0.381	0.381	0.392
52									0.382	0.381	0.381	0.381	0.393
56										0.381	0.381	0.381	0.393
f <sub>h</sub>	0.559	0.498	0.452	0.418	0.394	0.386	0.380	0.375	0.372	0.370	0.370	0.370	0.426



**Ялина європейська**

Дослідження були зосереджені на землях Людви́ківського та Собольського лісництв Державного підприємства “Вигодське лісове господарство”, Бистрецького та Осмолодського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 43 та рис. 127. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 128–130. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 131.

***Picea abies* (L.) Karst.**

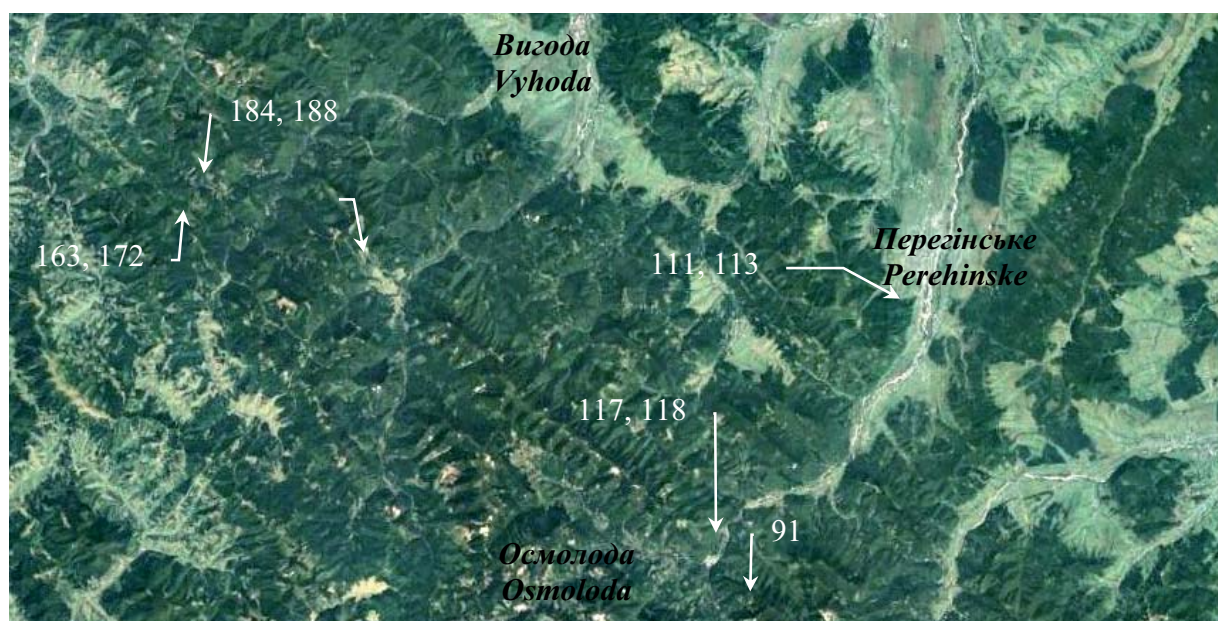
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Lyudvykivka and Sobol' Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management, of Bystryk, Pereginsk and Osmoloda Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 43 and in Figure 127. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figure 128–130. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 131.

Таблиця 43

Table 43

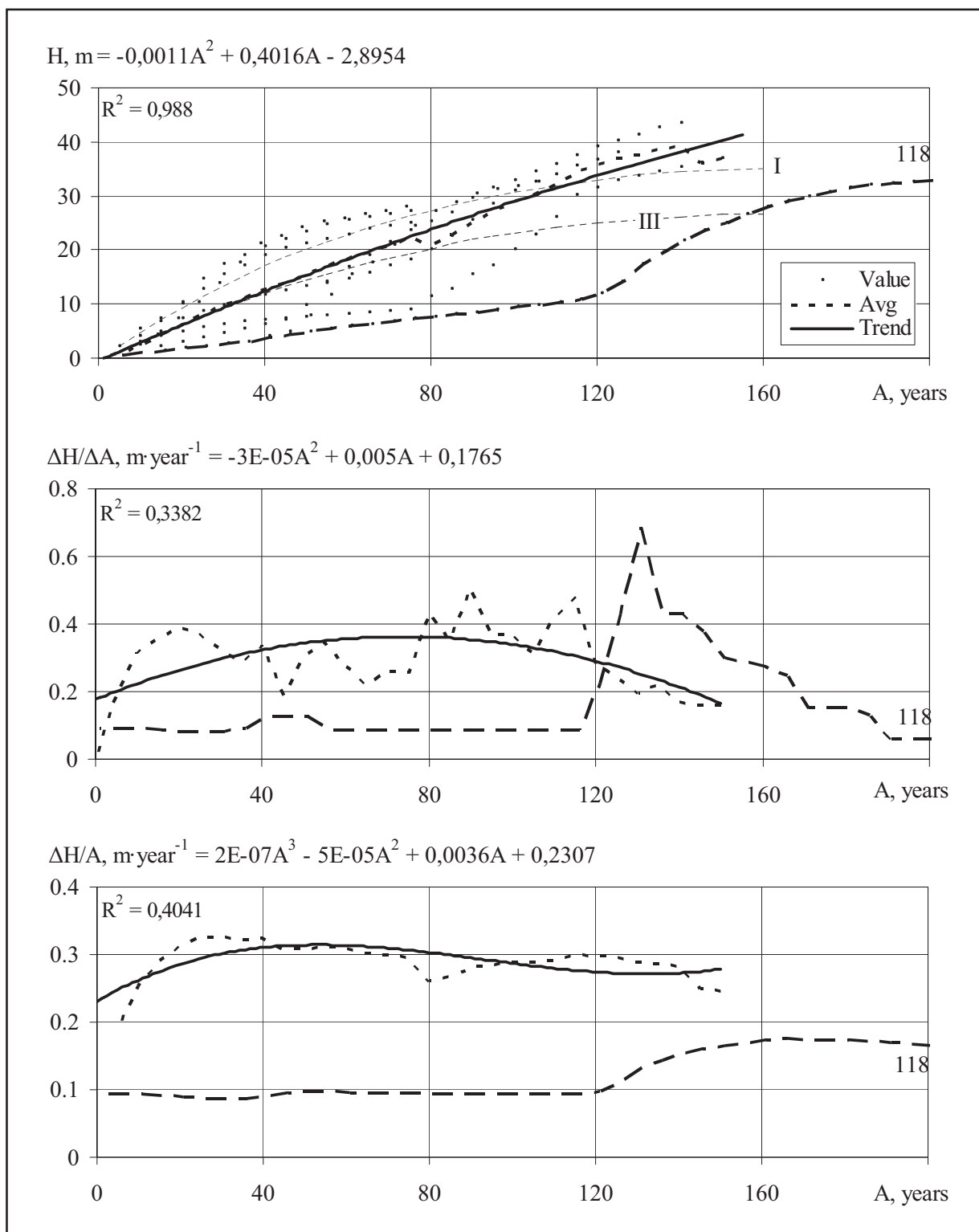
**Модельні дерева ялини європейської, що росли на схилах Горґан****Model trees of *Picea abies*, which grew on the slopes of the Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
2	48.80640	23.73705	810	140	43.6	72.8	6.93
91	48.62073	24.03153	820	106	32.5	48.6	2.77
117	48.65222	24.01251	860	150	37.0	64.0	4.1
118	48.65222	24.01251	860	201	33.0	66.6	4.1
163	48.83618	23.60835	920	74	28.0	42.6	1.86
172	48.83618	23.60835	930	75	25.0	19.8	0.41
184	48.84442	23.63564	819	75	27.2	20.4	0.48
188	48.84231	23.62385	795	125	38.0	53.0	3.93



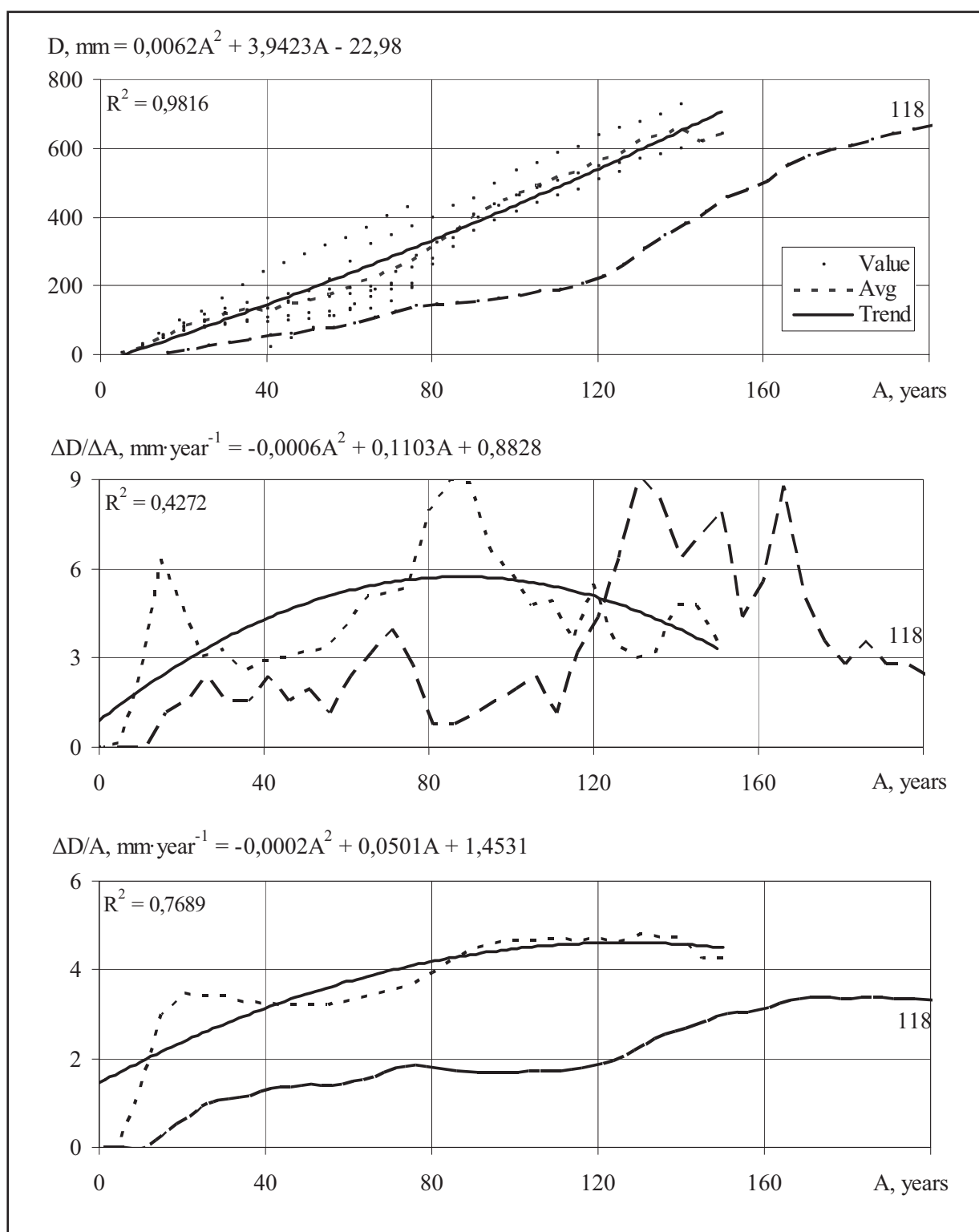
**Рис. 127.** Місця на схилах Горґан, де було взято модельні дерева ялини європейської

**Fig. 127.** The places on the Gorgany range montane zone, where model trees of *Picea abies* were taken



**Рис. 128.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялини європейської, що росли на схилах Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; I і III – лінії класів бонітету; "Trend" – лінія тренду; "118" – фактичні значення найстаршого дерева

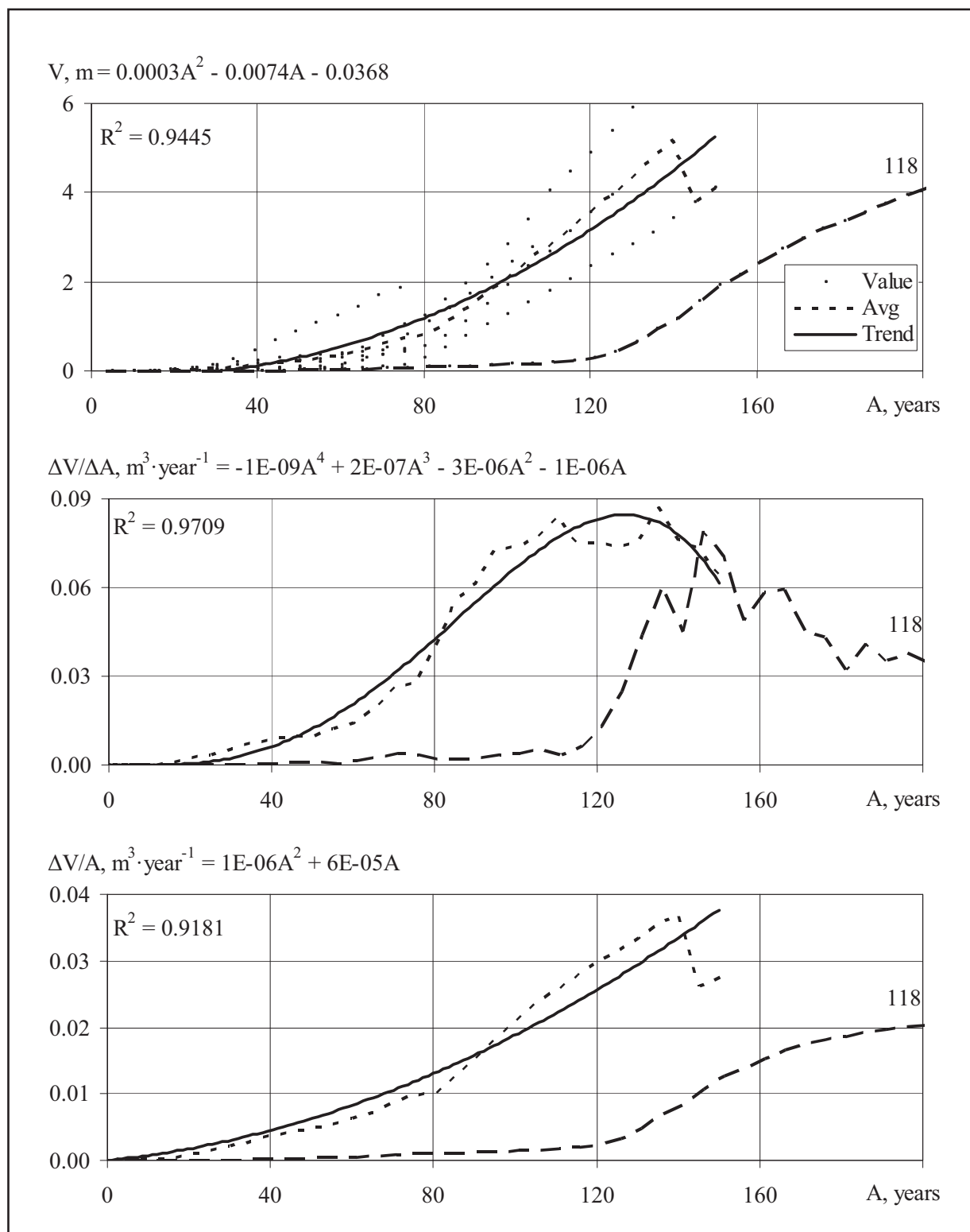
**Fig. 128.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes. "118" – the actual value of the oldest tree



**Рис. 129.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялини європейської, що росли на схилах Ґорґан: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

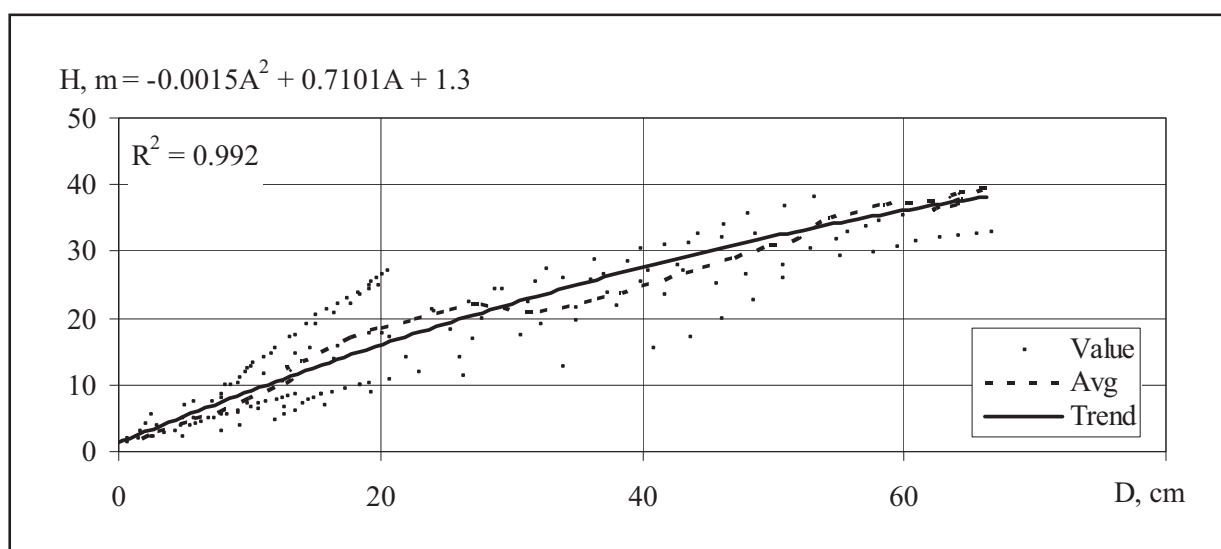
**Fig. 129.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees, which which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 130.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли на схилах Горґан:  
 "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 130.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone:  
 "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 131.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли на схилах Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 131.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту початково відповідав показникам III–II бонітету. У віці 50 років висота дерев сягала 15 м, а у 100 років – майже 30 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 23 см і трохи більше 42 см, а об'єм – приблизно  $0,5 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $2 \text{ м}^3$ . У віці понад 100 років швидкість росту дерев зростає до показників I та I<sup>a</sup> бонітету. У віці 120 років висота дерев становила 33 м, товщина стовбурів – 53 см, а об'єм –  $3 \text{ м}^3$ . Найстарше дерево початково, мабуть, росло під наметом деревостану. Його висота у 100 років становила лише 10 м, що відповідає нормативу V<sup>a</sup> бонітету. Товщина стовбура була всього 16 см. Проте вже у віці 160 років його висота становила 27 м, що відповідає нормативу III бонітету. У 200 років висота дерева була 32 м, товщина стовбура – 65 см, а його об'єм –  $4 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 40–100 років і становив приблизно  $0,3 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше  $5 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 60–120 років, а за об'ємом стовбурної

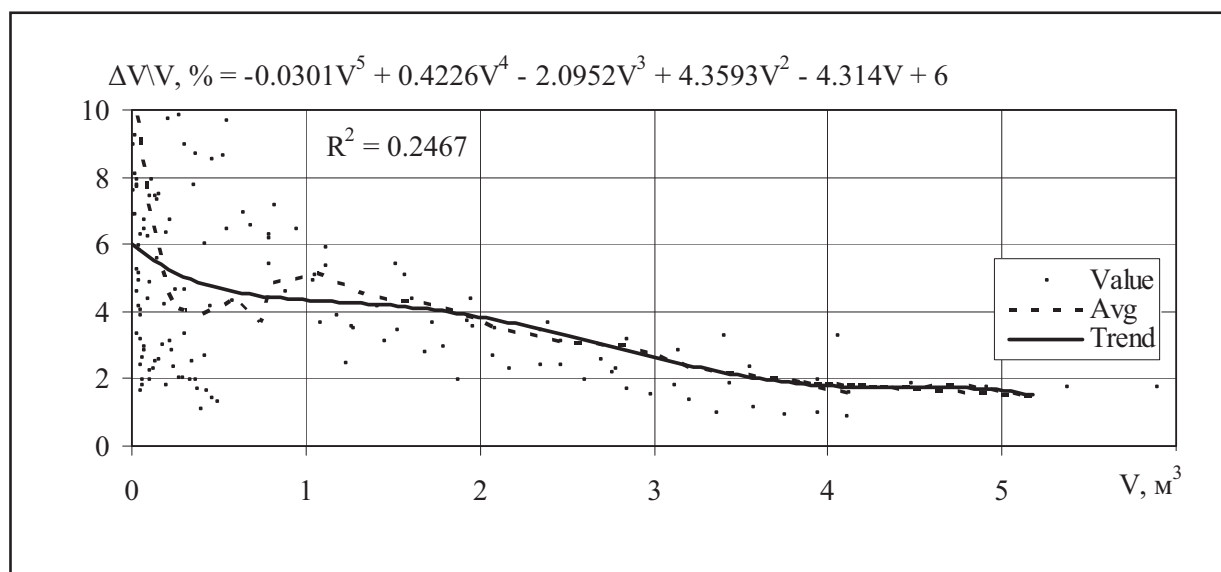
In general, the average growth rate of the trees in height initially corresponded to the indicators of the III–II bonitet. At the age of 50 years, their height reached 15 m, and in 100 years – almost 30 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 23 cm and slightly more than 42 cm, and the volume – approximately  $0.5 \text{ m}^3$  and slightly more than  $2 \text{ m}^3$ . At the age of more than 100 years, the growth rate of trees grows to the indicators of the I and I<sup>a</sup> bonitet. At the age of 120 years the height of the trees was 33 m, the thickness of the trunks was 53 cm, and the volume was  $3 \text{ m}^3$ . The oldest tree from the beginning, apparently, grew under the forest canopy. Its height in 100 years was only 10 m, which corresponds to the standard V<sup>a</sup> bonitet. The thickness of the trunk was only 16 cm. However, at the age of 160 years its height was 27 m, which corresponds to the norm of the III bonitet. In 200 years the height of the tree was 32 m, the thickness of the trunk – 65 cm, and its volume –  $4 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 40–100 years and was approximately  $0.3 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $5 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at

деревини, більше  $0,07 \text{ м}^3 \text{ рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 100–140 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  лише у віці дерев 200 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він не перевищує 2,3 %. Це характерно для дерев ялини європейської у віці 80 років. При об'ємі стовбурів понад  $3,5 \text{ м}^3$  він становить 2–1,5 % (рис. 130 і 132).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 44). У середньому цей показник становить 0,465.

the age of 60–120 years, and in the volume of trunks wood, more than  $0.07 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , was found at the age of 100–140 years old trees. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.02 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$  only at the age of the trees 200 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ м}^3$ , it does not exceed 2.3 %. This is characteristic of *Picea abies* trees at the age of 80 years. With a trunks volume of more than  $3.5 \text{ м}^3$  it is 2–1.5% (Figures 130 and 132).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 44). On average, this index is 0.465.



**Рис. 132.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли на схилах Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 132.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend



Таблиця 44

Table 44

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли у середньогір'ї Горґан: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	12	16	20	24	28	32	34	36	38	40	44	f <sub>d</sub>
8	0.601	0.582											0.612
12	0.587	0.569	0.552										0.585
16	0.575	0.557	0.540	0.525									0.560
20	0.562	0.545	0.529	0.514	0.499	0.486							0.536
24		0.534	0.518	0.503	0.489	0.476							0.514
28		0.523	0.508	0.493	0.479	0.467							0.494
32		0.513	0.498	0.483	0.470	0.458							0.475
36			0.489	0.474	0.461	0.449							0.458
40			0.480	0.466	0.453	0.441	0.431						0.442
44				0.459	0.446	0.434	0.424						0.428
48				0.452	0.440	0.428	0.418	0.413	0.408				0.416
52						0.422	0.412	0.408	0.403	0.399			0.405
56							0.408	0.403	0.399	0.394			0.396
60							0.404	0.399	0.395	0.391			0.388
64									0.392	0.388	0.384		0.382
68											0.382	0.376	0.378
72												0.374	0.375
f <sub>h</sub>	0.590	0.555	0.522	0.492	0.465	0.441	0.420	0.410	0.401	0.393	0.386	0.373	0.465

**Ялиця біла**

Дослідження були зосереджені на землях Собольського лісництва Державного підприємства “Вигодське лісове господарство”, Ангелівського та Осмолодського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство” і Поляницького лісництва Державного підприємства “Ворохтянське лісове господарство” [13]. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено на рис. 133 та у табл. 45. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 134–136. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 137.

***Abies alba* Mill.**

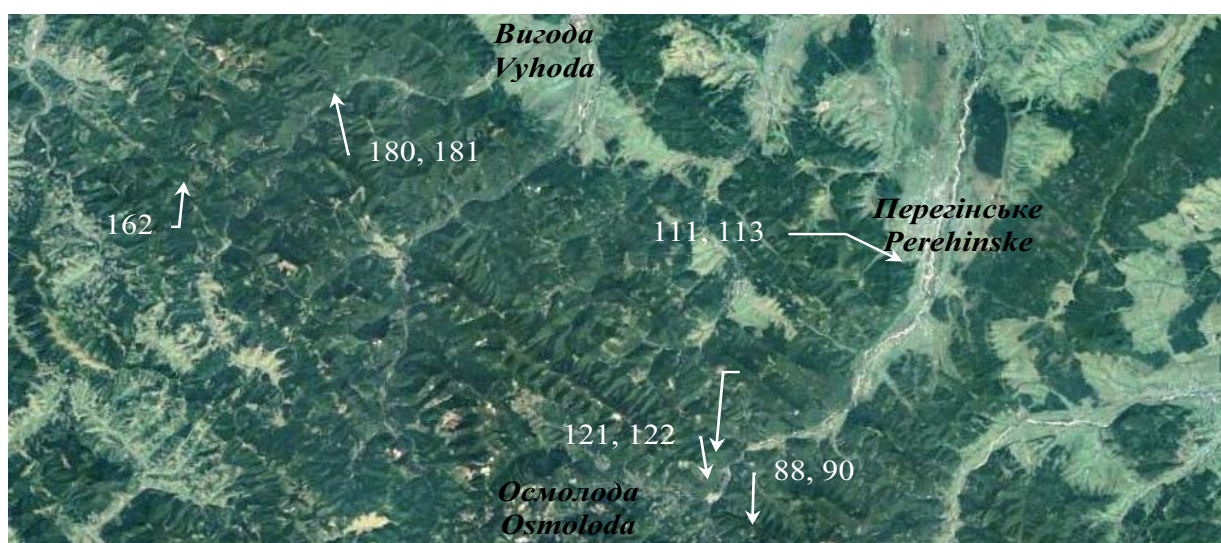
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Sobol' Forestry of Vygoda State Enterprise of Forestry Management, of Angeliv and Osmoloda Forestry of Osmoloda State Enterprise of Forestry Management and of Polyanytsya Forestry of Vorokhta State Enterprise of Forestry Management [13]. General information on their geographical location and biometric data are given in Figure 133 and in Table 45. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 134–136. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 137.

