

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ**

Інститут: лісового і садово-паркового господарства

Кафедра: лісової таксації та лісовпорядкування

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: 205 Лісове господарство

Освітньо-професійна програма: Лісове господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

доц. Ільків І.С.

« _____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Червінко Юрію Мироновичу

(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

1. Тема роботи: I.55 Таксаційна будова сосново-букових деревостанів
Страдчівського НВЛК

керівник роботи Гаврилюк Сергій Анатолійович, к. с.-г. н., доцент

затверджені наказом по університету від « 26 » лютого 2025 р. № С – 142.

2. Термін подання студентом роботи: 19.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: пояснювальна записка, проект організації і розвитку
лісового господарства Страдчівського НВЛК, літературні джерела; результати
досліджень з аналізу таксаційної будови; лісотаксаційні нормативи.

4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити): Розділ 1.
Сосново-букові деревостани Українського Розточчя. Розділ 2. Програма, об'єкт,
методика та обсяг досліджень. 3. Особливості таксаційної будови сосново-
букових деревостанів Страдчівського НВЛК

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 18.07.2024 р.

Керівник роботи _____ Гаврилюк С.А.
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання вихідного завдання	18.07.24	виконано
2.	Збір матеріалу для загальної частини роботи	05.08 – 10.08.24	виконано
3.	Виконання польових робіт	12.08 – 31.08.24	виконано
4.	Опрацювання літературних джерел	17.02 – 22.02.25	виконано
5.	Опрацювання зібраного фактичного матеріалу	24.02 – 01.03.25	виконано
6.	Написання загальних розділів роботи	03.03 – 08.03.25	виконано
7.	Написання спеціальної частини	10.03 – 15.03.25	виконано
8.	Оформлення ілюстрацій, презентації	16.06 – 17.06.25	виконано
9.	Подання роботи на перевірку на антиплагіат	18.06 – 19.06.25	виконано
10.	Завершення роботи	19.06.25	виконано

Студент _____ Червінко Ю.М.
(підпис)

Керівник роботи _____ Гаврилюк С.А.
(підпис)

Примітка:

1. Форму призначено для видачі завдання студенту на виконання кваліфікаційної роботи і контролю за ходом роботи з боку кафедри і директора інституту.
 2. Розробляється керівником кваліфікаційної роботи. Видається кафедрою.
- Формат бланка А4 (210 × 297 мм), 2 сторінки на одному аркуші з двох сторін.

УДК 630.5 : 630.17 (477.83)

Червінко, Ю.М. (2025). *Таксаційна будова сосново-букових деревостанів Страдчівського НВЛК* (Кваліфікаційна робота бакалавра). НЛТУ України, Львів, Україна.

У кваліфікаційній роботі бакалавра досліджено питання закономірностей таксаційної будови сосново-букових деревостанів в умовах Страдчівського НВЛК. Дослідження проведено у двох стиглих сосново-букових деревостанах, що поступають до суцільної рубки головного користування. Обчислено основні статистичні показники деревостанів, основні таксаційні показники та порівняно їх із даними лісовпорядкування. Проаналізовано особливості закономірностей розподілу дерев різних деревних видів за діаметрами та запасами.

Ключові слова: таксаційна будова, сосново-буковий деревостан, розподіл за діаметром, розподіл за запасом, статистичний аналіз.

Всі закономірності проілюстровано.

Табл. 2. Іл. 6. Бібліограф.: 51.

UDC 630.5 : 630.17 (477.83)

Chervinko, Yu.M. (2025). *The mensurational structure of pine-beech stands at the Stradch Education and Production Forestry Enterprise* (Bachelor's thesis). UNFU, Lviv, Ukraine.

This bachelor's thesis examines the regularity of the mensurational structure of pine and beech stands under the conditions of the Stradch Education and Production Forestry Enterprise. The investigation was spent in two mature pine and beech stands where were planning the clear final cut. The main statistical indices of pine stands were calculated, and the main inventory indices were estimated and compared with forest management and planning data. The regularity of tree distributions of different tree species according to diameter and volume was analyzed.

Keywords: mensurational structure, pine and beech stand, diameter distribution, volume distribution, statistical analysis.

All patterns illustrated.