Таблиця 45

Table 45

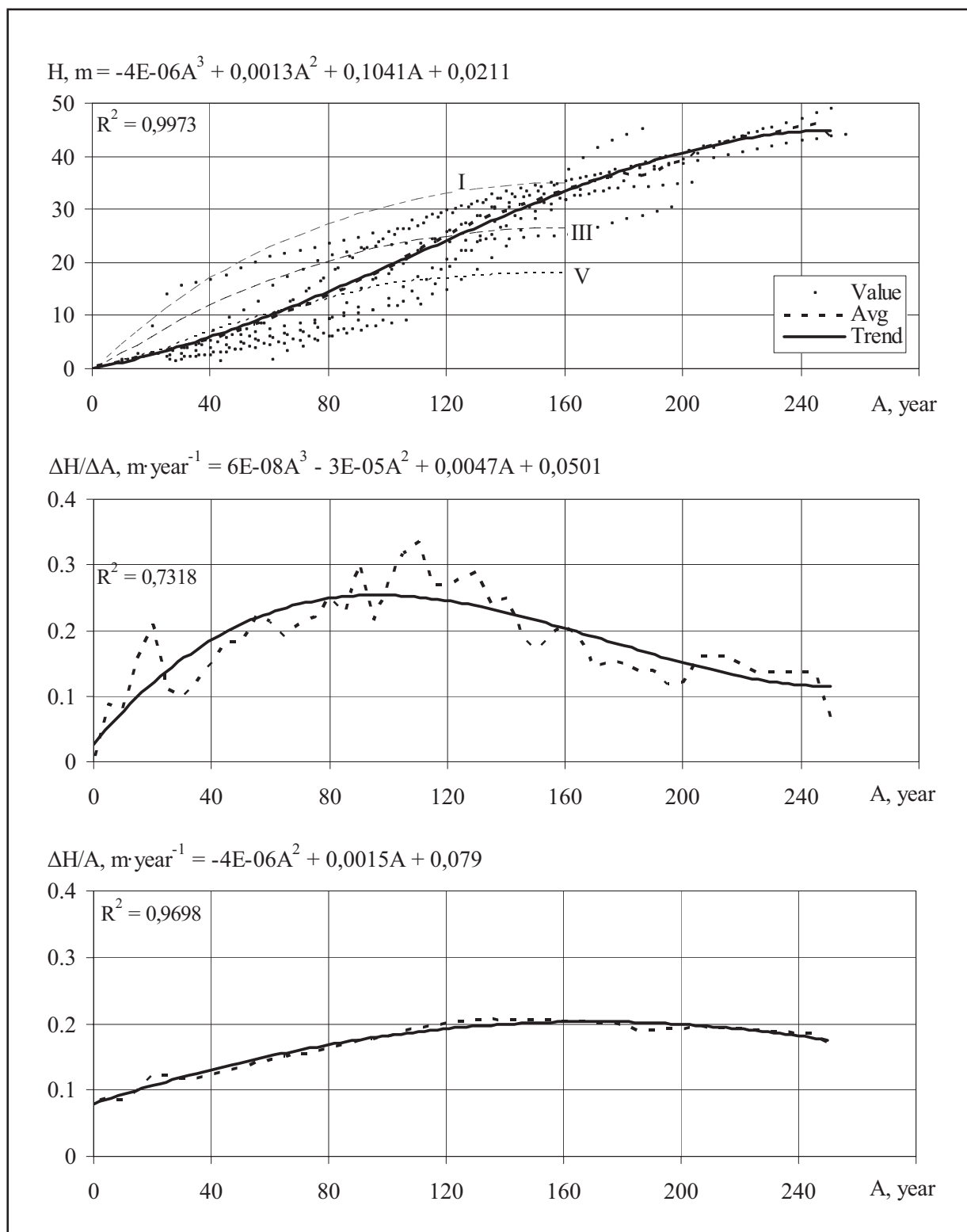
**Модельні дерева ялиці білої, що росли на схилах Горґан****Model trees of *Abies alba*, which grew on the slopes of the Gorgany range**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
25	48.66937	24.02727	750	136	30	56	3.37
58	48.32256	24.42458	1000	255	44	107	20.7
88	48.62441	24.03540	995	196	30	55	3.26
90	48.62154	24.03227	860	141	31	49	2.99
121	48.65222	24.01251	865	250	49	110	17.9
122	48.65222	24.01251	865	186	45	76	8.4
162	48.85949	23.61241	905	227	45	78	9.98
180	48.87880	23.69525	730	158	33	49	3.02
181	48.87880	23.69525	730	203	35	63	5.68



**Рис. 133.** Місця на схилах Горґан, де було взято модельні дерева ялиці білої

**Fig. 133.** The places on the Gorgany range montane zone, where model trees of *Abies alba* were taken



**Рис. 134.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялиці білої, що росли на схилах Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; I і III – лінії класів бонітету; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 134.** The trend of growth, the current and the average increments in height of *Abies alba* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes





Ялицево-буковий праліс у Собольському лісництві в Ґорґанах на висоті 800 м н. р. м.

*Abies alba* – *Fagus sylvatica* virgin forest in Sobol' Forestry on the Gorgany range at altitude of 800 m a.s.l.





Буковий праліс на висоті 1000 м н. р. м. в Осмолодському лісництві в Ґорґанах  
*Fagus sylvatica* virgin forest at altitude of 1 000 m a.s.l. in the Osmoloda Forestry  
in the Gorgany mountain range





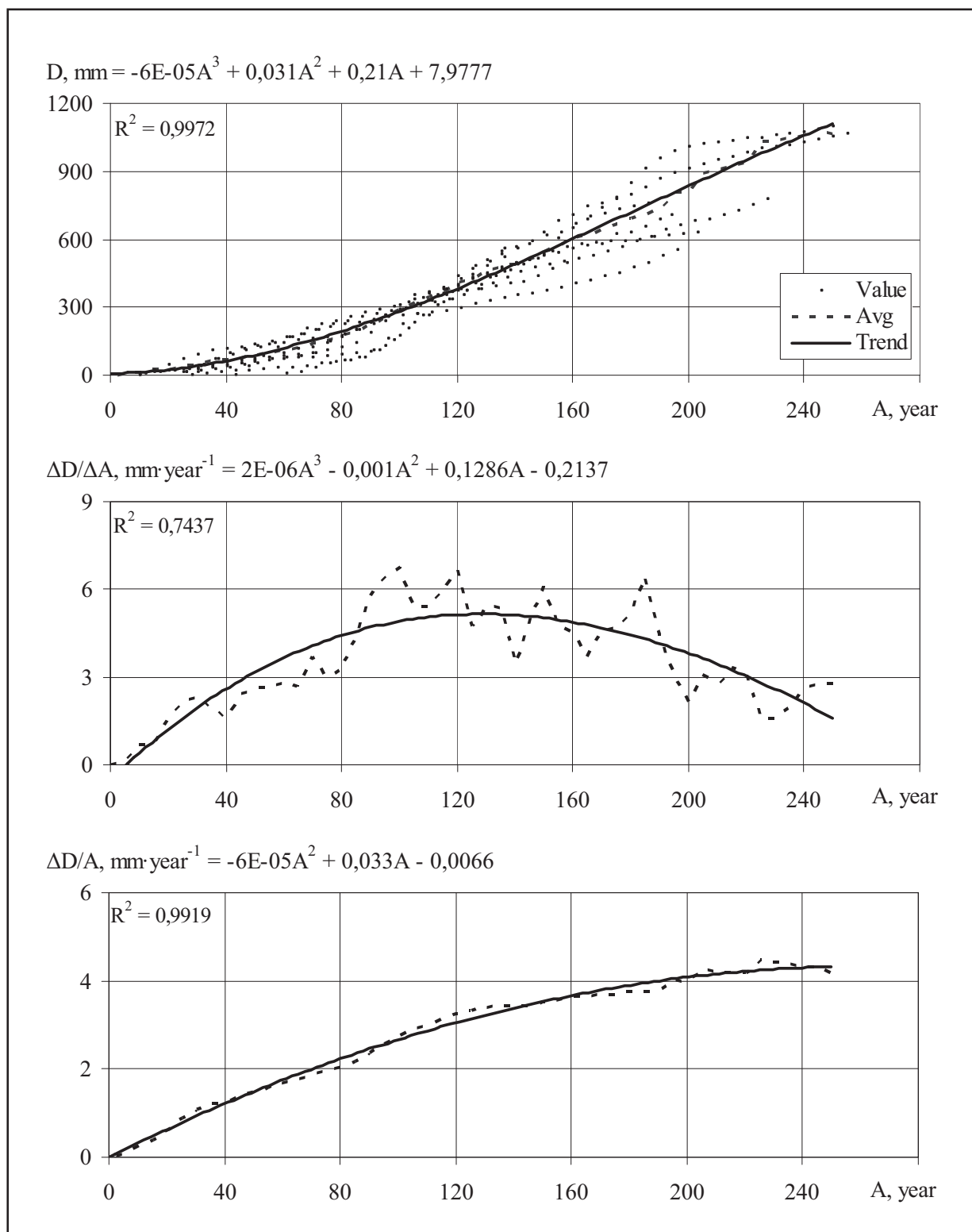
Високогірні ялинники на кам'янистих розсипах у Ґорґанах  
High-montane spruce forests on the stony deposits on the Gorgany mountain range





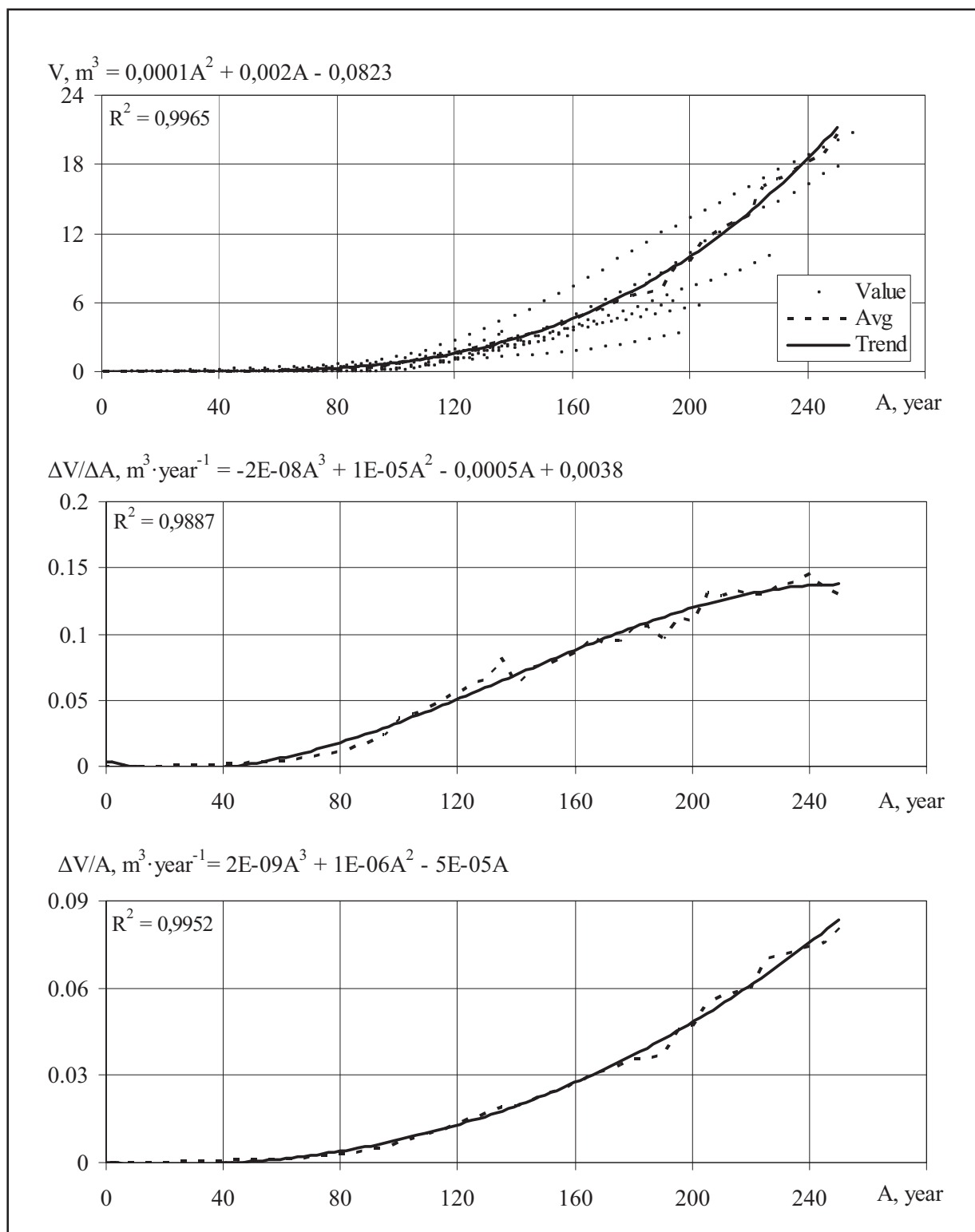
Високогірні ялинові праліси в Ґорґанах  
High-montane spruce virgin forests on the Gorgany mountain range





**Рис. 135.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялиці білої, що росли на схилах Ґорґан: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

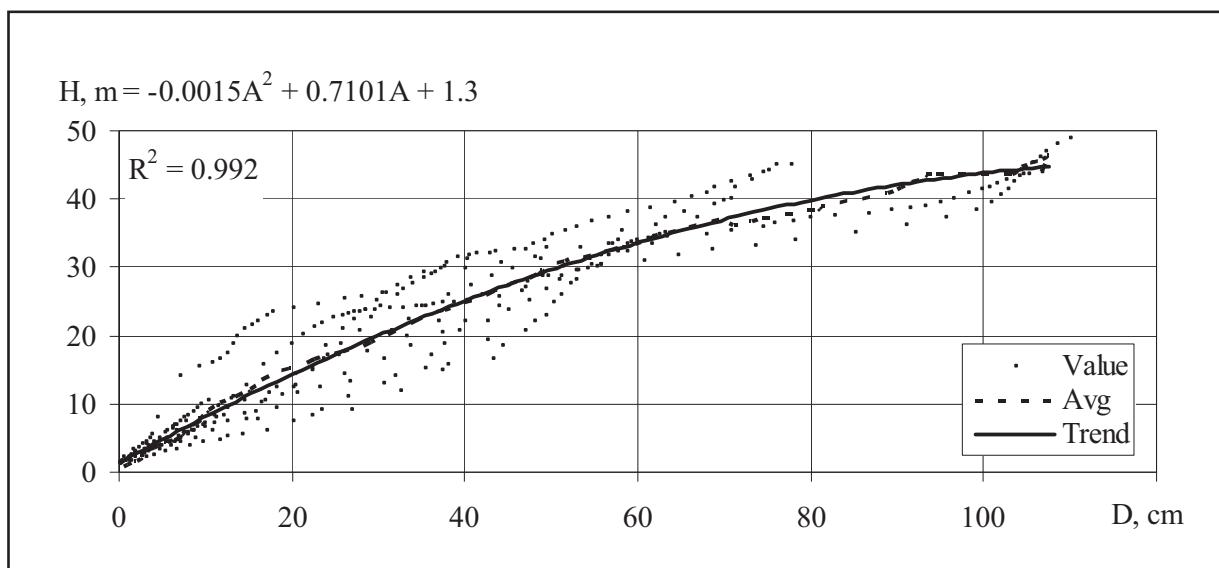
**Fig. 135.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Abies alba* model trees, which which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 136.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли на схилах Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 136.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Abies alba* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 137.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли на схилах Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 137.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Abies alba* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту в молодому віці був повільний і відповідав показникам V бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 10 м, а у 100 років – 20 м. У віці 120 років їх висота сягала 24 м, що відповідає нормативу III бонітету. У віці 160 років швидкість росту дерев у висоту зросла до показника I бонітету, а у 200 років – I<sup>b</sup> бонітету. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 14, 29, 37, 60 та 83 см, а об'єм – приблизно 0,06, 0,7, 1,7, 4,6, 9,7 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 40–160 років і становив приблизно 0,2 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, більше 4 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 80–170 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев 170–250 років.

Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної де-

In general, the average growth rate of the trees in height at a young age was slow and consistent with the V bonitet. At the age of 50 years, their height reached 10 m, and in 100 years – 20 m. At the age of 120 years, their height reached 24 m, which corresponds to the norm of the III bonitet. At the age of 160 years, the speed of growth in height of trees has Increment to the index of I bonitet, and in 200 years – I<sup>b</sup> bonitetet. Accordingly, the thickness of the trunks at this age reached 14, 29, 37, 60 and 83 cm, and the volume was approximately 0.06, 0.7, 1.7, 4.6, 9.7 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 40–160 years and was approximately 0.2 m yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than 4 mm yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 80–170 years, and in the volume of trunks wood, more than 0.1 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup>, was found at the age of old trees of 170–250 years.

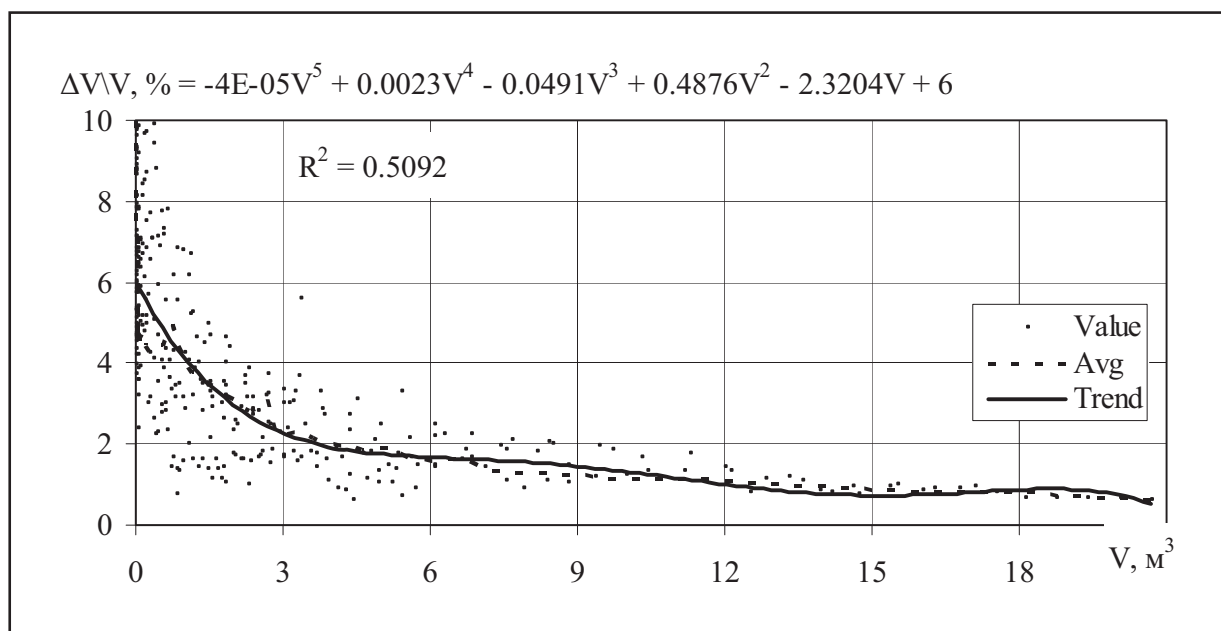
Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk

ревини сягнув максимуму,  $0,07 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , лише у віці дерев понад 240 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1 \text{ м}^3$  він не перевищує 4 %. При об'ємі ж стовбура  $4\text{--}20 \text{ м}^3$  цей показник становив  $2\text{--}0,7 \text{ \%}$ . Це характерно для дерев ялиці білої у віці понад 160 років (рис. 138).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 46). У середньому цей показник становить 0,495.

wood reached a maximum of  $0.07 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 240 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ м}^3$ , it does not exceed 4 %. At the volume of the same trunk  $4\text{--}20 \text{ м}^3$  this indicators is  $2\text{--}0,7\%$ . This is typical for *Abies alba* trees over the age of 160 years (Figures 138).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 46). On average, this index is 0.495.



**Рис. 138.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли на схилах Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 138.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Abies alba* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 46

Table 46

Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялиці білої, що росли у середньогір'ї Горґан:

"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Abies alba* model trees, which grew on the Gorgany range montane zone:

"f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;

"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks

D \ H	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	46	48	f <sub>d</sub>
8	0.612	0.588	0.578										0.650
12	0.601	0.578	0.568	0.566									0.628
16	0.591	0.568	0.559	0.557	0.558								0.607
20	0.582	0.559	0.550	0.548	0.549								0.588
24	0.573	0.551	0.542	0.540	0.541								0.571
28	0.565	0.543	0.534	0.532	0.533								0.555
32		0.536	0.527	0.525	0.526	0.526							0.541
36			0.521	0.519	0.520	0.519							0.527
40			0.515	0.513	0.514	0.513	0.509						0.516
44			0.509	0.508	0.508	0.508	0.504						0.505
48				0.503	0.503	0.503	0.499						0.495
52					0.499	0.499	0.495	0.487					0.487
56					0.495	0.495	0.491	0.483					0.479
60						0.491	0.487	0.479					0.472
64							0.484	0.476	0.464				0.466
68							0.482	0.474	0.461				0.461
72							0.479	0.471	0.459	0.443			0.456
76								0.469	0.457	0.441			0.452
80								0.467	0.455	0.440			0.449
84								0.466	0.454	0.438			0.445
88								0.464	0.452	0.437			0.443
92								0.463	0.451	0.436			0.440
96									0.450	0.434	0.426		0.438
100									0.449	0.433	0.425		0.436
104										0.432	0.424	0.416	0.434
108										0.431	0.423	0.415	0.432
112											0.422	0.414	0.430
f <sub>h</sub>	0.576	0.532	0.514	0.510	0.512	0.511	0.503	0.487	0.462	0.431	0.415	0.399	0.495



## Високогір'я Горґан

Дослідження проведено на території Бистрецького, Довгополянського та Осмолодського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Території місць росту досліджених модельних дерев показані на рис. 139. Це верхні та середні частини найвищих гірських масивів. Модельні дерева відібрано в межах висоти 1285–1365 м н. р. м. Схили різних експозицій, крутизною 20–35°. Ґрунтові умови: оліго-мезотрофні кислі дуже кам'яністі (*Cambic Leptosols*) періодично свіжі та вологі.

## Gorgany range altimontane zone

The researches were focused on the lands of Bystryk, Dovgapolyana and Osmoloda Forestry of the Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. The areas of the growth sites of the studied model trees are shown in Figure 139. This upper and middle parts of the highest mountain ranges. Model trees are selected within the altitude of 1 285–1 365 m a.s.l. The slopes of different exposures, steep 20–35°. Soil conditions: oligo-mesotrophic slacidic very stony (*Cambic Leptosols*) periodically mesophile and mesohygrophile.

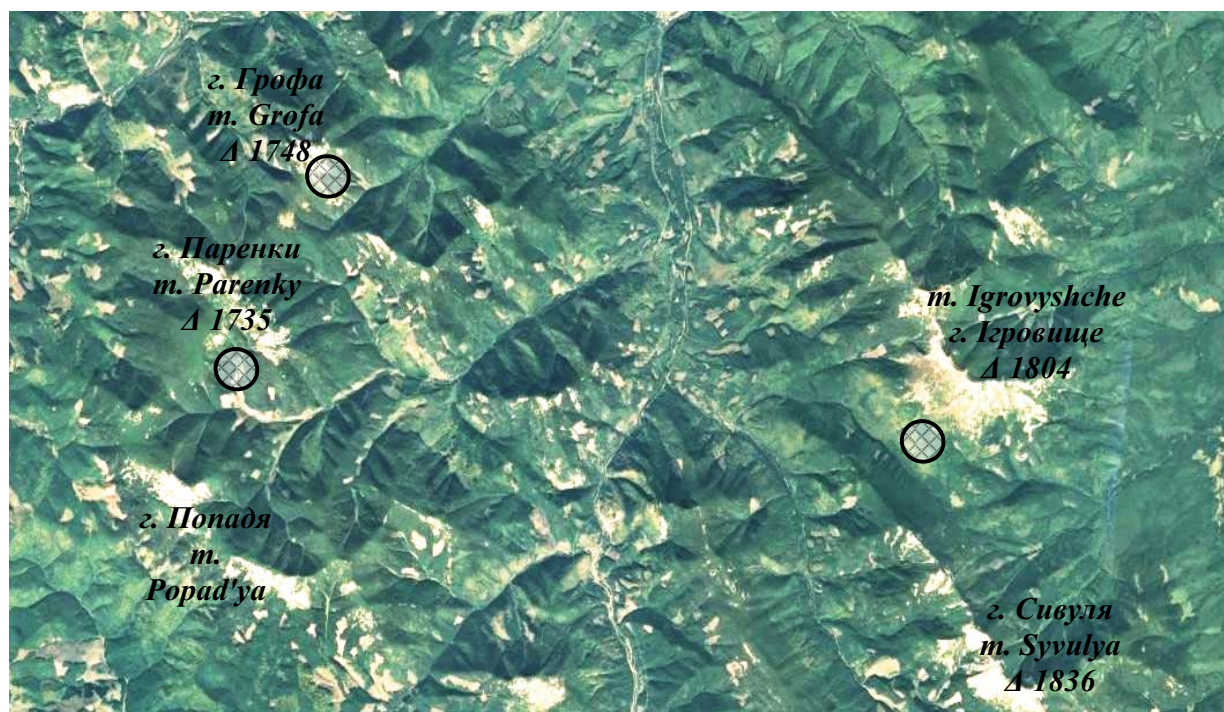


Рис. 139. Місця у високогір'ї Горґан, де було взято модельні дерева

Fig. 139. The location in the Gorgany range altimontane zone, where model trees were taken

**Сосна кедрова*****Pinus cembra* L.**

Дослідження були зосереджені на землях Бистрецького та Осмолодського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 47 та на рис. 140. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 141–143. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 144.

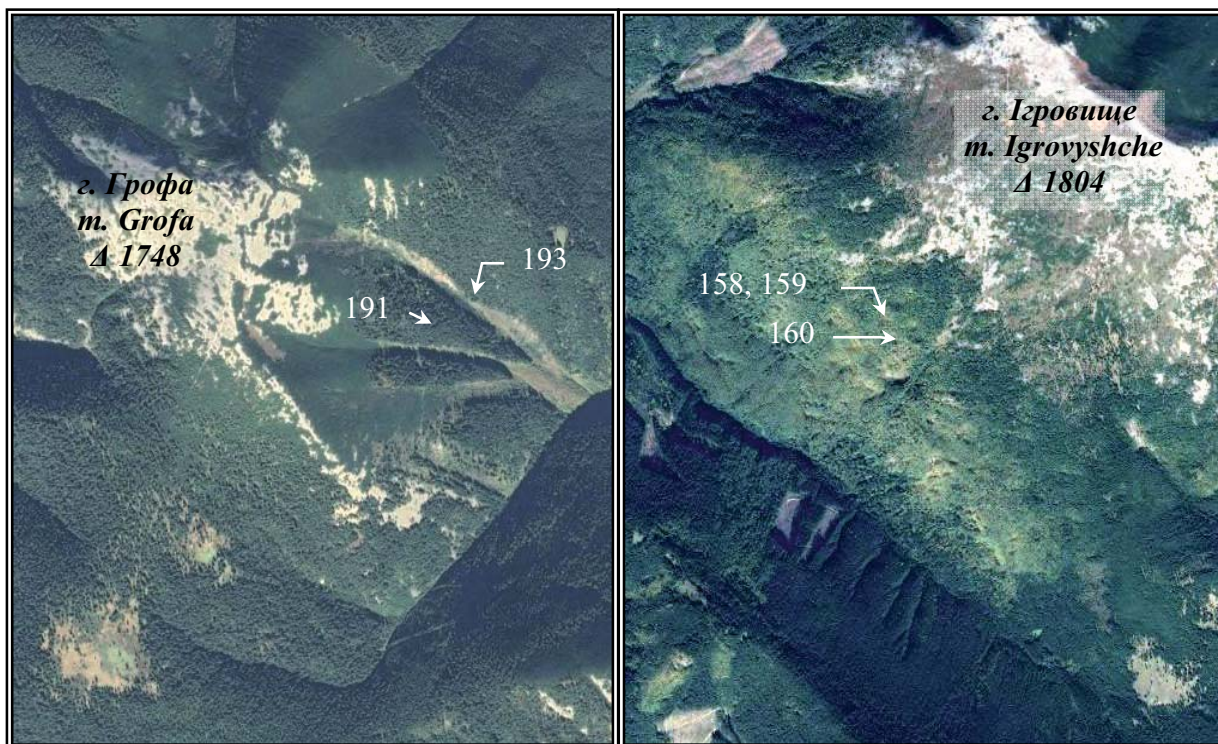
The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bystryk and Osmoloda Forestry of the Osmoloda State State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 47 and in Figure 140. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figure 141–143. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 144.

Таблиця 47

Table 47

**Модельні дерева сосни кедрової, що росли у високогір'ї Ґорґан****Model trees of *Pinus cembra*, which grew on the Gorgany range altimontane zone**

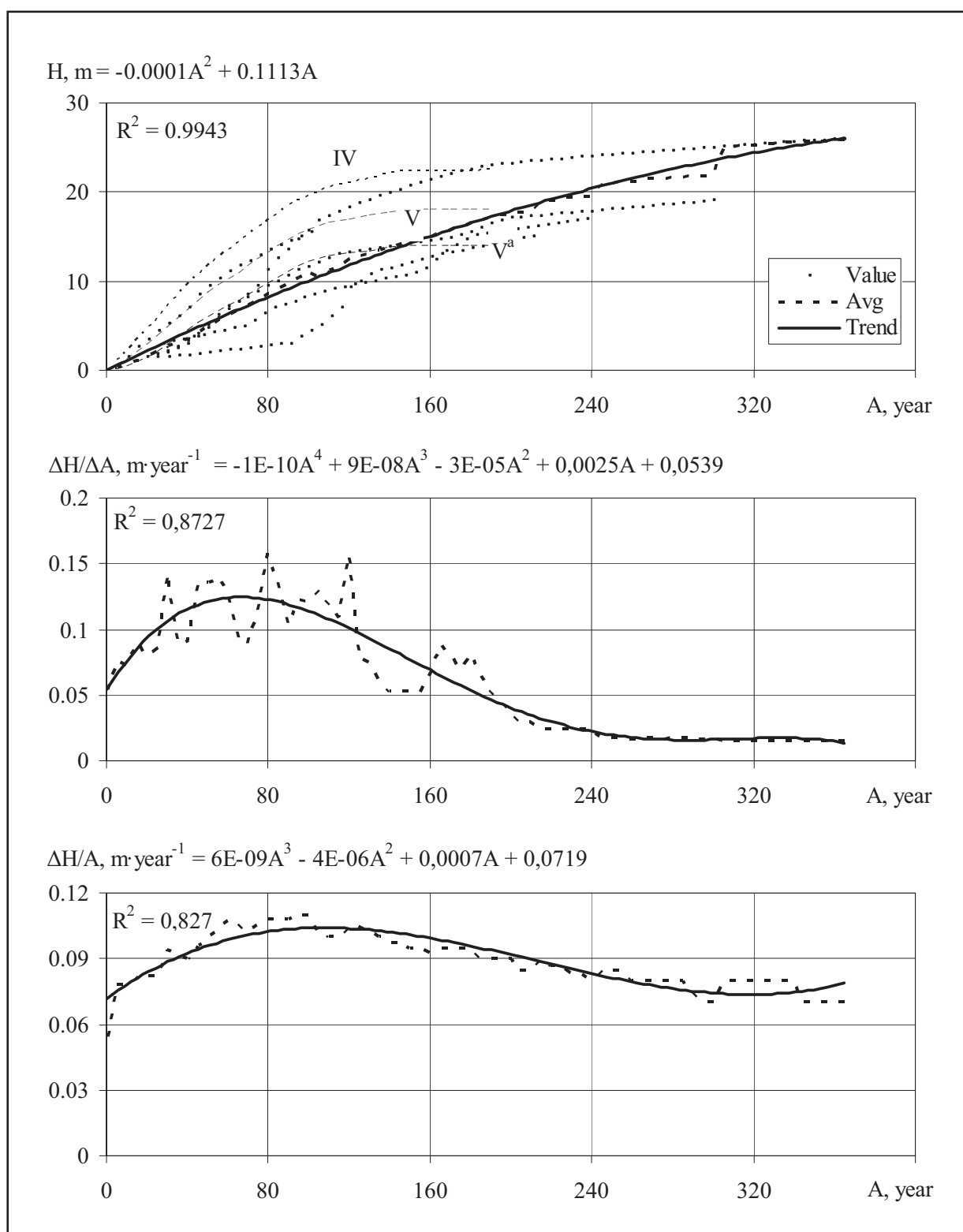
Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
158	48.586933	24.087118	1280	238	17	36	0.74
159	48.586477	24.087213	1250	211	15	35	0.42
160	48.585601	24.090142	1303	300	19	56	2.16
191	48.616722	23.941609	1312	365	26	94	4.77
193	48.617588	23.943015	1297	101	15.5	23	0.386



**Рис. 140.** Місця у високогір'ї Ґорґан, де було взято модельні дерева сосни кедрової

**Fig. 140.** The places on the Gorgany range altimontane zone, where model trees of *Pinus cembra* were taken

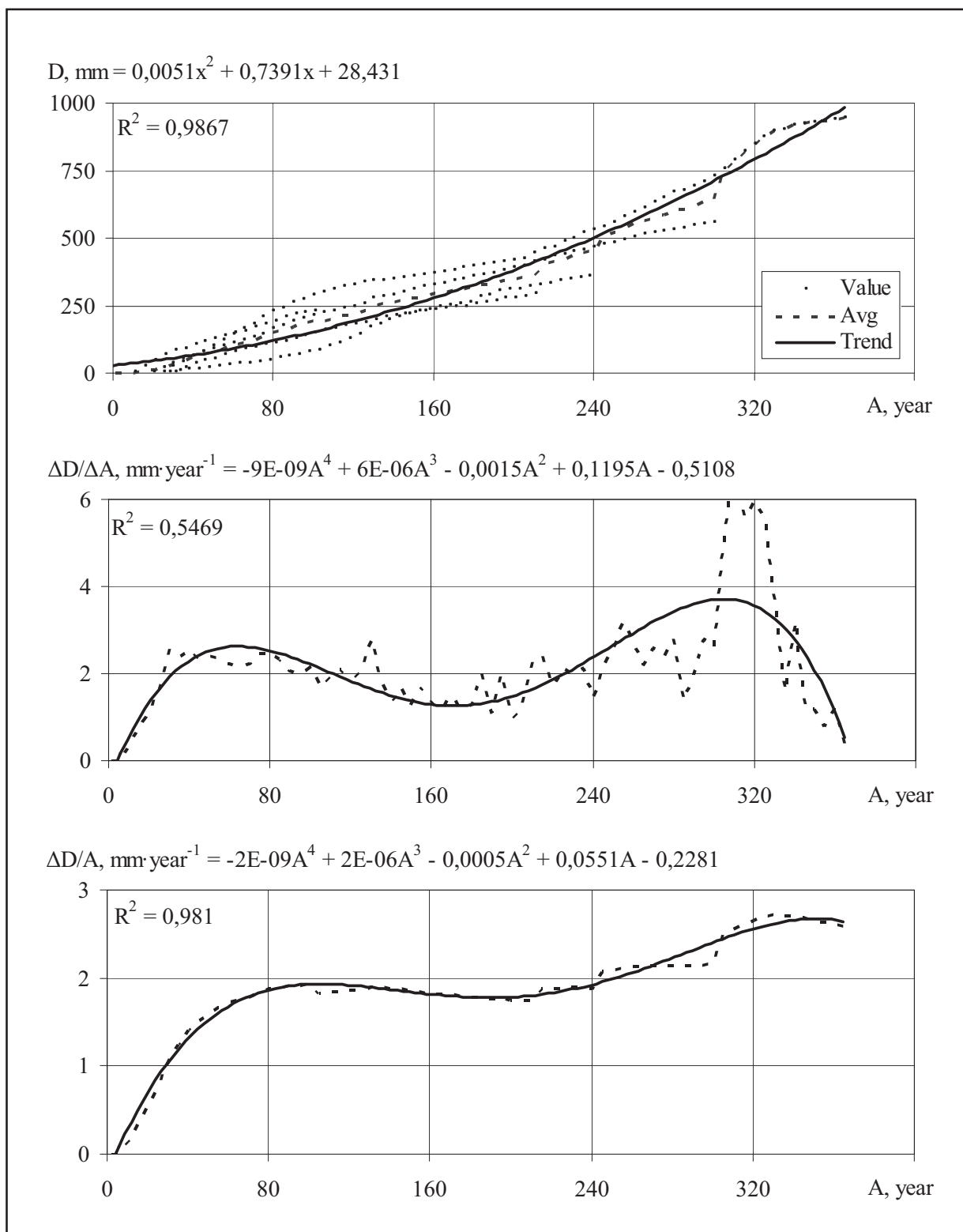




**Рис. 141.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; IV, V і V<sup>a</sup> – лінії класів бонітету

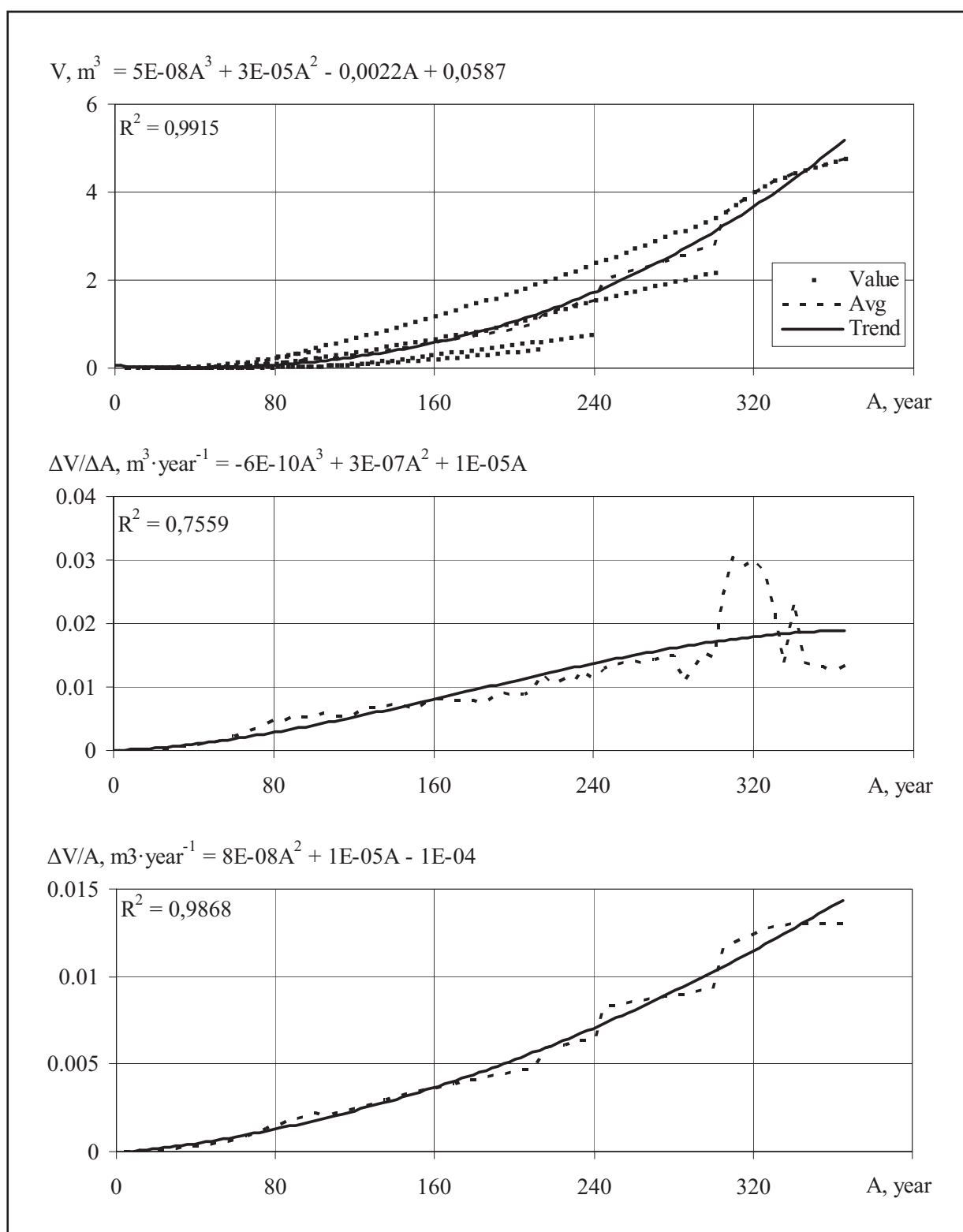
**Fig. 141.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Pinus cembra* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; IV, V and V<sup>a</sup> – line of forest stands bonitet classes





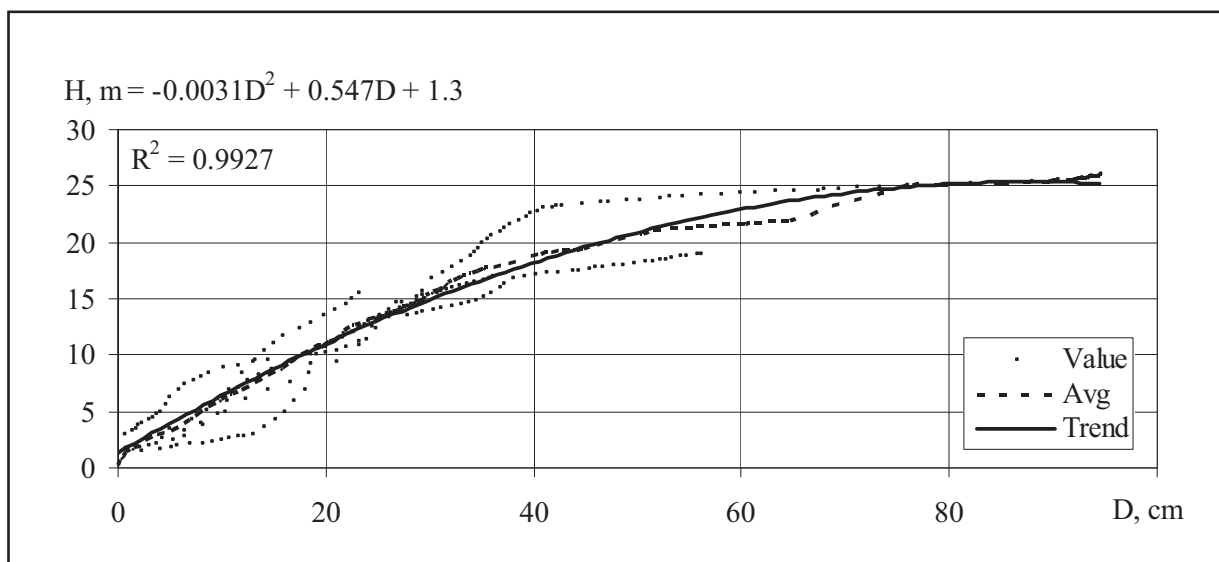
**Рис. 142.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень;  
 "Trend" – лінія тренду

**Fig. 142.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Pinus cembra* model trees, which which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values;  
 "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 143.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 143.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Pinus cembra* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 144.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 144.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Pinus cembra* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

У свіжих оліготрофних умовах кам'янистих розсипів Ґорґан сосна кедрова росте дуже повільно. Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам  $V^a-V$  бонітету. У віці 50 років їх висота сягала лише 7 м, а у 100 – 11 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 8 см і 15 см, а об'єм – приблизно  $0,02 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $0,23 \text{ м}^3$ . У віці 200–300 років висота дерев сягає лише 17–22 м, товщина стовбурів – 36–63 см, а їх об'єм – від 1 до  $2,5 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 25–120 років і становив трохи більше  $0,1 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, понад  $3 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 260–330 років, а за об'ємом стовбурної деревини, понад  $0,015 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев лише понад 260 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму,  $0,01 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , лише у віці дерев понад 300 років.

In fresh oligotrophic conditions of stony placers in Gorgany Swiss pine grows very slowly. In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the norm  $V^a-V$  bonitet. At the age of 50 years, their height reached only 7 m, and in 100 years – 11 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 8 cm and 15 cm, and the volume – approximately  $0.02 \text{ m}^3$  and slightly more than  $0.23 \text{ m}^3$ . At the age of 200–300 years of height trees reaches only 17–22 m, their the thickness of the trunks – 36–63 cm, and their volume – from 1 up to  $2.5 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 25–120 years and was a little more  $0.1 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $3 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 260–330 years, and in the volume of trunk wood, more than  $0.015 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ , was found at the age of trees over 260 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.01 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 300 years.

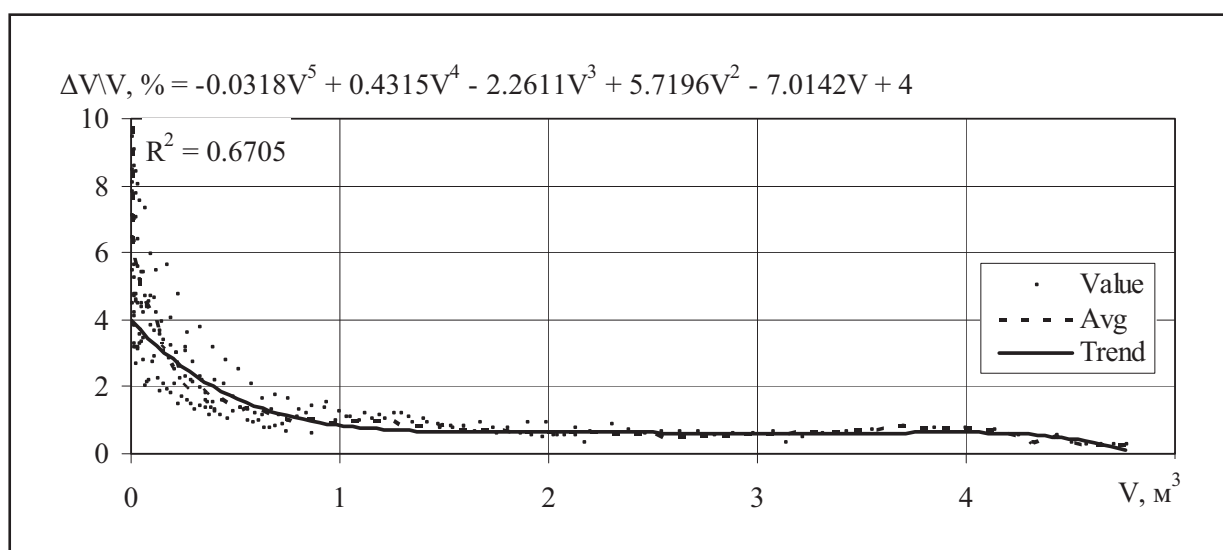


Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1 м<sup>3</sup> він не перевищував 0,7 %. Це характерно для дерев сосни кедрової у віці понад 200 років (рис. 143 і 145).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 48). У середньому цей показник становить 0,467.

The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1 m<sup>3</sup>, it does not exceed 0.7 %. This is characteristic of *Pinus cembra* trees at the age of more than 200 years (Figures 143 and 145).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 48). On average, this index is 0.467.



**Рис. 145.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 145.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Pinus cembra* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 48

Table 48

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев сосни кедрової, що росли у високогір'ї Горган:**

**"f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;**

**"f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Pinus cembra* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**"f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

$\begin{matrix} H \\ D \end{matrix}$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	f <sub>d</sub>
8	0.692										0.679
12	0.678	0.642	0.609								0.652
16	0.664	0.628	0.596	0.568							0.626
20	0.650	0.615	0.584	0.556							0.600
24		0.602	0.572	0.544							0.575
28				0.533	0.511	0.493	0.480				0.551
32				0.521	0.500	0.482	0.470	0.463			0.527
36					0.489	0.472	0.460	0.453			0.505
40					0.478	0.461	0.450	0.443			0.483
44					0.467	0.451	0.440	0.434	0.433		0.462
48					0.457	0.441	0.430	0.424	0.423		0.441
52					0.447	0.431	0.420	0.414	0.414		0.422
56					0.437	0.422	0.411	0.405	0.404	0.409	0.403
60							0.402	0.396	0.395	0.399	0.385
64								0.387	0.386	0.390	0.368
68								0.378	0.377	0.381	0.351
72									0.369	0.373	0.335
76									0.360	0.364	0.320
80									0.352	0.356	0.306
84									0.345	0.348	0.293
88										0.341	0.280
92										0.333	0.268
96										0.326	0.257
f <sub>h</sub>	0.704	0.631	0.568	0.516	0.473	0.441	0.419	0.407	0.406	0.414	0.467

**Ялина європейська**

Дослідження були зосереджені на землях Бистрецького та Довгополяньського лісництв Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне положення та біометричні показники наведено у табл. 49 та на рис. 146. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 147–149. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 150.

***Picea abies* (L.) Karst.**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Bystryk Forestry and Dovgapolyana Forestry of the Osmoloda State State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in in Table 49 and Figure 146. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 147–149. The average dependence of the trunks height on their thicknes is shown in Figure 150.