Tab. 2. Il. 6. Ref.: 51

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СОСНОВО-БУКОВІ ДЕРЕВОСТАНИ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ	9
1.1. Загальна характеристика сосново-букових деревостанів	9
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТ, МЕТОДИКА ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1. Програма робіт та об'єкт дослідження	18
2.2. Методика відведення лісосік до рубки	19
2.3. Коротка характеристика Страдчівського НВЛК.....	21
2.3. Обсяг досліджень	23
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ТАКСАЦІЙНОЇ БУДОВИ СОСНОВО- БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СТРАДЧІВСЬКОГО НВЛК	25
3.1. Підходи до вивчення таксаційної будови деревостанів	25
3.2. Статистичний аналіз сосново-букових деревостанів	27
3.3. Моделювання кривих розподілу за діаметром.....	33
3.4. Моделювання кривих розподілу за запасом.....	36
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТКИ	48

ВСТУП

Львівське Розточчя є унікальним природним угрупованням, де поєднуються горбиста місцевість висотою до 400 м над рівнем моря, що розрізаються вододілом річок Дністер, Сян і Західний Буг. Такі ландшафти створюють сприятливі умови для значного біорізноманіття на території регіону, де пісчані, малородючі ґрунти, поєднуються із багатими на поживні речовини умовами місцезростання; де підвищені, сухі умови, поєднуються із пониженими, перезволоженими ділянками, де зростають специфічні рослинні види від оліготрофів (наприклад сосна звичайна) до мегатрофів (наприклад дуб звичайний) (Геренчук, 1972; Ковальчук, 1999; Ковальчук, & Петровська, 2003). Такі різноманітні умови створили можливим зростання тут унікальних сосново-букових деревостанів, які практично зустрічаються тільки на цій території. Фрагментарно такі змішані деревостани можна зустріти тільки у гірських районах Болгарії, у Німеччині та Польщі (за Яхницький, 2024). Ці деревостани тут зростають за високими класами бонітету, є переважно природного походження і відзначаються значною біологічною стійкістю до зовнішніх чинників (Дебринюк, 2003; Криницька, 2015; Криницька, Яхницький, & Крамарець, 2021; Криницький, Павлюк, Яхницький, 2017).

Зростання на одному просторі різноманітних деревних видів з різними біоекологічними характеристиками, такими як є сосна звичайна та бук лісовий, характерне унікальними фітоценотичними взаємозв'язками, що дозволяє не тільки успішно співіснувати цим двом деревним видам, але й створювати унікальні умови для різних видів живого надґрунтового покриву, як супутнім зростання інших деревних видів, таких як ялина європейська, береза повисла, граб звичайний, клен гостролистий та інші. Оскільки сосна звичайна є світлолюбивим видом, а бук лісовий – тіневитривалим, це має вплив на розвиток таких деревостанів, де природне поновлення сосни практично не здатне створювати умови для відновлення корінних деревостанів, тоді як більш тіневитривалі деревні види, такі як бук лісових

чи ялина європейська, у природних умовах можуть з часом виходити у нижні яруси, а потім і у верхній ярус через відпад сосни звичайної. Внаслідок цього можуть відбуватися зміни корінних сосново-букових деревостанів на похідні, що сформовані іншими деревними видами. Тому значну увагу слід приділяти формуванню таких деревостанів, які у природних умовах можуть зникнути, а натомість будуть відновлюватися вже деревостани зовсім іншого видового складу. Тому актуальним питанням для збереження сосново-букових лісів Українського Розточчя, їх відновлення та успішного зростання, є проведення комплексних лісівничих заходів, які покликані зберегти структуру унікальних деревостанів. Господарські заходи, які проводять у таких деревостанах до віку рубки головного користування, має значний вплив не тільки на збереження корінних сосново-букових деревостанів, але й на вихід тих сортиментів, які можна заготовити, і що надважливо, відновити корінний деревостан після головного користування. Тому *метою* нашої роботи є вивчення таксаційної будови стиглих сосново-букових деревостанів в умовах Страдчівського НВЛК для оцінки виходу окремих сортиментів в результаті проведення рубки головного користування.

Об'єктом наших досліджень є закономірності розподілу дерев сосни звичайної та бука лісового за діаметром та запасом у віці рубки головного користування.

Предметом дослідження є особливості розподілу дерев за ступенями товщини та ступенями запасу у стиглих сосново-букових деревостанах Страдчівського НВЛК.

РОЗДІЛ 1. СОСНОВО-БУКОВІ ДЕРЕВОСТАНИ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ

1.1. Загальна характеристика сосново-букових деревостанів

Сосново-букові ліси поширені на території України в районі Розточчя, Гологорів та Вороняків (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Поширення сосново-букових деревостанів на території України (за Устименко, б.р.)

За даними Яхницького В.Й. (2024) на Розточчі та Опіллі заходу