Таблиця 49

Table 49

**Модельні дерева ялини європейської, що росли у високогір'ї Горґан****Model trees of *Picea abies*, which grew on the Gorgany range altimontane zone**

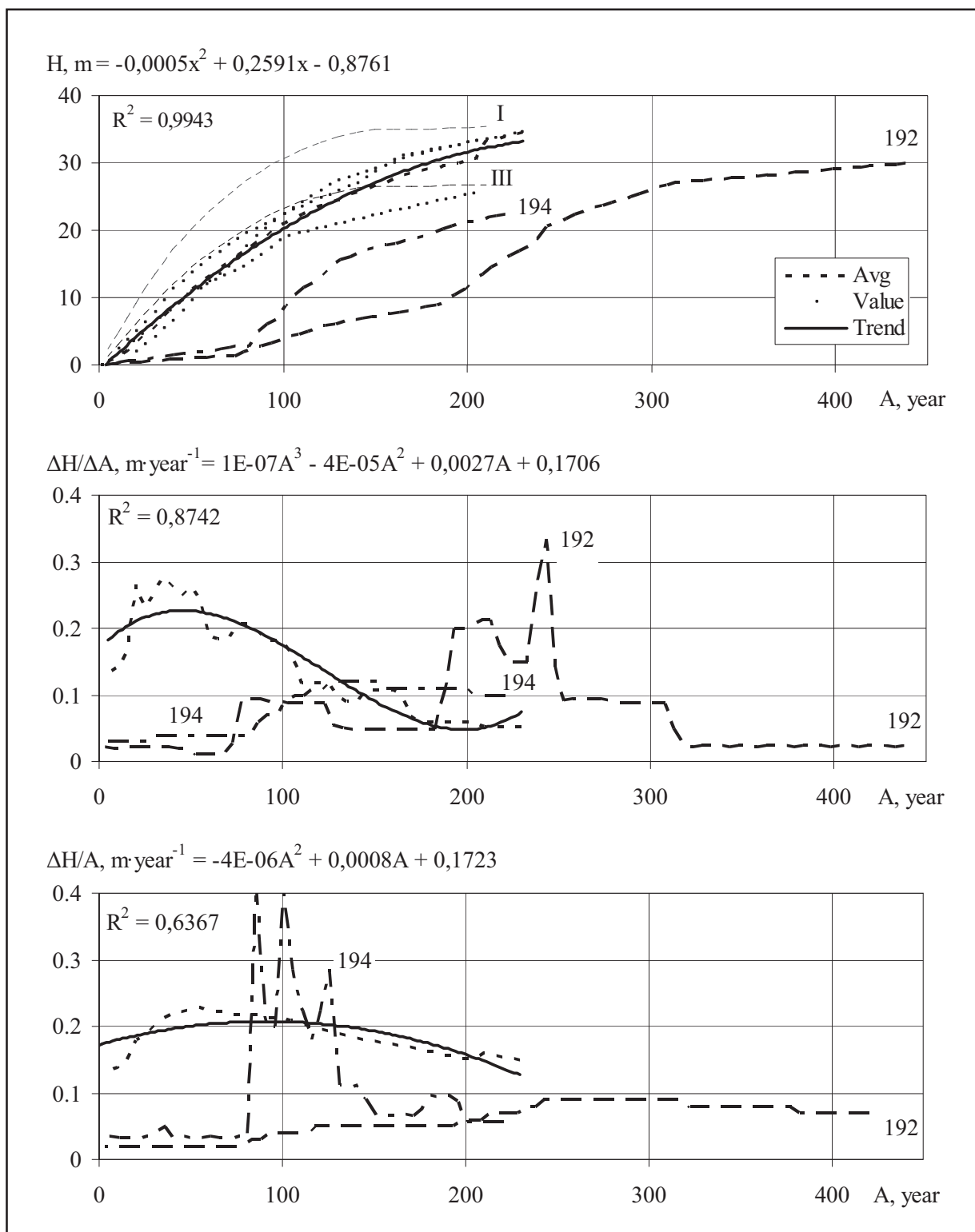
Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
141	48.585640	23.919553	1365	230	34.5	61	4.5
142	48.585163	23.919021	1310	203	25.5	32.2	0.98
143	48.585112	23.919452	1349	210	33.5	49	2.68
192	48.617452	23.941669	1357	438	30	78.4	3.85
194	48.616980	23.941026	1320	221	22.5	30.4	0.815



**Рис. 146.** Місця у високогір'ї Горґан, де було взято модельні дерева ялини європейської

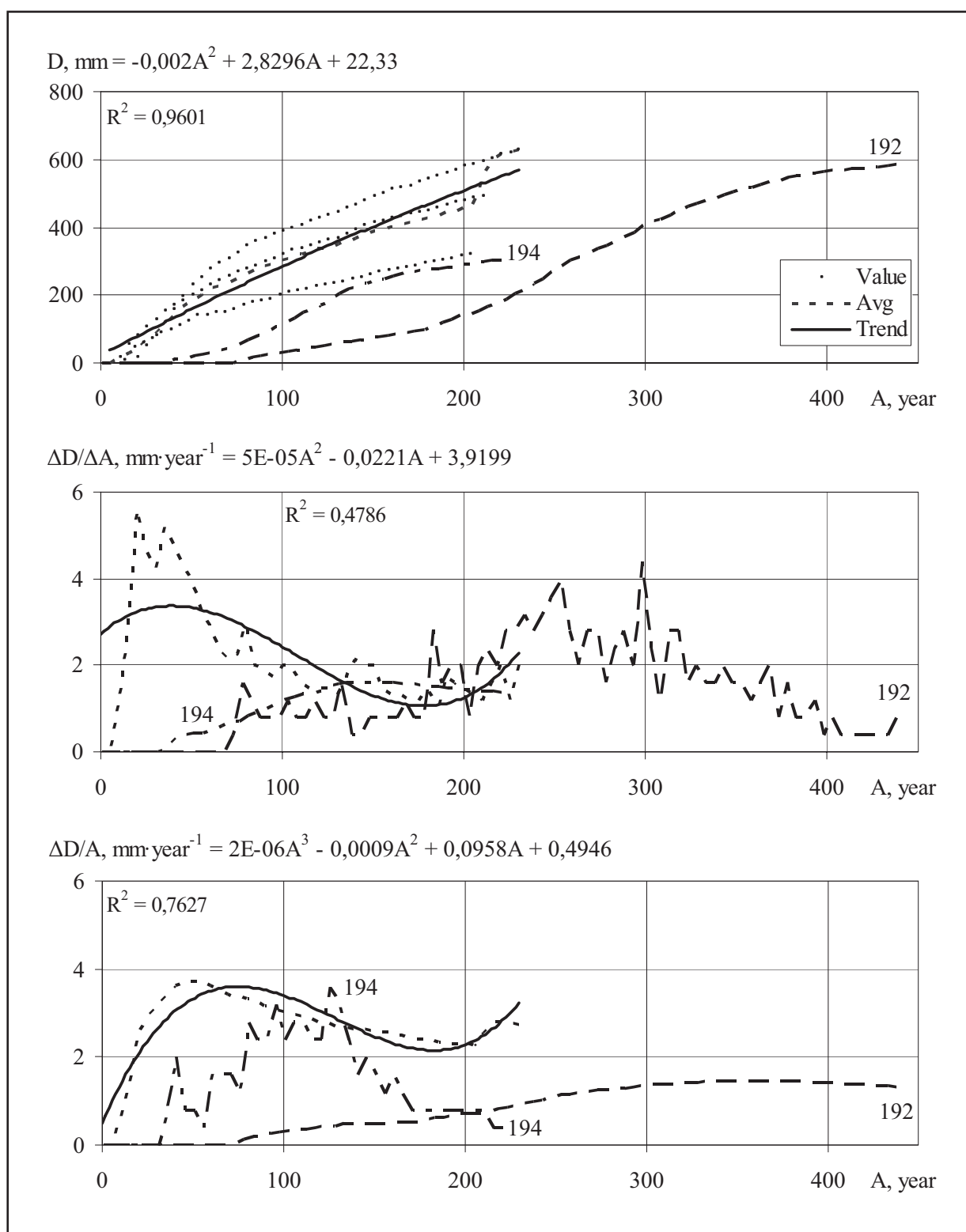
**Fig. 146.** The places on the Gorgany range altimontane zone, where model trees of *Picea abies* were taken





**Рис. 147.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; I і III – лінії класів бонітету; "Trend" – лінія тренду; "192" і "194" – фактичні значення модельних дерев, що повільно росли перших 80 років під наметом лісу

**Fig. 147.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes; "192" and "194" – the actual values of model trees that slowly grew during the first 80 years under the forest canopy



**Рис. 148.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Горґан: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "192" і "194" – фактичні значення модельних дерев, що повільно росли перших 80 років під наметом лісу

**Fig. 148.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "192" and "194" – the actual values of model trees that slowly grew during the first 80 years under the forest canopy





Природні деревостани сосни кедрової біля верхньої межі лісу в Горганах  
Natural stands of *Pinus cembra* near the upper timberline on the Gorgany mountain range





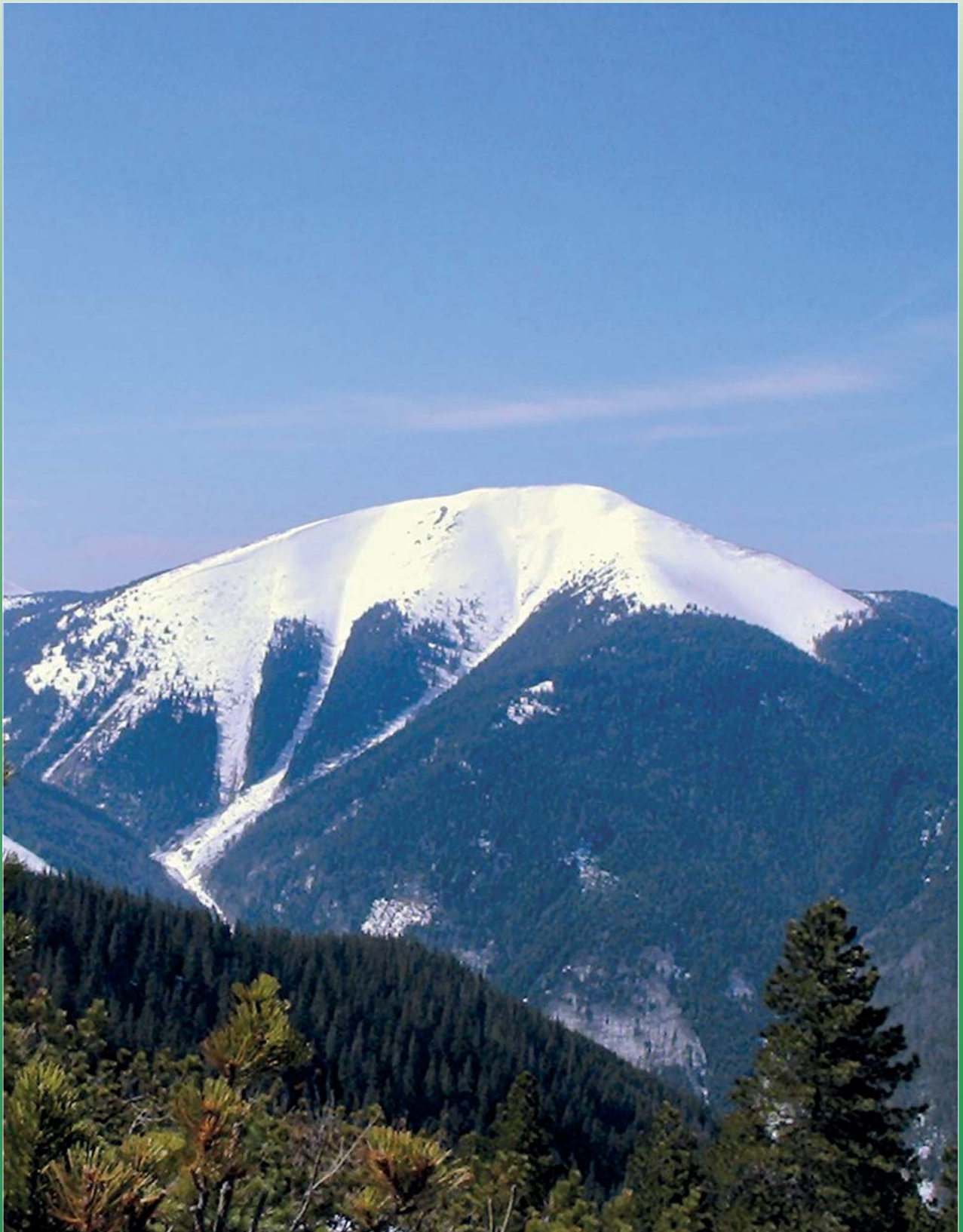
Велетенські дерева сосни кедрової на висоті 1300 м н. р. м. в Ґорґанах  
Giant *Pinus cembra* trees grow at altitude of 1 300 m a.s.l. in the Gorgany mountain range





Розладнані постклімаксові ялинові деревостани поблизу верхньої межі лісу в Горганах  
Deranged post-climax *Picea abies* stands near the upper timberline on the Gorgany mountain range

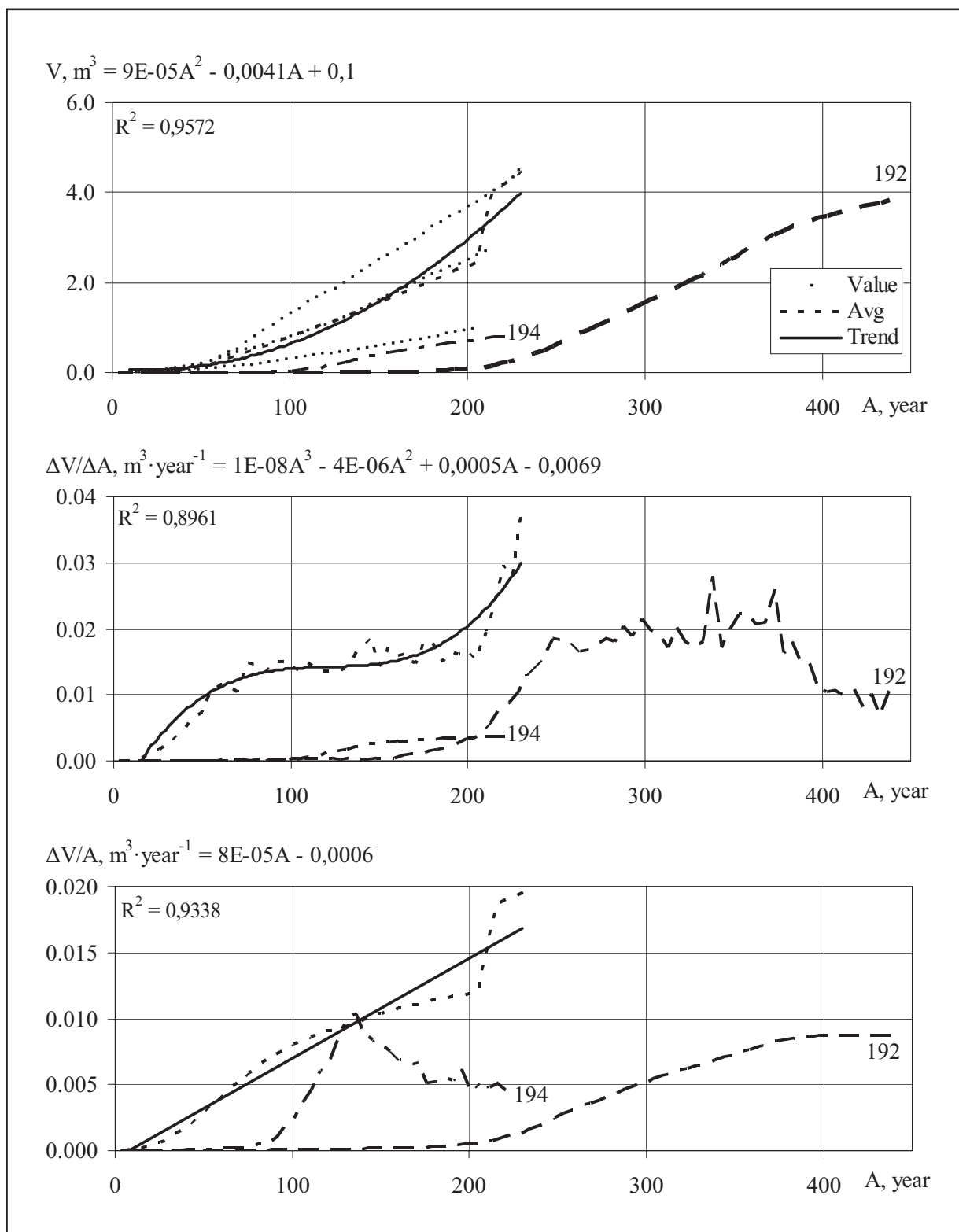




Сформована сніговими лавинами верхня межа ялинових лісів у Ґорґанах  
(гора Ґрофа, 1748 м н. р. м.)

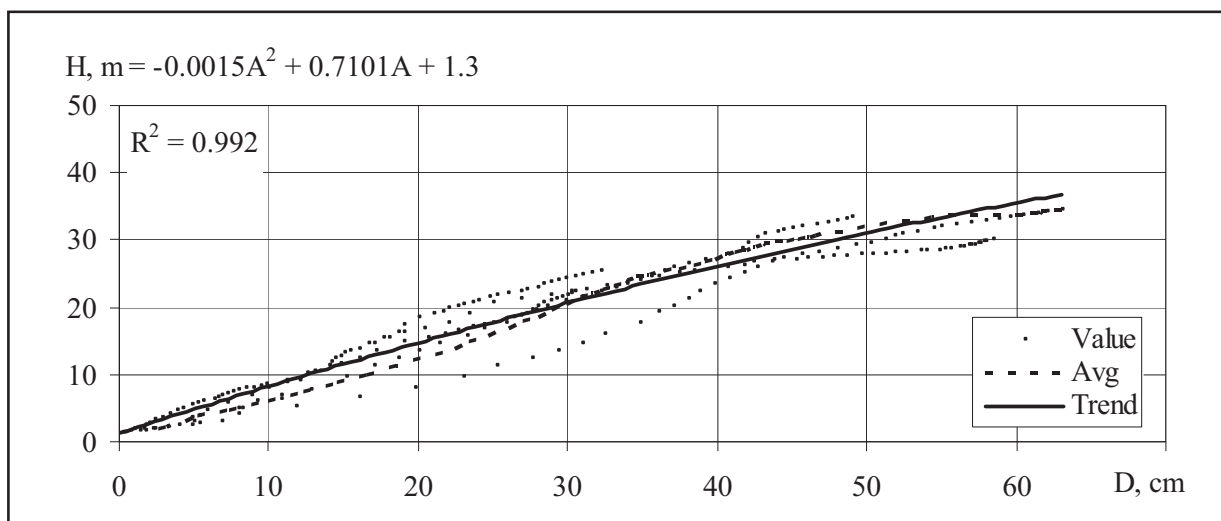
Avalanches formed the upper timberline of *Picea abies* forests on the Gorgany mountain range  
(Mount Grofa, 1 748 m a.s.l.)





**Рис. 149.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; "192" і "194" – фактичні значення модельних дерев, що повільно росли перших 80 років під наметом лісу

**Fig. 149.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; "192" and "194" – the actual values of model trees that slowly grew during the first 80 years under the forest canopy



**Рис. 150.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 150.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 12 м, а у 100 років – 20 м. Відповідно, товщина стовбурів сягала 18 см і трохи більше ніж 27 см, а об'єм – приблизно  $0,15 \text{ м}^3$  і трохи більше ніж  $0,8 \text{ м}^3$ . Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 10–80 років і становив приблизно  $0,2 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, понад  $3 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігався у віці 20–60 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше ніж  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев понад 200 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст за об'ємом стовбурної деревини сягнув максимуму  $0,015 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  лише у віці дерев понад 200 років.

Дерева ялини, що початково росли повільно, мабуть, під наметом лісу, в 100 років мали висоту лише 4 і 8 м, у 200 років – 12 і 22 м, а в 400 років – 29 м. Відповідно, об'єм дерев сягав у 100 років лише  $0,007$  і  $0,04 \text{ м}^3$ , у 200 років –  $0,1$  і  $0,7$ , а в 400 років –  $3,5 \text{ м}^3$ .

Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад  $1,0 \text{ м}^3$  він не перевищує  $1,3$ – $0,7 \%$ . Це характерно для дерев ялини європейської у віці понад 120 років (рис. 149 і 151).

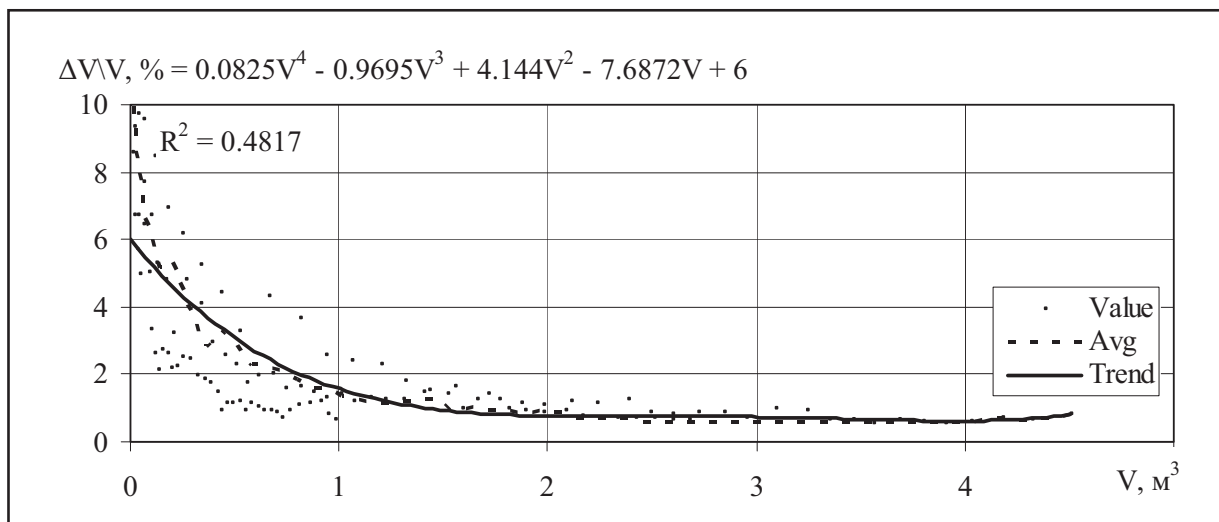
In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III–I bonitet. At the age of 50 years, their height reached 12 m, and in 100 years – 20 m. Accordingly, the thickness of the trunks reached 18 cm and slightly more than 27 cm, and the volume – approximately  $0.15 \text{ m}^3$  and slightly more than  $0.8 \text{ m}^3$ . The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 10–80 years and was approximately  $0.2 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ . Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, more than  $3 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ , was observed at the age of 20–60 years, and in the volume of trunk woods, more than  $0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , was found at the age of trees of more than 200 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment in the volume of trunk wood reached a maximum of  $0.015 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$  only at the age of the trees over 200 years.

Spruce trees, which initially grew slowly, apparently under the tent of the forest, in the 100 years they had a height of only 4 and 8 m, in 200 years – 12 and 22 m, and in 400 years – 29 m. Accordingly, the volume of trees reached in 100 years only  $0.007$  and  $0.04 \text{ m}^3$ , in 200 years –  $0.1$  and  $0.7$ , and in 400 years –  $3.5 \text{ m}^3$ .

The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding  $1 \text{ m}^3$ , it does not exceed  $1.3$ – $0.7 \%$ . This is characteristic of *Picea abies* trees at the age of over 120 years (Figures 149 and 151).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти та товщини стовбурів (табл. 50). У середньому цей показник становить 0,472.

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 50). On average, this index is 0.472.



**Рис. 151.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Горган: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 151.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 50

Table 50

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев ялини європейської, що росли у високогір'ї Горган:**

" $f_d$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини;

" $f_h$ " – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and their thickness of *Picea abies* model trees, which grew on the Gorgany range altimontane zone: " $f_d$ " – the moving average values of form factor of different thickness trunks;**

**" $f_h$ " – the moving average values of form factor of different height trunks**

$\frac{H}{D}$	8	12	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	$f_d$
8	0.532												0.538
12	0.527												0.528
16	0.522	0.514	0.506										0.519
20	0.517	0.509	0.501	0.497	0.493								0.509
24		0.504	0.496	0.492	0.488	0.484							0.499
28		0.499	0.492	0.488	0.484	0.479	0.475						0.490
32			0.487	0.483	0.479	0.475	0.471	0.467					0.480
36				0.478	0.474	0.470	0.466	0.462					0.471
40						0.465	0.461	0.457	0.453	0.449			0.461
44								0.452	0.448	0.444	0.440		0.451
48									0.444	0.440	0.436	0.431	0.442
52										0.435	0.431	0.427	0.432
56											0.426	0.422	0.423
60											0.421	0.417	0.413
64												0.412	0.403
$f_h$	0.525	0.509	0.493	0.485	0.477	0.469	0.461	0.453	0.445	0.437	0.429	0.421	0.472



**Ялина європейська  
(штучне насадження)**

Дослідження були зосереджені на землях Довгополянського Державного підприємства “Осмолодське лісове господарство”. Загальні відомості про географічне розташування та біометричні показники наведено у табл. 51 та на рис. 152. Узагальнені біометричні показники ходу росту стовбурів цих дерев наведені на рис. 153–155. Усереднена залежність висоти стовбурів від їх товщини показана на рис. 156.

***Picea abies* (L.) Karst.  
(silviculture)**

The model cuttings were made from trees that grew up on the territory of Dovgopolyana Forestry and Osmoloda Forestry of the Osmoloda State Enterprise of Forestry Management. General information on their geographical location and biometric data are given in Table 51 and in Figure 152. The generalized biometric parameters of the growth course of the trunks of these trees are shown in Figures 153–155. The average dependence of the trunks height on their thickness is shown in Figure 156.

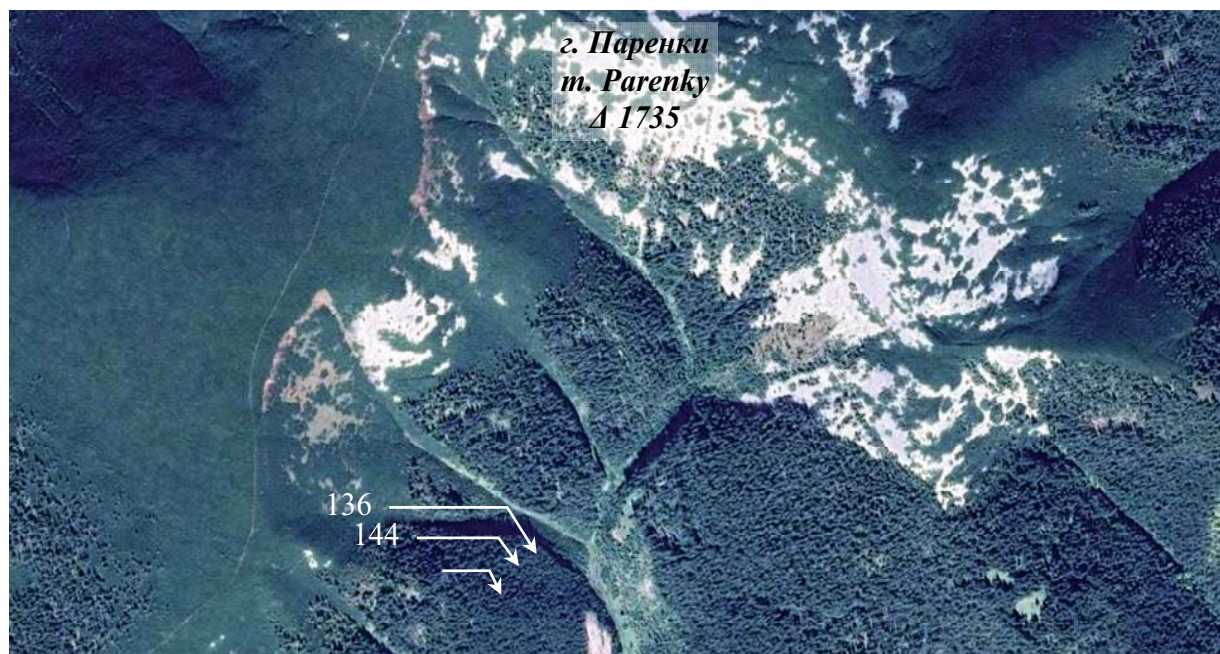
Таблиця 51

Table 51

**Модельні дерева із штучного насадження ялини європейської,  
які росли у високогір'ї Горган**

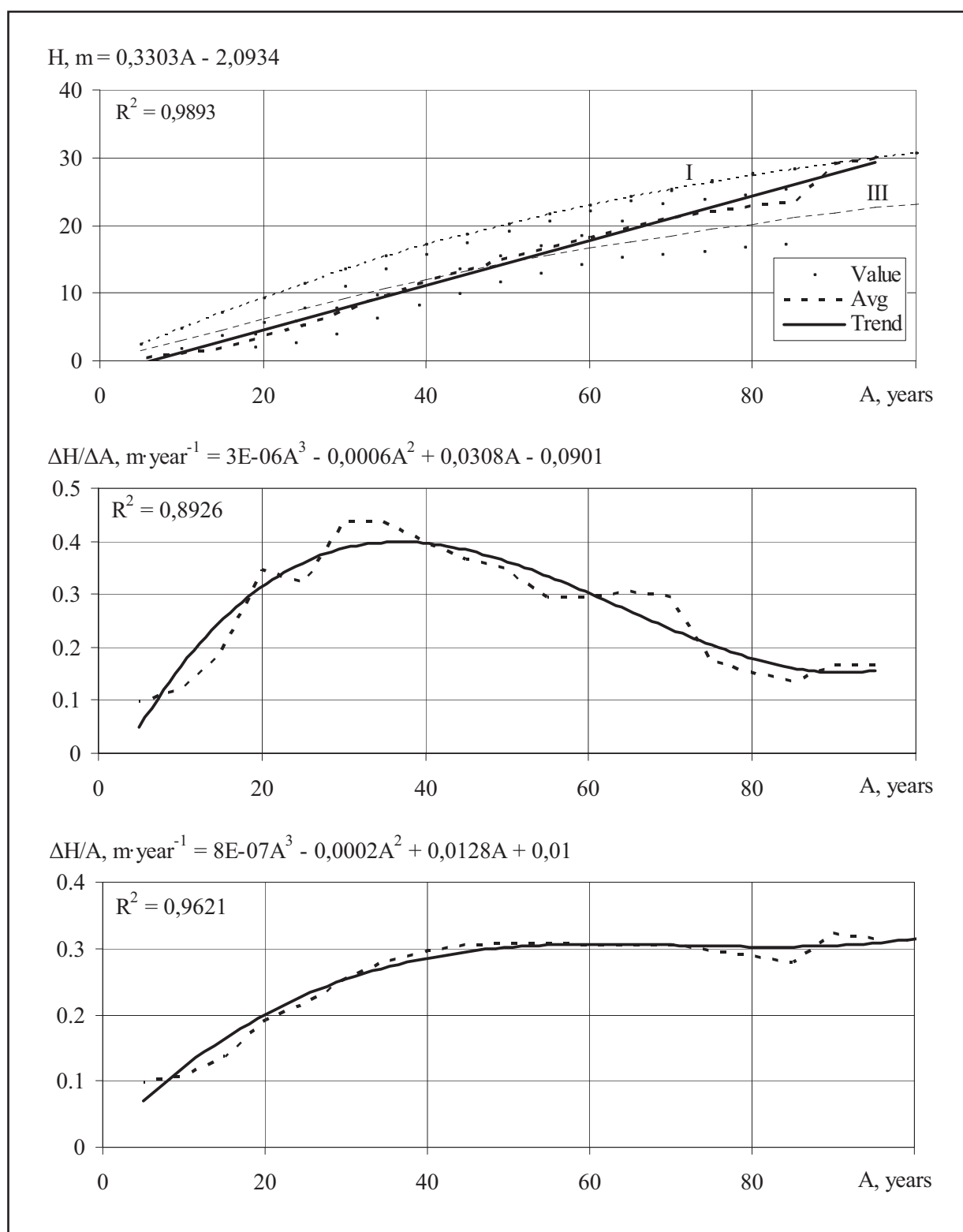
**Model trees of *Picea abies* from silviculture, which grew on the Gorgany range altimontane zone**

Номери модельних дерев Numbers of model trees	Місце росту Locality			Біометричні показники стовбурів Biometrical measures of tree trunks			
	N	E	H	A	H	D	V
136	48.58412	23.91567	1340	84	25.2	25.4	0.68
140	48.58260	23.91455	1364	95	30	53.2	2.73
144	48.58365	23.91532	1350	84	17.1	14.6	0.14



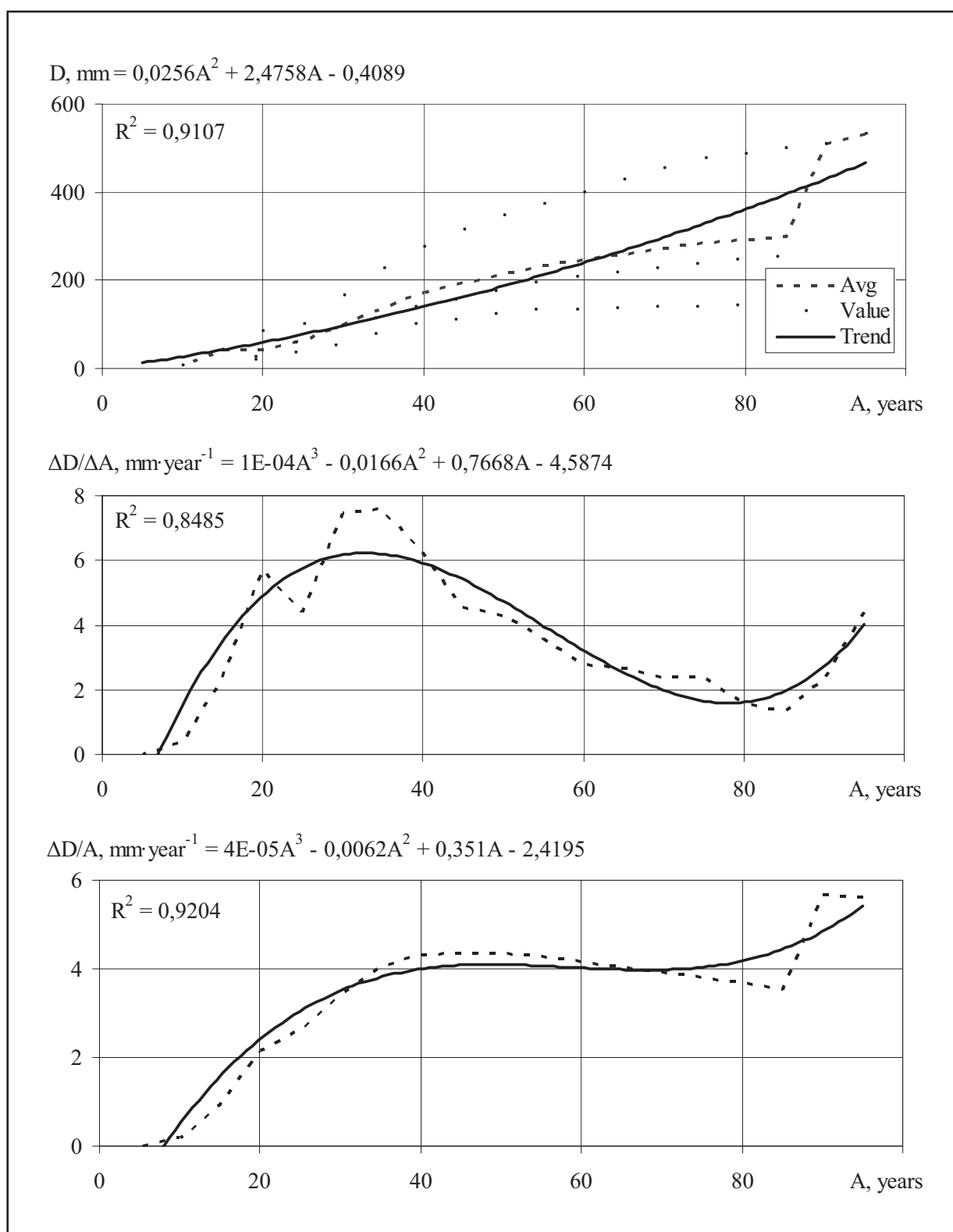
**Рис. 152.** Місця у високогір'ї Горган, де було взято модельні дерева із штучного насадження ялини європейської

**Fig. 152.** The places on the Gorgany range altimontane zone, where model trees of *Picea abies* from silviculture were taken



**Рис. 153.** Хід росту, поточний та середній прирости у висоту модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду; I і III – лінії класів бонітету

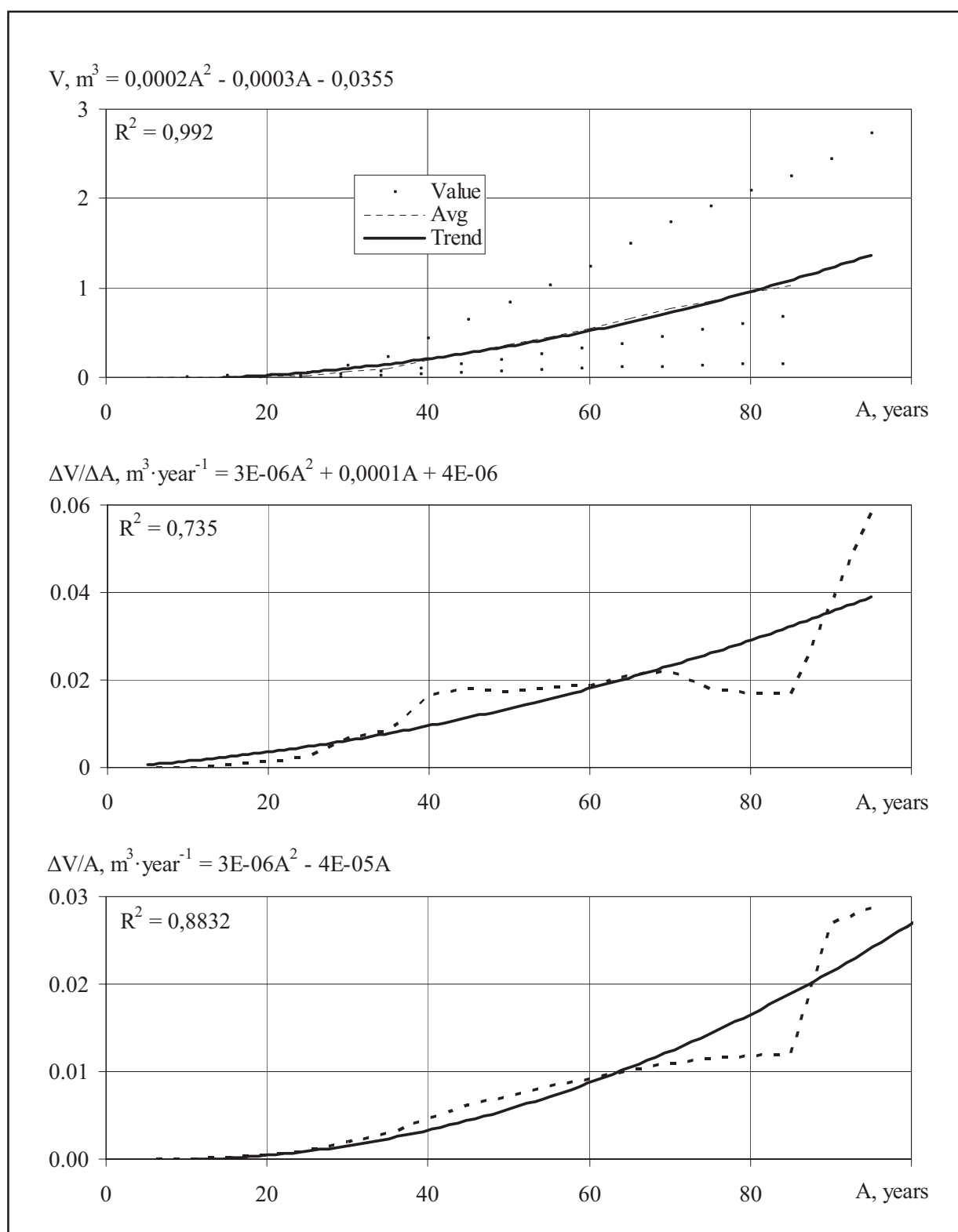
**Fig. 153.** The trend of growth, the current and average increments in height of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line; I and III – line of forest stands bonitet classes



**Рис. 154.** Хід росту, поточний та середній прирости за діаметром модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Горган: "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

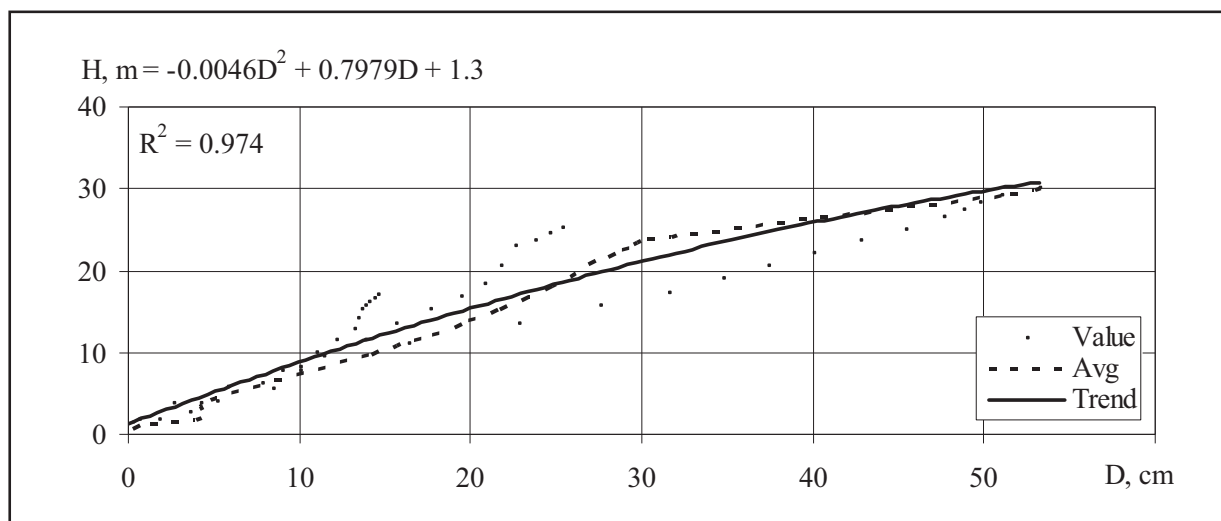
**Fig. 154.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks thickness of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: Value – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line





**Рис. 155.** Хід росту, поточний та середній прирости об'єму стовбурів модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Ґорґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

**Fig. 155.** Trend of growth, the current and average increments by the trunks volume of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line



**Рис. 156.** Усереднена залежність висоти від товщини стовбурів модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія тренду

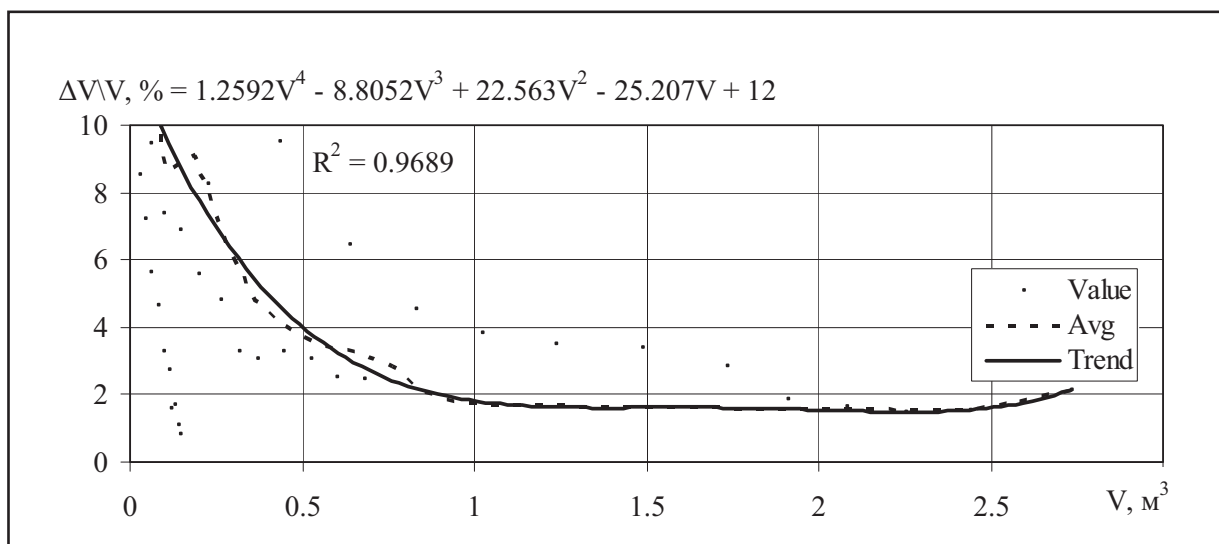
**Fig. 156.** The average dependence of the height from the thickness of the trunks of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – trend line

Загалом усереднений темп росту дерев у висоту відповідав показникам III–I бонітету. У віці 50 років їх висота сягала 14 м, а в 90 років – 27 м. Відповідно, товщина стовбурів у цьому віці сягала 19 см і трохи більше 42 см, а об'єм – приблизно 0,4 м<sup>3</sup> і трохи більше ніж 1,2 м<sup>3</sup>. Найбільший усереднений поточний приріст у висоту стовбурів цих дерев був у віці 20–60 років і становив 0,3–0,4 м·рік<sup>-1</sup>. Відповідно, такий найбільший приріст за товщиною стовбурів, 6 мм·рік<sup>-1</sup>, спостерігався у віці 25–40 років, а за об'ємом стовбурної деревини, більше 0,03 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у віці дерев понад 80 років. Подібні тенденції показав і середній приріст за цими показниками. Проте середній приріст висоти та товщини стовбурів сягнув максимуму, 0,3 м рік<sup>-1</sup> і 4 мм рік<sup>-1</sup>, у віці понад 40 років, а об'єму, більше 0,02 м<sup>3</sup> рік<sup>-1</sup>, – у віці понад 90 років. Тренд залежності процента поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів модельних дерев показав, що при об'ємі стовбурів понад 1 м<sup>3</sup> він становить 1,5%. Це характерно для дерев ялини європейської штучного насадження у віці понад 80 років (рис. 155 і 157).

Наведені результати дозволили розрахувати вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів (табл. 52). У середньому цей показник становить 0,506.

In general, the average growth rate of the trees in height was consistent with the III–I bonitet. At the age of 50 years, their height reached 14 m, and in 90 years – 27 m. Accordingly, the thickness of the trunks in this age reached 19 cm and slightly more than 42 cm, and the volume – approximately 0.4 m<sup>3</sup> and slightly more than 1.2 m<sup>3</sup>. The largest averaged current increment in height of trunks of these trees was at the age of 20–60 years and was approximately 0.3–0.4 m·yr<sup>-1</sup>. Accordingly, such a large increment in the thickness of the trunks, 6 mm·yr<sup>-1</sup>, was observed at the age of 25–40 years, and in the volume of trunk wood, more than 0.03 m<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup>, was found at the age of trees of over 80 years. Similar trends also showed an average increment in these indicators. However, the average increment of the height and the thickness of the trunks reached the maximum, 0.3 m yr<sup>-1</sup> and 4 mm·yr<sup>-1</sup>, at the age of over 40 years, and the volume, more than 0.02 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, – at the age of more than 90 years. The trend of the dependence of the percentage of current volume increment from the volume of trunks of model trees showed that, with a volume of trunks exceeding 1.0 m<sup>3</sup>, it does not exceed 1.5 %. This is characteristic of *Picea abies* trees from silviculture at the age of over 80 years (Figures 155 and 157).

The given results allowed to calculate the moving averaged values of the form factor depending on the height and the thickness of the trunks (Table 52). On average, this index is 0.506.



**Рис. 157.** Тренд залежності процента поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Горґан: "Value" – фактичні значення; "Avg" – лінія усереднених фактичних значень; "Trend" – лінія усередненого тренду

**Fig. 157.** The trend of the dependence of the percentage of the current volume increment from the volume of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: "Value" – actual values; "Avg" – line of averaged actual values; "Trend" – line of averaged trend

Таблиця 52

Table 52

**Вирівняні усереднені значення видових чисел залежно від висоти і товщини стовбурів модельних дерев зі штучного насадження ялини європейської, що росли у високогір'ї Горґан: "f<sub>d</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної товщини; "f<sub>h</sub>" – вирівняні середні видові числа стовбурів різної висоти**

**The moving averaged actual value of the form factors dependence from the trunks height and the thickness of *Picea abies* model trees from silviculture which grew on the Gorgany range altimontane zone: "f<sub>d</sub>" – the moving average values of form factor of different thickness trunks; "f<sub>h</sub>" – the moving average values of form factor of different height trunks**

D \ H	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	f <sub>d</sub>
8	0.729	0.674											0.743
12	0.669	0.618	0.581	0.556	0.541								0.625
16		0.576	0.541	0.518	0.504	0.497							0.542
20			0.512	0.490	0.477	0.471	0.469						0.485
24				0.472	0.459	0.453	0.451	0.452	0.453	0.453			0.450
28					0.449	0.443	0.441	0.441	0.442	0.443			0.429
32					0.443	0.438	0.436	0.436	0.437	0.437			0.419
36						0.436	0.434	0.434	0.435	0.435	0.434		0.415
40							0.433	0.433	0.434	0.435	0.434		0.414
44									0.434	0.434	0.433	0.430	0.413
48										0.432	0.431	0.428	0.409
52										0.428	0.427	0.424	0.401
f <sub>h</sub>	0.716	0.611	0.540	0.495	0.469	0.457	0.453	0.454	0.456	0.456	0.454	0.448	0.506



## Теоретичне узагальнення

Подані матеріали аналітичних досліджень свідчать, що деревам різних аборигенних видів лісів властивими є різні біометричні особливості ходу росту та продуктивності. Це стосується приросту дерев у висоту, а також за товщиною і об'ємом їхніх стовбурів. Достатню достовірність отриманих результатів щодо виявлених тенденцій ходу росту дерев за цими показниками підтверджують величини стандартного відхилення від їх загальної множини, що становили 8–30 %.

Безумовно, що такі динамічні біометричні показники, насамперед, залежать від фізіологічних особливостей конкретних видів деревних рослин та потреби їх у життєво необхідних ресурсах. Доступність таких ресурсів для рослин залежить, насамперед, від локальних лісорослинних умов. Це кліматичні, едафічні та гідрологічні природні умови, властиві місцевим природним територіальним географічним комплексам. Такими є ландшафти Передкарпатської височини, низькогір'я Бескидів, міжгірних долин, схилів високогір'я Горган. Названі типи ландшафту відзначаються різним потенціалом природних ресурсів, зокрема – гідротермічних, та потенціалом вологозабезпеченості й родючості ґрунтів тощо. Ці географічні природні комплекси зазнали різних антропогенних трансформацій. Це не лише декількаразове лісочористування, але й агрокультурне освоєння. Така господарська діяльність призвела до певної зміни лісоекологічних умов. Це, насамперед, зміна ґрунтово-гідрологічних ресурсів.

Однак, доступність екологічних ресурсів ландшафту є різною для деревних рослин різних видів, що разом ростуть у деревостанах. Вона залежить від життєвої еколого-ценотичної стратегії та особливостей онтогенезу дерев конкретних видів. Це стосується їх ступеня тіневитривалості, здатності повільно рости під наметом лісу і при цьому задовольнятися мінімальним ресурсом світла, вологи і поживних речовин ґрунту, або навпаки – спроможності швидко рости і захоплювати життєвий простір. Особливості онтогенезу передбачають біологічну тривалість життя дерев та тенденції ходу їх росту на різних стадіях віку.

Отримані результати біометричних досліджень дають підстави зробити саме такі функціональні узагальнення щодо різних видів деревних рослин, які ростуть у мішаних деревостанах в умовах різних природних комплексів.

## Theoretical generalization

The presented analytical materials show that different biometric peculiarities of growth and productivity are characteristic of trees of different indigenous species of the forests. This is true for trees increment in height, and for thickness and volume of their trunks. The sufficient reliability of the results in connection with the revealed tendencies of tree growth in accordance with these indicators, have confirms the values of the standard deviation from their variance. They made 8–15 %.

Undoubtedly, such dynamic biometric indicators, first of all, depend on the physiological features of concrete species of tree plants and their needs in vital resources. The availability of such resources for plants depends, first of all, on local forest-ecological conditions. These are climatic, edaphic and hydrological natural conditions that are characteristic of local natural territorial geographical complexes. These are the landscapes of the Carpathian Foothills, the Beskidy low-mountains, the intermountain valleys, and the slopes of the altimontane zone of the Gorgany range. The mentioned types of landscape are characterized by different potential of such natural resources, in particular – hydrothermal and the potential of moisture and soil fertility, etc. These geographic natural complexes have undergone various anthropogenic transformations. This is not only a several of times the use of forests, but also agro-cultural development. Such economic activity led to a certain change in the forest ecological conditions. First of all, it is the change of soil and hydrological resources.

However, the accessibility of this landscape ecological resource is different for tree plants of different species, which grow together in forest stands. It depends on the vital ecological and phytocoenological strategy and features of the ontogenesis of trees of different species. This relates to their degree of shadow endurance, the ability to grow slowly under the forest canopy, while being satisfied with the minimum resource of light, moisture and nutrients of the soil, or vice versa – the ability to grow rapidly and seize living space, etc. The features of ontogenesis include the biological life expectancy of trees and the trends in the course of their growth at different stages of age.

The presented results of biometric studies give us the reason to do such precisely functional generalizations regarding different species of tree plants that grow in mixed forest stands in conditions of different natural complexes.

### Порівняльний аналіз узагальнених тенденцій ходу росту дерев

Усереднені біометричні показники росту дерев аборигенних деревних видів, які ростуть у подібних лісорослинних умовах, можуть бути порівняні між собою та показниками нормативних таблиць [58]. Це дає можливість зробити відповідні висновки та прогнози їх продуктивної здатності, беручи до уваги при обчисленні 100 найбільших дерев. Адже саме за цим критерієм визначають у провідних країнах світу біометричні показники деревостанів, зокрема середню висоту дерев домінуючого виду [38].

#### Передкарпатська височина

У молодих деревостанах віком 20 років найвищими показниками росту у висоту відзначаються дерева в'яза гладкого, берези повислої та граба. Вони значно випереджують дерева інших видів (табл. 53). Ця ж тенденція спостерігається і у віці дерев 50 років. У віці 100–120 років кульмінаційні позиції набувають дерева видів *Abies alba* та *Fagus sylvatica*, а також, мабуть, *Ulmus glabra*. Їх висота відповідає нормі I<sup>a</sup> та II бонітету. Найбільшої товщини набувають стовбури дерев *Abies alba*, *Fagus sylvatica* та *Quercus robur*. Площа їх поперечного перерізу сягає 0,26–0,29 м<sup>2</sup>. Відповідно і їх об'єм становив 3,1–5,5 м<sup>3</sup>, а процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів дорівнював 2,5–3,2. На цій підставі можна розрахувати річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев *Abies alba* у розмірі 12,5 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, *Fagus sylvatica* – 9 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup> та *Quercus robur* – 5 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі припущення цілком вірогідні, оскільки суми площ перерізу цих 100 дерев становлять частку 0,45–0,8 від нормативів повних деревостанів на 1 га. Найвищі показники продуктивності властиві деревам *Quercus robur* у віці 200 років. Розрахунковий річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев мав би становити 10,5 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. У перерахунку на суму площ перерізу нормальних деревостанів у віці 100 років можна очікувати, що загалом цей показник продуктивності міг би становити 8–16 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

### A comparative analysis of the general trends of the growth of trees

The averaged biometric indices of the growth of trees of native species that grow in similar forest ecological conditions can be compared with indicators of normative tables [58]. This makes it possible to draw conclusions and forecasts of their productive ability, taking into account when calculating the 100 largest trees. After all, according to this criterion biometric indices of forest stands are determined in the leading countries of the world, in particular the average height of trees of the dominant species [38].

#### Carpathian Foothills

In young forest stands of the age of 20 years, the highest rates of growth in height are marked by the *Ulmus glabra*, *Betula pendula* and *Carpinus betulus* trees. They are significantly ahead of trees of other species (Table 53). The same trend is observed in the age of 50 years old trees. At the age of 100–120, trees of the species *Abies alba* and *Fagus sylvatica*, as well as *Ulmus glabra*, climax positions are acquired. Their height corresponds to the norm of I<sup>a</sup> and II bonitetes. The trunks of the trees *Abies alba*, *Fagus sylvatica* and *Quercus robur* are the largest in thickness. Their area of cross-section reaches 0.26–0.29 m<sup>2</sup>. Accordingly, their volume was 3.1–5.5 m<sup>3</sup>, and the percentage of the current increment in volume from the volume of the trunks was 2.5–3.2. On this basis, one can calculate the annual increment in the volume of the trunks of 100 such *Abies alba* trees in the size of 12.5 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, *Fagus sylvatica* – 9 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> and *Quercus robur* – 5 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Such assumptions are quite probable, since the sum of the areas of the section of these 100 trees is a fraction of 0.45–0.8 from the norms of full stands per 1 ha. The highest indices of the productivity is characteristic of the *Quercus robur* trees at the age of 200. The estimated annual increment in the volume of the trunks of 100 such trees should be 10.5 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. In terms of the basal area of the normal forest stands in age 100 years, it can be expected that, in general, this productivity index could be 8–16 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

Таблиця 53

Table 53

Співвідношення усереднених темпів росту за основними біометричними показниками дерев найпоширеніших аборигенних видів, що ростуть на Передкарпатській височині

The ratio of the average growth rates by the main biometric indices of trees of the widely-distributed native species that grow on the Carpathian Foothills

Вік дерев, роки Age of trees, years	<i>Ulmus glabra</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Abies alba</i>
Висота дерев, м				Height of trees, m			
20	8.4	7.0	6.9	5.9	5.5	3.9	2.0
40	19.2	15.3	14.4	10.3	12.7	12.0	11.5
50	22.8	17.2	17.1	13.1	15.4	15.1	15.5
60	25.6	19.8	21.4	15.8	18.1	15.9	19.6
80	28.1	22.0	—	18.5	21.4	18.9	27.2
100	—	—	—	19.8	26.7	23.3	33.2
120	—	—	—	21.4	29.0	25.5	34.7
150	—	—	—	25.3	—	—	—
200	—	—	—	29.5	—	—	—
Бонітет, у максимальному віці дерев				Bonitet, in the maximum age of trees			
	I <sup>a</sup>	II	I	II	II	II	I <sup>a</sup>
Товщина стовбурів, см				Thickness of trunks, cm			
20	11.7	7.0	5.8	8.5	3.8	4.4	3.4
40	33.2	20.8	15.0	17.3	12.8	18.4	13.0
50	42.1	26.9	18.7	23.3	18.4	23.5	18.6
60	53.8	36.1	24.9	31.1	25.3	27.7	24.2
80	64.1	39.4	—	41.6	42.0	35.1	41.0
100	—	—	—	58.0	58.7	39.2	60.5
120	—	—	—	70.5	72.1	42.0	72.9
Площа поперечного перерізу стовбура, м <sup>2</sup>				The trunk cross-sectional area, m <sup>2</sup>			
100	—	—	—	0.26	0.27	0.12	0.29
Об'єм стовбура, м <sup>3</sup>				Volume of the trunk, m <sup>3</sup>			
20	0.1	0.02	0.01	0.1	0.01	0.01	0.002
40	0.8	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
50	1.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3
60	2.2	0.8	0.4	0.7	0.4	0.5	0.7
80	3.4	1.1	—	1.1	1.4	0.9	1.9
100	—	—	—	2.0	3.2	1.5	3.9
120	—	—	—	3.1	5.2	1.9	5.5
Процент поточного щорічного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів				The percentage of the current annual volume increment from the volume of trunks			
100	—	—	—	2.5	2.8	1.7	3.2
Площа поперечного перерізу 100 стовбурів, м <sup>2</sup>				The 100 trunks cross-sectional area, m <sup>2</sup>			
100				26	27	12	29
Сума площ перерізу нормального деревостану, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>				Basal area of normal stand, m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup>			
120				32.9	33.8	26.4	52.1
Поточний щорічний приріст об'єму 100 дерев, м <sup>3</sup> ·рік <sup>-1</sup>				The current annual volume increment of 100 trees, m <sup>3</sup> ·yr <sup>-1</sup>			
100	—	—	—	5.0	9.0	2.4	12.5
150				5.3			
200				10.5			



## Низькогір'я Східних Бескидів

У молодих деревостанах віком 20 років найвищими показниками росту у висоту відзначаються дерева ялини європейської, що ростуть на багатих буроземних ґрунтах. Подібна ситуація і на бідних кам'янистих буроземах. Найповільніше ростуть молоді дерева бука та ялиці (табл. 54).

Ця ж тенденція спостерігається і у віці дерев 50 років. У віці 100–120 років кульмінаційні позиції у деревостанах швидкорослих дерев *Picea abies* є надалі властивими. Дерев інших видів відстають у швидкості росту. Найвищими є дерева *Picea abies*, що ростуть на багатих буроземних ґрунтах (I<sup>d</sup> бонітет). Також дерева бука займають домінуючі позиції у наметі деревостанів. Їх висота сягає 32 м (I бонітет).

На бідних кам'янистих ґрунтах ріст ялини повільніший, відповідає показникам II бонітету. Також відстають у рості у висоту дерева *Abies alba*. Їх висота сягає лише 24 м, тобто відповідає нормі III бонітету.

Площа поперечного перерізу стовбурів домінуючих дерев сягає 0,1–0,33 м<sup>2</sup>. Відповідно і їх об'єм у віці 100 років становив 1,4–5,7 м<sup>3</sup>, а процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів дорівнював 1,1–2,7. На цій підставі можна розрахувати річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев *Picea abies* у розмірі 5,3–6,3 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, *Fagus sylvatica* – 3,4 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup> та *Abies alba* – 4,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі припущення цілком вірогідні, оскільки суми площ перерізу цих 100 дерев становлять частку 0,28–0,5 від нормативів повних деревостанів на 1 га. Найвищі показники продуктивності властиві деревам *Fagus sylvatica* і *Abies alba* у віці 120–140 років. Розрахунковий річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев мав би становити 4,7–6,4 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. У перерахунку на суму площ перерізу нормальних деревостанів у цьому віці можна сподіватися, що загалом цей показник продуктивності міг би становити 10–12 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

## Lowmountains of the Eastern Beskids

Young trees of the age of 20 years show the highest growth indices in the height of the *Picea abies* trees, which grow on on rich cambisols. A similar situation occurs on the poor stony brown soils. Younger *Fagus sylvatica* and *Abies alba* trees grow slowly (Table 54).

This same trend is observed in the age of 50 years old trees. At the age of 100–120 years, climatic positions in the trees of the fast-growing *Picea abies* trees are further inherent. Trees of other species grow slower. The highest are *Picea abies* trees that grow on on rich cambisols (I<sup>d</sup> bonitet). Also *Fagus sylvatica* trees occupy the dominant position in the canopy of the stands. Their height reaches 32 m (I bonitet).

On poor stony soils, *Picea abies* trees grown slower, consistent with the II bonitet. Also, they are lagging behind in the height of the *Abies alba* trees. Their height reaches only 24 m, that is, corresponds to the norm of the III bonitet.

The area of cross-section of trunks of these dominated trees reaches 0.1–0.33 m<sup>2</sup>. Accordingly, their volume in age 100 years was 1.4–5.7 m<sup>3</sup>, and the percentage of the current increment in volume from the volume of the trunks was 1.1–2.7. On this basis, one can calculate the annual increment in the volume of the trunks of 100 such *Picea abies* trees in the size of 6.3 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, *Fagus sylvatica* – 3.4 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> and *Abies alba* – 4.1 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Such assumptions are quite probable, since the sum of the areas of the section of these 100 trees is a fraction of 0.28–0.5 from the norms of full stands per 1 ha. The highest indices of the productivity is characteristic of the *Fagus sylvatica* and *Abies alba* trees at the age of 120–140. The estimated annual increment in the volume of the trunks of 100 such trees should be 4.7–6.4 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. In terms of the basal area of the normal forest stands in this age, it can be expected that, in general, this productivity index could be 10–12 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

Таблиця 54

Table 54

**Співвідношення усереднених темпів росту за основними біометричними показниками дерев найпоширеніших аборигенних видів, що ростуть у низькогір'ї Східних Бескидів**

**The ratio of the average growth rates by the main biometric indices of trees of the widely-distributed native species that grow on the Eastern Beskids low mountains**

Вік дерев, роки Age of trees, years	<i>Picea abies</i> ▲	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Ulmus glabra</i>	<i>Picea abies</i> ●	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Abies alba</i>
Висота дерев, м			Height of trees, m			
20	11.3	8.4	7.7	6.6	3.3	2.5
40	22.7	17.7	16.7	16.1	10.2	6.3
50	27.1	20.8	20.2	18.6	14.5	8.8
60	31.0	21.8	22.9	20.6	18.1	12.0
80	36.9	—	29.3	21.4	24.3	17.8
100	42.69	—	—	24.6	29.1	22.2
120	—	—	—	—	32.2	24.0
Бонітет, у максимальному віці дерев			Bonitet, in the maximum age of trees			
	I <sup>d</sup>	I	I <sup>a</sup>	II	I	III
Товщина стовбурів, см			Thickness of trunks, cm			
20	14.1	7.4	11.3	11.0	3.3	3.1
40	31.6	16.0	25.1	21.6	12.0	8.6
50	39.9	19.7	30.9	25.5	18.3	11.9
60	46.2	20.2	35.8	28.6	20.5	16.1
80	57.9	—	54.6	36.9	28.7	25.7
100	64.6	—	—	44.4	36.0	34.9
120	—	—	—	—	46.0	40.3
Площа поперечного перерізу стовбура, м <sup>2</sup>			The trunk cross-sectional area, m <sup>2</sup>			
100	0.33			0.15	0.10	0.10
Об'єм стовбура, м <sup>3</sup>			Volume of the trunk, m <sup>3</sup>			
20	0.1	0.02	0.1	0.03	0.01	0.01
40	0.8	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1
50	1.5	0.29	0.8	0.5	0.2	0.2
60	2.2	0.34	1.1	0.7	0.3	0.3
80	4.0	—	3.2	1.3	0.8	0.8
100	5.7	—	—	2.0	1.4	1.6
120	—	—	—	—	2.3	2.2
Процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів			The percentage of the current volume increment from the volume of trunks			
100	1.1	—	—	2.7	2.5	2.6
Площа поперечного перерізу 100 стовбурів, м <sup>2</sup>			The 100 trunks cross-sectional area, m <sup>2</sup>			
100	33	—	—	15	10	10
Сума площ перерізу нормального деревостану, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>			Basal area of normal stand, m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup>			
100	>67	—	—	46.8	37.4	36.1
Поточний щорічний приріст об'єму 100 дерев, м <sup>3</sup> ·рік <sup>-1</sup>			The current annual volume increment of 100 trees, m <sup>3</sup> ·yr <sup>-1</sup>			
100	6.3	—	—	5.3	3.4	4.1
120	—	—	—	—	4.7	5.7
140	—	—	—	—	—	6.4

Примітки: ▲ – швидкокорослі дерева; ● – повільнорослі дерева.

Notes: ▲ – fast growing trees; ● – slowly growing trees.

## Річкові тераси у Горганах

У молодих деревостанах віком 20 років найвищими показниками росту у висоту відзначаються дерева берези повислої. Вони значно випереджують дерева інших видів (табл. 55), таких як ялина європейська, ялиця біла та сосна звичайна. У віці дерев 50 років темпи росту дерев змінюються. Найвищими є дерева ялини європейської. Майже такої ж висоти дерева берези повислої. Дерев інших видів значно відстають в рості у висоту. У віці 80 років кульмінаційні позиції абувають дерева видів *Abies alba* та *Picea abies*. Їх висота відповідає нормі I<sup>a</sup> та I бонітету. Найбільшої товщини набувають і стовбури дерев цих видів. Площа їх поперечного перерізу у віці 100 років сягає 0,29–0,43 м<sup>2</sup>. Відповідно і їх об'єм становив 4,3–5,1 м<sup>3</sup>, а процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів дорівнював 1,9–2.

На цій підставі можна розрахувати річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев ялиці у розмірі 11,2 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, а ялини – 8,3 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі припущення цілком вірогідні, оскільки суми площ перерізу цих 100 дерев становлять частку 0,43–0,7 від нормативів повних деревостанів на 1 га. Отже, у перерахунку на суму площ перерізу нормальних деревостанів у віці 100 років можна сподіватися, що загалом цей показник продуктивності міг би становити 16–19 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

## Середньогір'я

У молодих деревостанах віком 20 років найвищими показниками росту у висоту відзначаються дерева ялини європейської, що ростуть на відносно бідних кам'янистих буроземних ґрунтах. Значно повільніше ростуть молоді дерева бука та ялиці (табл. 56). Ця ж тенденція спостерігається і у віці дерев 50, 100 і 150 років. Висота дерев ялини європейської відповідає нормативу I<sup>a</sup> бонітету. Дерев інших видів відстають у швидкості росту, проте у віці 200 та 250 років сягають показників I<sup>c</sup> бонітету (ялиця) і I бонітету (бук). У віці 100 років товщина стовбурів ялини європейської становить майже 47 см, тоді як у ялиці та бука лише 29 см.

## The river terraces in Gorgany range

In young forest stands of the age of 20 years, the highest rates of growth in height are marked by the *Betula pendula* trees. They are significantly ahead of trees of other species (Table 55), such as *Picea abies*, *Abies alba* and *Pinus sylvestris*. At the age of 50 years, the growth rate of trees to change. The highest are the *Picea abies* trees. Almost the same height as a *Betula pendula* trees. Trees of other species are significantly lagging in height growth. At the age of 80, trees of the species *Abies alba* and *Picea abies*. Their height corresponds to the norm of I<sup>a</sup> and I bonitetes. The trunks of the trees of these species are the largest in thickness. Their area of cross-section at the age of 100 years is up 0.29–0.43 m<sup>2</sup>. Accordingly, their volume was 4.3–5.1 m<sup>3</sup>, and the percentage of the current increment in volume from the volume of the trunks was 1.9–2.

On this basis, one can calculate the annual increment in the volume of the trunks of 100 such *Abies alba* trees in the size of 11.2 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> and *Picea abies* – 8.3 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Such assumptions are quite probable, since the sum of the areas of the section of these 100 trees is a fraction of 0.43–0.7 from the norms of full stands per 1 ha. In terms of the basal area of the normal forest stands in age 100 years, it can be expected that, in general, this productivity index could be 16–19 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

## The montane zone

Young trees of the age of 20 years show the highest growth indices in the height of the *Picea abies* trees, which grow on rather poor leptic cambisoils. Young *Fagus sylvatica* and *Abies alba* trees grow more slowly (Table 56). This same trend is observed in the age of 50, 100 and 150 years old trees. Trees of other species grow slower. The height of the *Picea abies* trees corresponds to the norm of the I<sup>a</sup> bonitet. Trees of other species lag behind in growth rate, however, at the age of 200 and 250 years the indexes of I<sup>c</sup> bonitet (*Abies alba*) and I bonitet (*Fagus sylvatica*) reach. At the age of 100 years, the thickness of the *Picea abies* tree trunks is almost 47 cm, whereas in *Abies alba* and *Fagus sylvatica* it is only 29 cm.



Таблиця 55

Table 55

**Співвідношення усереднених темпів росту за основними біометричними показниками дерев найпоширеніших аборигенних видів, що ростуть на річкових терасах у Горґанах**

**The ratio of the average growth rates by the main biometric indices of trees of the widely-distributed native species that grow on the river terraces in Gorgany range**

Вік дерев, роки Age of trees, years	<i>Betula pendula</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i> ▲	<i>Abies alba</i>	<i>Pinus sylvestris</i> ●
Висота дерев, м			Height of trees, m		
20	9.1	5.4	4.6	4.3	1.2
40	17.6	15.3	12.4	12.6	3.8
50	20.2	20.4	15.0	16.9	5.4
60	24.0	24.0	17.4	20.7	6.9
80	26.5	28.4	19.2	31.4	10.6
100	—	33.6	—	33.5	—
120	—	37.9	—	35.4	—
Бонітет, у максимальному віці дерев			Bonitet, in the maximum age of trees		
	I	I <sup>b</sup>	III	I <sup>a</sup>	V
Товщина стовбурів, см			Thickness of trunks, cm		
20	11.1	8.7	5.0	5.5	0.8
40	23.6	23.5	17.2	18.5	3.3
50	28.3	32.4	20.3	26.9	5.6
60	31.2	39.8	23.1	37.0	7.7
80	39.4	52.8	27.0	62.1	11.0
100	—	60.4	—	73.6	—
120	—	67.5	—	80.9	—
Площа поперечного перерізу стовбура, м <sup>2</sup>			The trunk cross-sectional area, m <sup>2</sup>		
100		0.29		0.43	
Об'єм стовбура, м <sup>3</sup>			Volume of the trunk, m <sup>3</sup>		
20	0.06	0.0	0.0	0.01	0.0002
40	0.4	0.3	0.2	0.2	0.004
50	0.62	0.7	0.2	0.5	0.01
60	0.84	1.3	0.4	1.1	0.03
80	1.4	2.7	0.4	3.5	0.1
100	—	4.3	—	5.1	—
120	—	6.0	—	6.8	—
Процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів			The percentage of the current volume increment from the volume of trunks		
100	—	1.9	—	2.0	—
Площа поперечного перерізу 100 стовбурів, м <sup>2</sup>			The 100 trunks cross-sectional area, m <sup>2</sup>		
		29		43	
Сума площ перерізу нормального деревостану, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>			Basal area of normal stand, m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup>		
100		67.3		60.6	
Поточний щорічний приріст об'єму 100 дерев, м <sup>3</sup> ·рік <sup>-1</sup>			The current annual volume increment of 100 trees, m <sup>3</sup> ·yr <sup>-1</sup>		
100		8.3		11.2	
120		8.8			

Примітки: ▲ – швидкокорослі дерева; ● – повільнорослі дерева.

Notes: ▲ – fast growing trees; ● – slowly growing trees.

Відповідно, площа поперечного перерізу стовбурів дерев цих видів сягає 0,07–0,17 м<sup>2</sup>, їх об'єм становив 0,4–2,1 м<sup>3</sup>, а процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів дорівнював 3–5.

Максимальні показники стовбурів дерев ялини у віці 150 років: висота – 37 м, товщина – 64 см, об'єм – 4,1 м<sup>3</sup>. Для стовбурів ялиці у віці 250 років вони відповідно становлять 44 м, 106 см і 20 м<sup>3</sup>, а для бука – 35 м, 63 см і 3,9 м<sup>3</sup>.

На цій підставі можна розрахувати річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев ялини у розмірі 7,4 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, ялиці – 3,7 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup> та бука – 2,3 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі припущення цілком вірогідні, оскільки суми площ перерізу цих 100 дерев становлять частку 0,17–0,28 від нормативів повних деревостанів на 1 га. Тобто у випадку нормальних деревостанів ці показники могли б становити 13–26 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

Найвищі показники продуктивності властиві деревам ялиці і бука у віці 200–250 років. Розрахунковий річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев мав би становити 6,4–13 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. У перерахунку на суму площ перерізу нормальних деревостанів у цьому віці можна сподіватися, що загалом цей показник продуктивності міг би сягати 16–26 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

### Високогір'я

У молодих деревостанах віком 20 років найвищими показниками росту у висоту відзначаються дерева ялини європейської, які значно випереджають дерева сосни кедрової (табл. 56). Ця ж тенденція спостерігається і в цих дерев старшого віку. У максимальному віці висота дерев ялини європейської відповідає нормативу I–II бонітету, а сосни кедрової – IV.

У віці 100 років товщина стовбурів ялини європейської становить майже 30 см, тоді як у сосни кедрової лише 19 см. Відповідно, площа поперечного перерізу стовбурів дерев цих видів сягає 0,03–0,07 м<sup>2</sup>, їх об'єм становив 0,2–0,8 м<sup>3</sup>, а процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів дорівнював лише 0,6–1,5.

Максимальні показники стовбурів дерев ялини у віці 200 років такі: висота – 30 м,

Accordingly, the area of cross-section of trunks of these trees reaches 0.07–0.17 m<sup>2</sup>, their volume was 0.4–2.1 m<sup>3</sup>, and the percentage of the current increment in volume from the volume of the trunks was 3–5.

The maximum values of trunks of *Picea abies* trees at the age of 150 years are as follows: height – 37 m, thickness – 64 cm, volume – 4.1 m<sup>3</sup>. For trunks of *Abies alba* at the age of 250 yr, they are respectively 44 m, 106 cm and 20 m<sup>3</sup>, and for *Fagus sylvatica* – 35 m, 63 cm and 3.9 m<sup>3</sup>.

On this basis, one can calculate the annual increment in the volume of the trunks of 100 such *Picea abies* trees in the size of 7.4 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, *Abies alba* – 3.7 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> and *Fagus sylvatica* – 2.3 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Such assumptions are quite probable, since the sum of the areas of the section of these 100 trees is a fraction of 0.17–0.23 from the norms of full stands per 1 ha. That is, in the case of normal tree stands, these figures could be 13–26 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

The highest indices of the productivity is characteristic of the *Abies alba* and *Fagus sylvatica* trees at the age of 200–250. The estimated annual increment in the volume of the trunks of 100 such trees should be 6.7–13 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. In terms of the basal area of the normal forest stands in this age, it can be expected that, in general, this productivity index could be 16–26 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

### Altimontane zone

Young forest stands of the age of 20 years show the highest growth indices in the height of the *Picea abies* trees, which considerably outgo *Pinus cembra* trees (Table 56). This same trend is observed also in these older trees. At the maximum age, the height of the *Picea abies* trees corresponds to the norm of the I–II bonitet and *Pinus cembra* trees – IV.

At the age of 100 years, the thickness of the *Picea abies* tree trunks is almost 30 cm, whereas in *Pinus cembra* trees it is only 19 cm. Accordingly, the area of cross-section of these tree trunks reaches 0.03–0.07 m<sup>2</sup> and their volume was 0.2–0.8 m<sup>3</sup>, and the percentage of the current increment in volume from the volume of the trunks was only 0.6–1.5.

The maximum values of trunks of *Picea abies* trees at the age of 200 years are as follows: height – 30 m, thickness – 46 cm,

товщина – 46 см, об'єм – 2,5 м<sup>3</sup>. Для стовбурів сосни кедрової у віці 250 років вони відповідно становлять лише 21 м, 51 см і 2 м<sup>3</sup>. Однак варто зазначити, що темпи росту дерев ялини у штучному насадженні виявилися найвищими. Уже у 80 років висота дерев сягала 29 м, а об'єм – 0,9 м<sup>3</sup>. Це, очевидно, наслідок того, що ріст цих значно молодших дерев відбувався в умовах теплішого клімату, ніж старших дерев, вік яких становить 200–250 років.

На цій підставі можна розрахувати річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев ялини у розмірі 1,5 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, а сосни кедрової – 0,6 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі припущення цілком вірогідні, оскільки суми площ перерізу цих 100 дерев становлять частку 0,13–0,18 від нормативів повних деревостанів на 1 га. Тобто у випадку нормальних деревостанів ці показники могли б становити 4–9 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

Найвищі показники продуктивності властиві цим деревам у віці 200–250 років. Розрахунковий річний приріст об'єму стовбурів 100 таких дерев мав би становити 1,3–1,7 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. У перерахунку на суму площ перерізу нормальних деревостанів у цьому віці можна сподіватися, що загалом цей показник продуктивності міг би сягати 7–9 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

volume – 2.5 m<sup>3</sup>. For trunks of *Pinus cembra* trees at the age of 250 years, they are respectively only 21 m, 51 cm and 2 m<sup>3</sup>. However, it should be noted that the growth rate of *Picea abies* trees in silvaculture were the highest. Already in 80 years the height of the trees reached 29 m, and the volume – 0.9 m<sup>3</sup>. This is evidently the consequence of that the growth of these significantly younger trees took place under warmer climates conditions than the older trees, whose age is 200–250 years.

On this basis, one can calculate the annual increment in the volume of the trunks of 100 such *Picea abies* trees in the size of 1.5 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, and *Pinus cembra* – 0.6 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Such assumptions are quite probable, since the sum of the areas of the section of these 100 trees is a fraction of 0.13–0.18 from the norms of full stands per 1 ha. That is, in the case of normal tree stands, these figures could be 4–9 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

The highest indices of the productivity is characteristic of these trees at the age of 200–250. The estimated annual increment in the volume of the trunks of 100 such trees should be 1.3–1.7 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. In terms of the basal area of the normal forest stands in this age, it can be expected that, in general, this productivity index could be 7–9 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

Таблиця 56

Table 56

**Співвідношення усереднених темпів росту за основними біометричними показниками дерев найпоширеніших аборигенних видів, що ростуть на схилах гір та у високогір'ї у Горганах**

**The ratio of the average growth rates by the main biometric indices of trees of the widely-distributed native species that grow on the on the mountain slopes and in the altimontane zone in the Gorgany range**

Вік дерев, роки Age of trees, years	Середньогір'я The mountain zone			Високогір'я Altimontane zone		
	<i>Picea abies</i>	<i>Abies alba</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Picea abies</i> ♣	<i>Pinus cembra</i>
Висота дерев, м				Height of trees, m		
20	6.3	3.1	2.4	3.5	3.7	1.6
40	12.9	5.6	6.7	8.6	11.7	3.7
50	15.4	7.4	9.1	11.2	15.3	5.0
60	18.5	9.6	11.4	13.4	18.2	6.4
80	21.0	14.0	16.6	17.3	22.9	7.3
100	29.0	19.1	21.3	21.0	–	11.1
150	37.0	31.7	26.4	26.6	–	14.4
200	–	39.1	33.6	30.4	–	17.6
250	–	44.0	35.3	–	–	21.0



Продовження таблиці 56

Continuation of Table 56

Вік дерев, роки Age of trees, years	Середньогір'я The mountain zone			Високогір'я Altimontane zone		
	<i>Picea abies</i>	<i>Abies alba</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Picea abies</i> ♣	<i>Pinus cembra</i>
Бонітет, у максимальному віці дерев				Bonitet, in the maximum age of trees		
–	I <sup>a</sup>	I <sup>c</sup>	I	II	I	IV
Товщина стовбурів, см				Thickness of trunks, cm		
20	8.1	2.7	1.4	4.9	4.3	1.1
40	12.9	7.2	7.2	14.3	17.1	5.7
50	16.0	9.2	10.3	18.5	15.3	8.1
60	19.7	11.0	14.3	21.7	24.7	10.4
80	31.6	17.3	22.0	26.5	29.3	12.6
100	46.8	29.1	29.1	30.3	–	19.3
150	64.00	54.5	40.0	38.9		27.8
200		81.7	65.7	45.9		35.0
250		106.6	63.0			50.9
Площа поперечного перерізу стовбура, м <sup>2</sup>				The trunk cross-sectional area, m <sup>2</sup>		
100	0.17	0.07	0.07	0.07	–	0.03
Об'єм стовбура, м <sup>3</sup>				Volume of the trunk, m <sup>3</sup>		
20	0.02	0.004	0.001	0.01	0.01	0.001
40	0.1	0.03	0.02	0.1	0.2	0.01
50	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.02
60	0.7	0.1	0.1	0.3	0.5	0.05
80	0.8	0.3	0.4	0.5	0.9	0.1
100	2.1	0.7	0.8	0.8	–	0.2
150	4.1	3.6	1.5	1.6	–	0.5
200	–	9.7	4.3	2.4	–	0.9
250	–	20.7	3.9		–	2.0
Процент поточного приросту за об'ємом від об'єму стовбурів				The percentage of the current volume increment from the volume of trunks		
100	3.5	5.0	3.0	1.8		2.4
Площа поперечного перерізу 100 стовбурів, м <sup>2</sup>				The 100 trunks cross-sectional area, m <sup>2</sup>		
100	17	7	7	7		3
Сума площ перерізу нормального деревостану, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>				Basal area of normal stand, m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup>		
100	60.6	40.4	29.5	39.7		23.0*
Поточний щорічний приріст об'єму 100 дерев, м <sup>3</sup> ·рік <sup>-1</sup>				The current annual volume increment of 100 trees, m <sup>3</sup> ·yr <sup>-1</sup>		
100	7.4	3.7	2.3	1.5	–	0.6
150	6.5	7.7	3.3	1.5	–	0.7
200	–	11.1	6.4	1.7	–	0.9
250	–	13.0	3.8	–	–	1.3

Примітки: ♣ – лісові культури.

Notes: ♣ – silviculture.

### Критичні міркування та рекомендації

Подані матеріали біометричних досліджень ходу росту дерев, що росли у різних природно-географічних лісорослинних умовах карпатського регіону, суттєво доповнюють наші знання в цій царині знань. Це особливо стосується старовікових дерев, вік яких сягає понад 200 років, а також представників доволі рідкісних видів, як в'яз гладкий та сосна кедрова. Загалом, у науковій літературі бракує інформації про особливості росту та розвитку цих дерев у такому віці.

Наведені аналітичні та теоретичні узагальнення актуалізують проблему осучаснення застарілих нормативних довідкових матеріалів для таксації лісів Карпат в Україні. Насамперед це стосується дерев та деревостанів віком понад 100 років. Про це переконливо свідчать існуючі шкали відносних бонітетів, які є базовими для порівнянь продуктивності деревостанів не лише в Україні, а й у багатьох країнах Північної Євразії [59]. Власне кажучи, це зовсім не є шкали продуктивності, оскільки представляють лише швидкість росту деревостанів у висоту. Причому, приріст висоти у проміжку віку деревостанів 100–200 років є, правдоподібно, занижений. Подані у цій публікації аналітичні матеріали свідчать про інше, зокрема, про невідповідність темпу росту у висоту досліджених дерев цим усталеним тенденціям. Тому краще описувати та порівнювати швидкість росту дерев за показниками абсолютних бонітетів. Для цього, мабуть, слід застосовувати індекси висоти дерев або деревостанів у 50, 100 років, як це роблять лісівники в багатьох країнах світу [6, 8, 29, 38, 47]. Відповідно до цих індексів росту у висоту ( $SI_{50}$ ,  $SI_{100}$ ), потрібні також відповідні їх значення у 150, 200, 250 і більше років. Окрім цього, такі індекси росту мали б мати ще й відповідні у цьому віці дерев показники товщини стовбурів, площі їх перетину та об'єму, а також поточного приросту за об'ємом. Такі індекси росту дерев з відповідними біометричними показниками стосовно різного віку повинні бути розроблені диференційовано стосовно різних деревних видів та лісорослинних

### Critical considerations and recommendations

The materials of biometric studies of the growth course of trees, which growing in different natural geographical forest ecological conditions of the Carpathian region are substantially supplemented by our imaginations in this field of knowledge. This is especially true for old-age trees, whose age is over 200 years, as well as representatives of rather rare species, such as *Ulmus glabra* and *Pinus cembra*. In general, in scientific literature lacks information on the peculiarities of these trees growth and development at such an age.

The presented analytical and theoretical generalizations make an actual the problem of modernization of obsolete normative reference materials for the taxation of the Carpathian forests in Ukraine. First of all, it concerns of trees and forest stands of the age over of 100 years. The existing scales of relative bonitets, which are the basis for comparing the productivity of forest stands not only in Ukraine, but also in many countries of northern Eurasia, are convincingly testified by this [59]. Actually, this is not at all a scale of productivity, since they represent only the speed growth of forest stands in height. Moreover, the increment of grow of the trees in height in the age of 100–200 years is, believably, understated. The analytical materials presented in this publication indicate another, in particular, the inconsistency of the growth rate with the height of the investigation trees with these established tendencies. Therefore, it is better to describe and compare the growth rate of trees with the indicators of absolute bonitets. To do this, perhaps, you should apply the height of trees or trees at 50, 100, as foresters do in many countries around the World [6, 8, 29, 38, 47]. According to these growth indices of trees in height ( $SI_{50}$ ,  $SI_{100}$ ), is needed also their corresponding values in age 150, 200, 250 and more years. In addition, such growth indices should have the corresponding indicators at the age of trees for the thickness of the trunks, the area of their intersection and volume, as well as the current increase in volume. Such growth indices of trees with corresponding biometric indices for different ages should be developed in a differentiated manner for different tree

умов. Наприклад, для дерев ялиці білої, що ростуть у середньогір'ї Горган, такі показники висоти могли б бути:  $SI_{50} = 8$  м,  $SI_{100} = 20$  м,  $SI_{150} = 31$  м,  $SI_{200} = 41$  м,  $SI_{250} = 45$  м.

Ще важливішим показником повинна бути залежність поточного приросту об'єму від об'єму стовбурів. Так, на Передкарпатській височині у дерев бука лісового, вік яких 100–120 років, об'єм стовбурів може сягати 3–5 м<sup>3</sup>, а поточний приріст стовбурної деревини становитиме 0,09–0,11 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Такі ж показники поточного приросту об'єму стовбура отримано і для дерев дуба звичайного у віці 200–250 років, коли об'єм їх стовбурів може сягати 8–13 м<sup>3</sup>. Однак найбільші показники такої продуктивності, 0,12–0,17 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, виявлено у дерев ялиці білої у віці 100–135 років, об'єм стовбурів яких може сягати 4–8 м<sup>3</sup>.

У низькогір'ї Бескидів такі показники продуктивності дерев значно менші. Наприклад, середній об'єм стовбурів бука у віці 120 років становить лише 2 м<sup>3</sup>, а поточний його приріст є удвічі менший, ніж на Передкарпатській височині. Він становить лише 0,04 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Проте у ялини європейської ці показники сягають величини 0,06–0,08 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup> при об'ємі стовбурів 1,5–8 м<sup>3</sup> у віці 50–120 років. У дерев ялиці білої максимальні показники такого поточного приросту об'єму, 0,08–0,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, можуть спостерігатися лише за умови об'ємів стовбурів 4–6 м<sup>3</sup>, що мають вік 180–210 років. Подібна продуктивність і у дерев в'яза голого у віці 80 років, коли об'єм стовбура може сягати більше 3 м<sup>3</sup>.

У гірських долинах Горган найвищі показники продуктивності виявлено у дерев ялиці білої. Вони сягають максимальної величини 0,11 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup> у віці дерев 80–100 років, коли об'єми їх стовбурів становлять 3,5–6 м<sup>3</sup>. Максимальний поточний приріст у дерев ялини європейської виявлено трохи менший, лише 0,08 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, у віці дерев 90–130 років, коли об'єми їх стовбурів сягають подібної величини.

У лісах у середньогір'ї Горган поточний приріст дерев бука європейського сягає максимуму, 0,05–0,07 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>, у віці 200–300 років, при об'ємі стовбурів 3–7 м<sup>3</sup>. У дерев ялини європейської він максималь-

species and forest ecological conditions. For example, for *Abies alba* trees that grow on the the Gorgany range montane zone, such indices could be:  $SI_{h50} = 7$  м,  $SI_{h100} = 19$  м,  $SI_{h150} = 32$  м,  $SI_{h200} = 39$  м,  $SI_{h250} = 45$  м.

An even more important indicator should be the dependence of the current volume increase on the volume of trunks. So, on the Carpathian Foothill in *Fagus sylvatica* trees, whose age is 100–120 years, the volume of trunks can reach 3–5 м<sup>3</sup>, and the current increment of stem wood will be 0.09–0.11 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. The same indicators of the current increase of trunk volume are obtained also for *Quercus robur* trees in the age of 200–250 years, when the volume of their trunks to be 8–13 м<sup>3</sup>. However, the highest indicators of such productivity, 0.12–0.17 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, were found in *Abies alba* trees at the age of 100–135 years, when the trunks volume can reach 4–8 м<sup>3</sup>.

In the Beskid low-mountains, such indicators of tree productivity are much smaller. For example, the average volume of *Fagus sylvatica* trunks in the age of 120 years is only 2 м<sup>3</sup>, and its current growth is twice smaller than in the Carpathian Foothills. It is only 0.04 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. However, in the *Picea abies* trees, these indices to be 0.06–0.08 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> with at volume of 1.5–8 м<sup>3</sup> trunks at the age of 50–120 years. At *Abies alba* trees, white maximum values of such current increase of volume, 0.08–0.1 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, can be observed only if the volumes of the stems were 4–6 м<sup>3</sup>, having an age of 180–210 years. Similar productivity and at *Ulmus glabra* trees in age 80 years, when the volume of the trunk can reach more than 3 м<sup>3</sup>.

In the mountain valleys of Gorgany range, the highest productivity indicators were found in *Abies alba* trees. They reach the maximum value of 0,11 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup> at the age of 80–100 years old when the volume of their trunks is 3.5–6 м<sup>3</sup>. The maximum current growth in the *Picea abies* trees is found to be slightly smaller, only 0.08 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, at the age of 90–130 years old trees, when the volume of their trunks reaches a similar magnitude.

In the forests on the Gorgany range montane zone, the current growth of *Fagus sylvatica* trees reaches a maximum, 0.05–0.07 м<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>, at the age of 200–300 years, with a volume of trunks of 3–7 м<sup>3</sup>. In the trees of the *Picea abies*,



ний, приблизно  $0,08 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , у віці дерев 110–130 років, коли об'єм їх стовбурів становить 3–4  $\text{м}^3$ . Найбільші показники такого приросту,  $0,1\text{--}0,13 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у дерев ялиці білої у віці 170–250 років, коли об'єм їх стовбурів сягає 6–21  $\text{м}^3$ .

У високогір'ї Горган біля верхньої межі лісу продуктивність дерев загалом невелика. Найвищі показники поточного приросту об'єму стовбурів виявлено у дерев сосни кедрової,  $0,15\text{--}0,2 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , у віці 250–340 років, за об'єму стовбурів 2–5  $\text{м}^3$ . Такий максимальний приріст дерев ялини європейської виявився у віці 100–380 років, коли об'єм їх стовбурів сягав 1–3  $\text{м}^3$ . Проте у штучно створеному деревостані цей показник виявився вищим,  $0,02\text{--}0,04 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , вже у віці дерев 60–90 років, коли об'єм їх стовбурів становив 0,5–1,5  $\text{м}^3$ . Таку різницю у показниках приросту можна пояснити більш сприятливими для росту дерев кліматичними умовами останніх 30–50 років.

Таким чином, на підставі вищевикладеного, вважаємо доцільним переорієнтувати ведення лісового господарства на індекси максимального поточного приросту об'ємів стовбурів елітних дерев деревостанів, які є властивими за відповідних біометричних показників стовбурів (табл. 57).

Беручи до уваги еколого-економічні пріоритети, а саме максимальні показники приросту об'єму стовбурів, можна вважати, що вони властиві для елітних дерев, об'єм стовбурів яких є більшим за 5  $\text{м}^3$ , або їх товщина більша за 70 см. Це означає, що загальний об'єм стовбурів 100 елітних дерев має становити понад 500  $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , а сума площ їх перерізу – понад 50  $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ . Отже, загальний запас таких деревостанів, з врахуванням відстаючих у рості дерев, мав би бути більшим 700  $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , а сума площ їх перерізу – більша 70  $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ . Саме такі деревостани будуть забезпечувати максимальний щорічний приріст об'єму стовбурів на рівні 10–15  $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Це втричі більше, ніж відповідний середній показник для лісів України [26]. Це дає підстави вважати, що і обсяг споживання  $\text{CO}_2$  з атмосфери та теплової і світлової енергії такими деревостанами буде втричі більший, а

it is maximal, approximately  $0,08 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , at the age of 110–130 years old trees, when the volume of their trunks is 3–4  $\text{м}^3$ . The highest rates of such increase,  $0,1\text{--}0,13 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , were found in *Abies alba* trees at the age of 170–250 years, when the volume of their trunks reaches 6–21  $\text{м}^3$ .

In the Gorgany range altimontane zone of near the upper limit of the forest, the productivity of trees in general is small. The highest indicators of the current increase of the volume of trunks were found in *Pinus cembra* trees,  $0,15\text{--}0,2 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , at the age of 250–340 years, when the volume of their trunks is 2–5  $\text{м}^3$ . Such maximum growth of *Picea abies* trees was at the age of 100–380 years, when the volume of their trunks reached 1–3  $\text{м}^3$ . However, in artificially created stand, this indicator was higher,  $0,02\text{--}0,04 \text{ м}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$ , already at the age of trees 60–90 years old, when the volume of their trunks was 0.5–1.5  $\text{м}^3$ . Such a difference in growth rates can be explained by more favorable for tree growth by climatic conditions of the last 30–50 years.

Thus, on the basis of the foregoing, it is considered appropriate to reorient forest management to the indices of the maximum current increase in the volume of trunks of elite trees of stands that are characteristic of the corresponding biometric indices of the trunks (Table 57).

Taking into account the ecological and economic priorities, namely, the maximum growth rates for stems volume, it can be assumed that they are typical of elite trees with a volume of trunks must be more than 5  $\text{м}^3$  or a thickness – more than 70 cm. This means that the general volume of trunks of 100 elite trees should be more than 500  $\text{м}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , and their basal area is greater than 50  $\text{м}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Consequently, the total stock of such trees, taking into account lagging trees, should have been greater than 700  $\text{м}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , and the sum of their area of cross-section is greater than 70  $\text{м}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Such tree stands will provide the maximum of annual increase in the volume of trunks at the level of 10–15  $\text{м}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ . This is three times more than the corresponding average for the forests of Ukraine [26]. This suggests that the consumption of  $\text{CO}_2$  from the atmosphere and the thermal and light energy of such trees will be three times greater, as well as three times

також втричі більше від таких деревостанів надійде у приземну атмосферу кисню та транспірованої вологи.

more from such woodlands will enter into the surface atmosphere of oxygen and transpirational moisture.

Таблиця 57

Table 57

**Індекси місцезростань (SI) дерев окремих видів за біометричними показниками росту**  
**Site indices (SI) of trees of individual species at the growth biometric values**

	SI <sub>50</sub>	SI <sub>100</sub>	SI <sub>150</sub>	SI <sub>200</sub>	SI <sub>250</sub>	SI <sub>300</sub>
A	50	100	150	200	250	300
Дуб звичайний на Передкарпатській височині						
H	13	21	24	27	29	
D	28	53	76	98	116	
V	0.6	2	4.7	7.8	13	
$\Delta V/\Delta A$	0.02	0.45	0.07	0.095	0.105	
Ялиця біла у низькогір'ї Бескидів						
H	9,5	19	29	27		
D	16	32	48	64		
V	0.5	1,1	2.8	5		
$\Delta V/\Delta A$	0.018	0.038	0.07	0.092		
Ялиця біла на схилах Горган						
H	8	20	31	41	45	
D	9	27	48	54	83	
V	0.05	0,8	3.2	10	21	
$\Delta V/\Delta A$	0.003	0.03	0.08	0.13	0.14	
Бук на схилах Горган						
H	9	21	28	32	35	39
D	10	28	44	57	67	77
V	0.3	1	1.9	3	4.5	7
$\Delta V/\Delta A$	0.005	0.022	0.04	0.05	0.05	0.065

Щоб досягти таких біометричних показників деревостанів, доцільно передбачити оптимальну тривалість вирощування таких елітних дерев у їх складі. Для дерев бука лісового та ялиці білої, що ростуть на Передкарпатській височині, це буде 100–130 років, а для дерев дуба звичайного – 200–250 років. Для дерев бука лісового, які ростуть у низькогір'ї Бескидів, це буде 100–140 років, а для ялини європейської – 50–120 років і ялиці білої – 180–210 років. У деревостанах, що ростуть у долинах Горган, такий оптимальний вік буде для ялини європейської – 90–130 років, а ялиці білої – 80–100 років. У деревостанах, що ростуть у середньогір'ї Горган, цей вік буде для бука лісового – 200–300 років, ялини європейської – 110–130 років, а для ялиці білої – 170–250 років. У високогір'ї Горган, біля верхньої межі лісу, щоб сягнути макси-

In order to achieve such biometric indices of forest stands, it is expedient to predict the optimal duration of cultivation of such elite trees in their composition. For *Fagus sylvatica* and *Abies alba* trees, which grow on the Carpathian foothills, it will be 100–130 years old, and for *Quercus robur* trees – 200–250 years. For trees of *Fagus sylvatica*, which grow in the Beskydy lowmountain, it will be 100–140 years, and for the *Picea abies* trees – 50–120 years and *Abies alba* – 180–210 years. In forest stands, which grows in the Gorgany range valleys, such an optimal age will be for the *Picea abies* – 90–130 years, and *Abies alba* – 80–100 years. In the stands that grow on the the Gorgany range montane zone, this age will be for the *Fagus sylvatica* – 200–300 years, *Picea abies* – 110–130 years and for *Abies alba* – 170–250 years. In the altimontane zone of the Gorgany range, near the upper limit of the

муму приросту дерева сосни кедрової повинні рости 250–350 років, а ялини європейської – 200–350 років. При цьому слід застерегти, що, зважаючи на значну вітровальність дерев найбільших розмірів, максимальний вік вирощування таких дерев може бути менший.

Такий методичний підхід дозволить ефективно моделювати динамічні процеси розвитку мішаних деревостанів [17, 18] за прикладом пралісів [24]. Також це дозволить розробити нові нормативні таблиці для таксації багатовидових і різновікових деревостанів, що ростуть у різних екологічних умовах у горах. На цій основі доцільно побудувати нову господарську концепцію вирощування таких лісів з метою отримання довготривалого еколого-економічного ефекту.

forest, in order to reach the maximum growth of the *Pinus cembra* trees must grow 250–350 years, and *Picea abies* – 200–350 years. It should be noted that, due to the considerable windfall of trees of the largest size, the maximum age of growing such trees may be smaller.

Such a methodical approach will allow to effectively model dynamic processes of the development of mixed forest stands [17, 18] by example of virgin forests [24]. It will also allow the development of new normative tables for taxing of forest stands with different-aged trees of different species that grow in different ecological conditions in the mountains. On this basis, it is advisable to build a new economic concept for the cultivation of such forests in order to obtain a long-term ecological and economic effect.



## Висновки

Максимальна продуктивність дерев більшості автохтонних видів спостерігається у віці понад 80 років. Це за умови, коли об'єм стовбурів сягає здебільшого 3–6 м<sup>3</sup>. Зокрема, виявлено, що дерева дуба звичайного, які ростуть на Передкарпатській височині, можуть досягати максимальних показників поточного приросту об'єму стовбурної деревини (0,1 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>) лише у віці 250 років, коли об'єм їх стовбурів сягає 13 м<sup>3</sup>. Подібно і максимальні об'єми стовбурної деревини у дерев ялиці білої, що ростуть у середньогір'ї Горган, у віці 250 років можуть сягати 20 м<sup>3</sup>, а поточний приріст їх становитиме 0,13 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

У подібних умовах дерева бука максимально продуктивні у 300 років. Їх об'єм може сягати 7 м<sup>3</sup>, а поточний приріст 0,06 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>. Подібні, хоч трохи менші, величини отримано і для дерев інших деревних видів. У високогір'ї біля верхньої межі лісу дерева ялини європейської та сосни кедрової є максимально продуктивними у віці 200–350 років. Приріст об'єму стовбурів відповідно сягає понад 0,02 та 0,01 м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>.

Наведені аналітичні та теоретичні узагальнення можуть бути використані для осучаснення та модернізації застарілих нормативних довідкових матеріалів для таксації лісів Карпат в Україні.

Максимальні показники продуктивності елітних дерев різних видів повинні бути покладені в основу сучасної стратегії вирощування гірських лісів. Вони мають визначати оптимальний вік господарської стиглості лісу. Саме такий підхід може забезпечити отримання максимального еколого-економічного ефекту від вирощування наших лісів.

## Conclusion

The maximum productivity of trees of most autochthonous species is observed at the age of 80 years. This is provided when the volume of the trunks reaches for the most part 3–6 m<sup>3</sup>. In particular, it has been found that the *Quercus robur* trees, which they grow on the Carpathian foothills, can reach the maximum values of the current increase in the volume of stem wood (0.1 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>) at the age of only 250 years when the volume of their trunks reaches 13 m<sup>3</sup>. Similarly, the maximum volumes of trunks in *Abies alba* trees they grow On the slopes in the Gorgany range, at the age of 250 years can reach 20 m<sup>3</sup>, and its current growth is 0.13 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

In these conditions, *Fagus sylvatica* trees are as productive as possible in 300 years. Their volume can reach 7 m<sup>3</sup>, and the current increase is 0.06 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>. Similar, even slightly smaller, values have been obtained for trees of other woody species. In the high mountains near the upper the forest line, the *Picea abies* and *Pinus cembra* trees is maximally productive at the age of 200–350 years. The increase in the volume of the trunks accordingly exceeds 0.02 and 0.01 m<sup>3</sup>·yr<sup>-1</sup>.

The presented analytical and theoretical generalizations can be used for updating and of modernization of obsolete normative reference materials for the taxation of the Carpathian forests in Ukraine.

The maximum indicators of productivity of elite trees of different species should be the basis of the modern strategy of cultivating mountain forests. They have to determine the optimal age of economic maturation of the forest. Only this approach can ensure the maximum ecological and economic effect of growing our forests.

## Список посилань / References

1. Bojchuk I. I., Golubchak O. I., Danyliv V. S., Savchyn A. I., Tretyak P. R., Chernevyy Ju. I., Juhym R. G. (2009). *Osoblyvosti hodu rostu najstarshyh derev jalyci biloi' (Abies alba Mill.) na pivnichnomu makroshyli Ukrai'ns'kyh Karpat [Features a course of growth oldest silver fir trees (Abies alba Mill.) in the north makro slope of Ukrainian Carpathians]*. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrai'ny. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine] 7: 44–47. (In Ukrainian)
2. Bojchuk I. I., Tretyak P. R., Chernevyy Ju. I., Savchyn A. I., Juhym R. M. (2006). *Osoblyvosti rostu model'nyh derev sosny zvyhajnoi' na oligotrofnomu boloti v G'org'anah [Features of growth of Scots pine model trees in oligotrophic swamp in Gorgany]*. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrai'ny. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 5: 65–68. (In Ukrainian)
3. Bojchuk, I. I., Tretyak, P. R., Chernevyy, Ju. I., Savchyn, A. I., Juhym, R. M. (2007). *Osoblyvosti rostu model'nyh derev sosny zvyhajnoi' na oligotrofnomu boloti v Gorganah [Peculiarities of growth of model trees of pine forest in oligotrophic bog in Gorgany range]*. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrai'ny. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 5. Lviv: 65–68. (In Ukrainian)
4. Bouriaud O., Bréda N., Dupouey J.-L., Granier A. (2005). *Is ring width a reliable proxy for stem-biomass increment? A case study in European beech*. Can. J. For. Res. 35: 2920–2933. DOI: 10.1139/X05-202.
5. Bowsher C., Steer M., Tobin A. K. (2008). *Plant Biochemistry*. Garland Publishing Inc (Verlag). 500 s. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781136843655>
6. Brack C. *Forest Measurement and Modelling*. Department of Forestry, Australian National University. URL <https://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/index.htm>.
7. Bruchwald A. (1999). *Dendrometria* (Wydanie III). Warszawa: SGGW. 261 s.
8. Carmean, W. H.; Hahn, J. T.; Jacobs, R. D. (1989). *Site index curves for forest tree species in the eastern United States*. General Technical Report NC-128. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 153 p. [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr\\_nrs113.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nrs113.pdf)
9. Chang, M. (2006). *Forest hydrology: an introduction to water and forests*. Second edition – Boca Raton, FL, CRC Press Taylor & Francis Group. 474 p. <https://www.crcpress.com/Forest-Hydrology-An-Introduction-to-Water-and-Forests-Third-Edition/Chang/p/book/9781439879948>
10. Chernevyy, Ju. (2008). *Strukturno-dynamichni osoblyvosti lisovoi' roslynosti Peredkarpats'koi' vysochyny [Structural-dynamic features of forest vegetation of the Carpathian foothills]*. Praci Naukovoho tovarystva im. Shevchenka. XIII. L'viv: 137–145. Ekologichnyj zbirnyk. Doslidzhennja biotychnoi' i landshaftnoi' rozmai'tosti ta i'i' zberezhenja. Na poshanu professora Kostjantyna Malynovskogo [Ecological collection. Investigation of biotic and landscape diversity and its conservation. In honor of Professor Konstantin Malinovsky]. (In Ukrainian)
11. Chernevyy, Ju. I. (2007). *Osoblyvosti struktury lisovoyo pokryvu Peredkarpats'koi' vysochyny u basejni r. Dnister [Peculiarities of the forest cover structure of the Carpathian Hills in the Dniester River Basin]* Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. 17.5, Lviv, 2007: 13–22. (In Ukrainian)
12. Chernevyy, Ju. I., Tretyak, P. R. (2010). *Pryrist starovikovyh derevostaniv ta joho ekologichne znachennja [The Growth of Old-Age forest stands and Its Ecological Value]* Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. 20.9, Lviv: 70–77. (In Ukrainian)
13. Chernevyy, Ju. I., Tretyak, P. R., Danyliv, V. S., Savchyn, A. I., Juhym, R. M. (2009). *Osoblyvosti rostu vikovyh model'nyh derev jalyci biloi' na hirs'kyh shylah u verhiv'i' basejnu riky Limnyci u Karpatah [Peculiarities of the growth of age-old model fir trees of white fir on the mountain slopes in the upper reaches of the Limnitsa River basin in the Carpathians Mts.]*. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. 19.7, Lviv: 21–28. (In Ukrainian)
14. Chernevyy, Ju. I., Tretyak, P. R., Danyliv, V. S., Savchyn, A. I., Juhym, R. M. (2008). *Hid rostu vikovyh derev jalyci na Peredkarpats'kij vysochyni [Growth of age-old fir trees in the Carpathian Foothills]*. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific herald of NLTU of Ukraine]. Lviv. 18.9: 7–12. (In Ukrainian)
15. Chernevyy, Ju., Danyliv, V., Savchyn, A., Tretyak, P. (2008). *Osoblyvosti hodu rostu vikovyh derev duba zvyhajnoho na Peredkarpats'kij vysochyni [Features of the course of growth of the old-age oak trees on the Carpathian Foothills]*. Praci Naukovoho tovarystva im. Shevchenka [Proceedings of the Shevchenko Scientific Society]. XIII. L'viv: 187–195. Ekologichnyj zbirnyk. Doslidzhennja biotychnoi' i landshaftnoi' rozmai'tosti ta i'i' zberezhenja. Na poshanu professora Kostjantyna Malynovskogo [Ecological collection. Investigation of biotic and landscape diversity and its conservation. In honor of Professor Konstantin Malinovsky]. (In Ukrainian)

16. Chernevyy, Ju.I. (2003). *Strukturno-typologichni osoblyvosti pryrodnoho lisovogo pokryvu Prydnistrovs'koi' vysochyny na Peredkarpatti* [Structural-typological peculiarities of the natural forest cover of the Transdnistrian hill in the Carpathian region]. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrainy. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 2. Lviv: 79–81. (In Ukrainian)
17. Chernevyy, Ju.I. (2004). *Sukcesijni stadii' typiv lisu za uchastju buka, duba ta jalyci* [The succession stages of forest types involving beech, oak and fir]. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrainy. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 3. Lviv: 72–77. (In Ukrainian)
18. Chernevyy, Ju.I. (2005). *Kompleksnyj typ lisu – bukovo-jalyceva asociacija* [Complex forest type – beech-fir association]. Naukovi osnovy vedennja staloho lisovoho hospodarstva: Materialy mizhn. Konf., prysvjachenoi' 80-richchju z dnja narodzhennja P.S. Pasternaka [Scientific basis of sustainable forest management: Materials intern. Conf., Dedicated to the 80th anniversary of P.S. Pasternak]. Ivano-Frankivsk, September 28–30, 2005: 262–362. (In Ukrainian)
19. Chernevyy, Ju.I. (2007). *Osoblyvosti struktury lisovoho pokryvu nyz'kogirnoho landshaftu u basejni riky Dnister* [Features of the structure of the forest cover of the low-mountainous landscape in the Dniester River basin]. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrainy. [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 5. Lviv: 47–50. (In Ukrainian)
20. Chernevyy, Ju.I., Danyliv, V.S., Savchyn, A.I., Tretyak, P.R.. (2008). *Hid rostu vikovyh derev buka lisovoho na Peredkarpats'kij vysochyny* [The course of growth of beech forest trees in the Carpathian Foothills]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. 18.8. L'viv: 11–16. (In Ukrainian)
21. Chernevyy, Ju.I., Tretyak, P.R. (2010). *Pryrist starovikovyh derevostaniv ta joho ekologichne znachennja* [Increment of old-age stands and its ecological significance]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. 20.9, Lviv: 71–77. (In Ukrainian)
22. Chernevyy J. (2014). *Biometricheskie osobennosti starovozrastnyh drevostoev Skolevskih Beskid (Ukraina)* [Biometric features of old-growth stands Skole Beskid (Ukraine)]. Zarządzanie ochroną przyrody w lasach. Management of Environmental Protection in Forests. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi. Tuchola, VIII: 24–32. (In Russian)
23. Commarmot, B, Brändli, UB, Hamor, F, Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe*. Rakhiv. 69 p. <http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/12494.pdf>.
24. Curik, E.I. (1980). *Struktura i vozobnovlenie devstvennyh bukovyh drevostoev Karpat* [Structure and renewal of virgin beech trees in the Carpathians]. Lesovedenie [Lesovedenie.] 5: 75–84. (In Russian)
25. Curyk, Je.I. (2006). *Taksacija dereva ta joho chastyn* [Taxation of the tree and its parts]. L'viv: NLTU Ukrainy. 328 p. (In Ukrainian)
26. Derzhavne agentstvo lisovyh resursiv Ukrainy (2016). *Publichnyj zvit za 2016 rik* [Public report for 2016]. 41 p. (In Ukrainian)
27. *European Champion Tree* (2014). Forum 4th Meeting, Valsain, Spain, 10th to 14th October. Report compiled by Gordon L Mackenthun (ECTF Secretary). [http://www.championtrees.eu/Ressourcen/reports/ECTF\\_2014\\_Report.pdf](http://www.championtrees.eu/Ressourcen/reports/ECTF_2014_Report.pdf)
28. *Forest Europe*, 2015: State of Europe's Forests 2015. 314 s. <http://www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf>
29. Gadow, K. von. (2003). *Waldstruktur und Wachstum*. Universitätsverlag Göttingen. 241 p. DOI: 10.17875/gup2003-244.
30. *Global Forest Resources. Assessment* (2010). Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 378 p. <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
31. Grochowski J. *Dendrometria*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1973. 593 s. (In Polish)
32. Hatzianastassiou, N., Matsoukas, C., Fotiadi, A., Pavlakis, K. G., Drakakis, E., Hatzidimitriou, D., Vardavas, I. (2005). *Global distribution of Earth's surface shortwave radiation budget*. Atmospheric Chemistry and Physics. No. 5: 2847–2867. <http://www.atmos-chem-phys.net/5/2847/2005/acp-5-2847-2005.pdf>.
33. Hopkins W. G. (2006). *Photosynthesis and Respiration*. New York : Infobase Pub., 177 crop.
34. Hrynyk H. H. (2012). *Ekspozycyjno-orografichni modeli miscepolozhen' optimal'no-produktyvnyh derevostaniv jalyny jevropejs'koi' v Ukrain's'kyh Karpatah* [Exposition-orographic models of the locations of optimally productive Picea abies stands of in the Ukrainian Carpathians]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tehn. pr. / Nac. lisotehn. un-t Ukrainy. L'viv : NLTU Ukrainy. 22.9: 19–24. (In Ukrainian)
35. Hrynyk H. H. (2012). *Ekspozycyjno-orografichni modeli optimal'no-produktyvnyh miscepolozhen' derevostaniv buka lisovoho v Ukrain's'kyh Karpatah* [Exposition-orographic models of optimally productive beech forest stands in the Ukrainian Carpathians].



*locations of beech stands in the Ukrainian Carpathians*]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny : zb. nauk.-tehn. pr. / Nac. lisotehn. un-t Ukrai'ny. L'viv : NLTU Ukrai'ny. 22.8: 8–13. (In Ukrainian)

36. Hrynyk H. H. (2012). *Ekspozycyjno-orografichni modeli optymal'no-produktyvnyh miscepolozhen' derevostaniv jalyci biloi' v Ukrai'ns'kyh Karpatah* [Exposition-orographic models of optimally productive locations of *Abies alba* stands in the Ukrainian Carpathians]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny : zb. nauk.-tehn. pr. / Nac. lisotehn. un-t Ukrai'ny. L'viv: NLTU Ukrai'ny. 22.10: 14–19. (In Ukrainian)

37. *Korotkyj dovidnyk lisovoho fondu Ukrai'ny* (2003). *Za materialamy obliku lisiv stanom na 1 sichnja 2002 roku* [A short reference book of the forest fund of Ukraine. Based on the records of forests as of January 1, 2002]. Irpin'. 149 c. (In Ukrainian)

38. Laar, A., Akça, A. (2007). *Forest Mensuration*. Springer. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands. 384 p.

39. Lakyda P. Y., Lakida P. I. (2001). *Dinamika zapasov ugleroda v lesah Ukrainy* [Dynamics of carbon stocks in forests of Ukraine]. Sb. nauch. tr. Problemy lesovedenija i lesovodstva. [Collection of scientific papers. Problems of forest science and Forestry]. Gomel'. – 56: 86–90. (In Russian)

40. Lakyda P. I., Buksha I. F., Pasternak V. P. (2004). *Zmshennja ryzyku global'noi' zminy klimatu shljahom deponuvannja vuglecju pry lisorozvedenni ta lisovidnovlenni v Ukrai'ni* [Reducing the risk of global climate change by depositing carbon during forest development and reforestation in Ukraine]. Naukovyj visnyk Nacional'nogo agrarnoho universytetu [Scientific Bulletin of the National Agrarian University]. Kyi'v. Issue 79: 212–217. (In Ukrainian)

41. Lakyda P. I., Vasylyshyn R. D., Matushevych L. M., Zibcev S.V. (2009). *Energetychnye vykorystannja biomasy lisiv Ukrai'ny v umovah global'nyh zmin klimatu* [Energy use of biomass of forests of Ukraine in conditions of global climate change]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific herald of NLTU of Ukraine]. 19.14: 18–22. (In Ukrainian)

42. Lakyda, P. I., Shvydenko, A. Z., Shchepashhenko, D. G. (2013). *Biotychna produktyvnist' lisiv Ukrai'ny v jevropejs'komu ekoresursnomu vymiri* [Biotic productivity of forests of Ukraine in the European ecological resource scope]. Bioresursy i pryrodokorystuvannja [Bioresources and nature use]. 5 (5/6): 99–106. (In Ukrainian)

43. Li M. H., Yang J. (2004). *Effects of microsite on growth of Pinus cembra in the subalpine zone of the Austrian Alps*. Annals of Forest Science, Springer Verlag (Germany), 61 (4): 319–325. DOI: 10.1051/forest:2004025.

44. Li M. H., Yang J., Kräuchi N. (2003). *Growth responses of Picea abies and Larix decidua to elevation in subalpine areas of Tyrol, Austria*, Can. J. For. Res. 33: 653–662. DOI: 10.1139/X02-202.

45. Lindner M., Suominen T. (2017). *Towards a sustainable bioeconomy*. Scandinavian Journal of Forest Research 32:7: 549–550. DOI:10.1080/02827581.2017.1357329

46. Mantovani D., Veste M., Gypser S., Halke C., Koning L., Freese D., Lebzien S. (2014). *Transpiration and biomass production of the bioenergy crop Giant Knotweed Igniscum under various supplies of water and nutrients*. J. Hydrol. Hydromech., 62, 4: 316–323. DOI: 10.2478/johh-2014-0028

47. Matthews, R. W., Jenkins, T.A. R., Mackie, E. D., Dick, E. C. (2016). *Forest Yield: A handbook on forest growth and yield tables for British Forestry Forestry Commission*, Edinburgh. i-iv + 1–92pp. [https://www.Forestry.gov.uk/pdf/FCBK048.pdf/\\$FILE/FCBK048.pdf](https://www.Forestry.gov.uk/pdf/FCBK048.pdf/$FILE/FCBK048.pdf)

48. Metsaranta J. M. Bhatti J. S. (2016). *Evaluation of Whole Tree Growth Increment Derived from Tree-Ring Series for Use in Assessments of Changes in Forest Productivity across Various Spatial Scales*. Forests, 7, 303; 11 p. DOI:10.3390/f7120303

49. Mróz W., Węgrzyn, M., Kozak, M. (2012). *9420 Górski bór limbowo-świerkowy (Pino cembrae-Piceetum)*. Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część III. Warszawa: GIOŚ: 328–338. (In Polish)

50. Pederson N. (2010). *External Characteristics of Old Trees in the Eastern Deciduous Forest*. Natural Areas Journal. Vol. 30 (4): 396–407.

51. Phillips, N. G., Buckley, T. N., Tissue, D. T. (2008). *Capacity of Old Trees to Respond to Environmental Change*. Journal of Integrative Plant Biology 50 (11): 1355–1364. DOI:10.1111/J.1744-7909.2008.00746.X

52. Pjasec'kyj A. (1942). *Pro pobuduvannja i biologichnyj rozvytok rjadu typiv ukrai'ns'kogo lisu* [On the construction and biological development of the series types of Ukrainian Forest]. Proceedings of Experimental Forestry. T. 1. Edition of the Natural Section of the Shevchenko Scientific Society them. in Lviv. Lviv: Ukrainian publishing house. 112 p. (In Ukrainian)

53. *Pryroda Ivano-Frankivs'koi' oblasti* (1973). [Nature of Ivano-Frankivsk region]. L'viv. Vyshha shkola. 160 p. (In Ukrainian)

54. *Pryroda L'vivs'koi' oblasti* (1972). [Nature of Lviv region]. L'viv. Vyshcha shkola. 152 p. (In Ukrainian)

55. Saban, Ja. A. (1982). *Ekologija gornyh lesov [Ecology of mountain forests]*. Moskva. Lesn. prom-st'. 169 p. (In Russian)
56. Sedjo, R. A. (2001). *Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments*. Resources for the Future. Discussion Paper 01–34. Washington, 26 p.
57. Shvidenko, A. I. (1980). *Pihtovye lesa Ukrainy [Fir forests of Ukraine]*. L'vov: Vyshcha shkola. 192 p. (In Russian)
58. Shvidenko, A. Z. [and other]. (1987). *Normativno-spravochnye materialy dlja taksacii lesov Ukrainy i Moldavii [Normative reference materials for taxing the forests of Ukraine and Moldavia]*. Kiev: Urozhaj. 559 p. (In Russian)
59. Shvidenko, A. Z., Shchepashhenko, D. G., Nil'sson, S. Buluj, Ju.I. (2008). *Tablicy i modeli hoda rosta i produktivnosti nasazhdenij osnovnyh lesoobrazujushhih porod Severnoj Evrazii (normativno-spravochnye materialy) [Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia (standard and reference materials)]* Second edition, supplemented. Moscow. 886 p. (In Russian)
60. Shvydenko, A. J., Ostapenko, B. F. (2001). *Lisoznavstvo [Forestry]*. Chernivtsi: Zelena Bukovyna. 352 p. (In Ukrainian)
61. *State of Europe's Forests*. (2003). The MCPFE Report on Sustainable Forest. Management in Europe. Jointly prepared by the MCPFE Liaison Unit Vienna and UNECE/FAO. 115 p.
62. Stavins, R. N., Kenneth, R. R. (2005). *The cost of U.S. forest-based carbon sequestration*. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change. Arlington, 40 p.
63. Tretyak P. R. (2013). *Koncepcija bioenergetyky lisovoho landshaftu i problemy racional'noho gospodarjuvannja [Concept of bioenergy of forest landscape and problems of rational management]*. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 23.5: 94–99. (In Ukrainian)
64. Tretyak, P. (2014). *Bioenergetyka lisovoho landshaftu: koncepcija, metryzacija ta racional'ne pryrodokorystuvannja [Bioenergetics of forest landscape: concept, metrization and rational use of natural resources]*. Bulletin of Lviv National University. The series is geographic. 45: 11–19. (In Ukrainian)
65. Tretyak, P.R., Chernevyy, Ju. I., Danyliv, V.S., Juhym, R.M. (2005). *Osoblyvosti hodu rostu vykopnogo duba z zaplavy riky Limnyci [Features of the course of growth of fossil oak from the floodplain of the Limnitsa River]*. Naukovi praci Lisivnychoi' akademii' nauk Ukrai'ny. 4 [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 4. Lviv: 54–57. (In Ukrainian)
66. Tretyak, P. R., Chernevyy, Ju.I. (2011). *Pryrist derevostaniv starshoho viku: ekologichnyj aspekt [Growth of older trees: the ecological aspect]*. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. 6: 203–208. (In Ukrainian)
67. Utkin, A. I., Zamolodchikov, D. G., Suhij, V. I. (1999). *Vlijanie vozrastnogo kriterija lesnyh nasazhdenij na tochnost' regional'nyh ocenok zapasov i deponirovanija ugleroda v fitomasse lesov [The influence of the age criterion of forest plantations on the accuracy of regional estimates of stocks and deposit of carbon in the phytomass of forests]*. Ekologija [Ecology] 4: 243–250. (In Russian)
68. Vasylyshyn, R. D. (2013). *Hid rostu povnih jalycevyh derevostaniv Ukrains'kih Karpat [The growth progress of full Abies alba stands in the Ukrainian Carpathians]*. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tehn. pr. Nac. lisotehn. un-t Ukraïny. – L'viv : RVV NLTU Ukraïni. –23.6: 87–92. Aktual'ni problemy lisovoho ta sadovo-parkovoho gospodarstva. (In Ukrainian)
69. Waring, R. H., Landsberg, J. J., Williams, M. (1998). *Net primary production of forests: a constant fraction of gross primary production?* Tree Physiology. Victoria, Canada: Heron Publishing. Vol. 18: 129–134.
70. Yin, K.; Lu, D.; Tian, Y.; Zhao, Q.; Yuan, C. (2015). *Evaluation of Carbon and Oxygen Balances in Urban Ecosystems Using Land Use, Land Cover and Statistical Data*. Sustainability, 7: 195–221.
71. Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., Mencuccini, M. (2005). *Biomass and stem volume equations for tree species in Europe*. Silva Fennica. Monographs. 4. 63 p.

## Резюме

Досліджено процес нагромадження стовбурної деревини дерев різних автохтонних видів, що ростуть у лісах карпатської частини басейну ріки Дністер. Проаналізовано таку продуктивність 219 модельних дерев більшості видів у період їх росту до віку 80–140, а для окремих видів, таких як дуб звичайний, ялиця біла, сосна кедрова, ялина європейська, в'яз голий, до віку 200–340 (440) років. Застосовано загальновідомі методи лісівничих вимірювань і біометричних досліджень.

Подані у монографії оригінальні аналітичні матеріали свідчать про невідповідність фактичних темпів росту досліджених дерев раніше усталеним тенденціям. Швидкість їх росту у висоту та приросту об'єму не збігається з існуючими моделями згідно з традиційною шкалою бонітетів, яка застосовується в Україні та в багатьох країнах Північної Євразії. Так, максимальна продуктивність дерев більшості автохтонних видів властива не в молодому віці, а у віці понад 80 років. Проте вона, як і всі інші біометричні показники ходу росту дерев, істотно залежить від локальних природно-кліматичних та ґрунтово-гідрологічних лісо-рослинних умов.

Виявлено, що на Передкарпатській височині в умовах помірно холодного вологого клімату, який властивий для східноєвропейських листопадних широколистяних лісів, та мезо-евтрофних слабокислих змінно вологих ґрунтів найвищими показниками продуктивності відзначаються дерева бука та ялиці білої у віці 100–120 років, а також дерева дуба звичайного у віці 200 років. Максимальні показники поточного приросту об'ємів стовбурів тоді сягають  $0,1\text{--}0,16\text{ м}^3\cdot\text{рік}^{-1}$ .

В умовах подібного, але холоднішого клімату мішаних ялицево-букових лісів низькогір'я Східних Бескидів найвищі показники поточного приросту, приблизно  $0,04\text{ м}^3\cdot\text{рік}^{-1}$ , виявлено у дерев бука у віці 120 років. Відповідно,  $0,07\text{ м}^3\cdot\text{рік}^{-1}$ , є властивими показниками такого приросту для дерев в'яза голого у віці 80 років, а також ялини європейської у віці 120 років. Найбільші показники приросту,  $0,09\text{ м}^3\cdot\text{рік}^{-1}$ , характерні для дерев ялиці білої у віці 200 років.

## Summary

The process of of stem wood accumulation of different autochthonous species trees that growing in the forests of the Carpathian part of the Dnister river basin is explored. The productivity of 219 model trees of most species during the period of their growth up to the age of 80–140 was analyzed and for certain species such as *Quercus robur*, *Abies alba*, *Pinus cembra*, *Picea abies*, *Ulmus glabra*, up to the age of 200–340 (440) years. Well-known methods of the forest measurement and the biometric research were applied.

The original analytical materials presented in the monograph indicate, the discrepancy of sampled trees growth rates to previously established tendencies. The speed of their growth in height and growth in volume does not coincide with the existing models according to the traditional scale of bonitetes, used in Ukraine and in countries of northern Eurasia. It was observed the maximum productivity of trees of most autochthonous species is not characteristic inherent to the young age, but is observed in the age over the 80 years. However this feature, like all other biometric parameters of the trees growth, essentially depends on the local natural-climatic and soil-hydrological forest-ecological conditions.

It was revealed that on the Carpathian hill in conditions of moderately cold humid climate, which is typical for East-European deciduous broad-leaved forests, and meso-eutrophic weakly acid variable moist soils, the highest productivity values of trees of *Fagus sylvatica* and *Abies alba* are inherent at the age of 100–120 years, and also *Quercus robur* are at the age of 200 years. The maximum indicators of the current increment in the volume of trunks at this age reach  $0.1\text{--}0.16\text{ м}^3\text{ yr}^{-1}$ .

In similar conditions, but in colder climate of mixed fir-beech forests of the low-mountains of the Eastern Beskids, the highest indicators of the current increment) in *Fagus sylvatica* trees at the age of 120 years were found (approximately  $0.04\text{ м}^3\text{ yr}^{-1}$ ). Accordingly,  $0.07\text{ м}^3\text{ yr}^{-1}$  is characteristic indicator of such increment for trees of *Ulmus glabra* at the age of 80 years, as well as *Picea abies* trees at the age of 120 years. The highest growth rates,  $0.09\text{ м}^3\text{ yr}^{-1}$ , are characteristic of *Abies alba* trees at the age of 200 years.



В умовах холодного вологого клімату гірських долин у Горганах, де властивими є оліго-мезотрофні та мезо-евтрофні слабокислі суглинкові кам'янисті (*Leptic, Eutric and Gleyic Fluvisols*) періодично вологі, сирі та мокрі ґрунти, найвищі показники поточного приросту об'єму стовбурів,  $0,11 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у дерев ялиці білої у віці 80–100 років. Подібно, у дерев ялини європейської у віці 100–120 років вони становили трохи більше  $0,08 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Значно меншими виявилися такі показники продуктивності у дерев берези повислої, що росли на сирих торф'янистих кам'янистих ґрунтах (*Histic Skeletic Fluvisols*). Максимальні показники, майже  $0,03 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлено у віці дерев 80 років. Максимальні показники приросту, не більше  $0,01 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , були властивими для дерев сосни звичайної віком 50–70 років. Вони росли на мокрих торф'яних ґрунтах (*Dystic Histosols*).

Доволі високі показники приросту об'ємів стовбурів виявлено і в дерев старшого віку, що ростуть у середньогір'ї Горган в межах висоти 700–1000 м н. р. м. Вони становили більше  $0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  у дерев бука лісового віком 200–340 років, сягали  $0,08 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  у дерев ялини європейської у віці 120–130 років, а також збільшувалися від 0,1 до  $0,14 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  у дерев ялиці білої у віці 200–250 років. Тут характерним є дуже холодний вологий клімат і вологі мезо-евтрофні слабокислі суглинкові дрібнокам'янисті ґрунти (*Dystic-Eutric Cambisols*).

У високогір'ї біля верхньої межі лісу, де дуже холодний та вологий клімат і поширені оліго-мезотрофні кислі дуже кам'янисті (*Cambic Leptosols*) періодично свіжі та вологі ґрунти, приріст об'єму стовбурів дерев дуже малий. Максимальні його показники, більше  $0,015 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , виявлені у дерев сосни кедрової у віці 250–360 років, а у дерев ялини європейської, приблизно  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , у віці 200–380 років.

Отримані результати мають важливе теоретичне та практичне значення з огляду на еколого-економічні пріоритети.

**Ключові слова:** старі дерева, біометричні показники, приріст, моделювання, оптимум, екологічні функції.

In the cold, humid climate of the mountain valleys of Gorgany range with typical oligo-mesotrophic and meso-eutrophic weakly sour loamy stones (*Leptic, Eutric and Gleyic Fluvisols*) periodically moist, wet and very wet soils, the highest indices of trunks volume increment,  $0.11 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , inherent to *Abies alba* trees at the age of 80–100 years. Similarly, in *Picea abies* trees at the age of 100–120 years he were slightly more than  $0.08 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ . Significantly lower productivity indicators of the *Betula pendula* trees, that grow on wet peaty stony soils (*Histic Skeletic Fluvisols*). The maximum values, almost  $0.03 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , were found at the trees of 80 years age. Maximum growth rates, not more than  $0.01 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , were typical for *Pinus sylvestris* trees of the 50–70 years age. They grew on wet peat soils (*Dystic Histosols*).

Sufficiently high rates of growth of trunks volume were also observed in older trees that grow on the Gorgany range montane zone within a height of 700–1 000 m a.s.l. They amounted to more than 0.05 at *Fagus sylvatica* trees in the 200–340 years age, they reached  $0.08 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$  at the *Picea abies* trees in the age of 120–130 years, and also increased from 0.1 to  $0.14 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$  at *Abies alba* trees in the age of 200–250 years. Conditions here are characterized by a very cold humid climate and damp meso-eutrophic weakly sour loamy shallow stony soils (*Dystic-Eutric Cambisols*).

In the altimontane zone near the upper limit of the forest, where the very cold and humid climate and the oligo-mesotrophic acidic very stony periodically fresh and moist soils (*Cambic Leptosols*) are predominantly, the growth of the volume of tree trunks is very small. Its maximum indicators, more than  $0.015 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , were found in *Pinus cembra* trees in the 250–360 years age, and in the *Picea abies* trees, approximately  $0.02 \text{ м}^3 \text{ yr}^{-1}$ , at the 200–380 years age.

The obtained results may have important theoretical and practical value in terms of ecological and economic priorities.

**Keywords:** old trees, biometric indices, growth, modeling, optimum, ecological functions.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Третяк Платон, Черневий Юрій**

**РІСТ ДЕРЕВ  
КАРПАТСЬКИХ ЛІСІВ**  
(у басейні ріки Дністер)

**THE GROWTH OF TREES  
OF THE CARPATHIAN FORESTS**  
(in the basin of the Dniester River)

Редактор *Ірина Лонкевич*  
Технічний редактор *Лілія Саламін*  
Комп'ютерне верстання *Галини Сукмановської*  
Опрацювання фотографій *Уляни Келеман*  
Художник-дизайнер *Марія Іванець*

Здано у видавництво 22.04.2018. Підписано до друку 8.11.2018.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Умовн. друк. арк. 24,2. Обл.-вид. арк. 18,1.  
Наклад 300 прим. Зам. 181128.

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки  
*Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.*

*вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013*  
тел. +380 32 2582146, факс +380 32 2582136  
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua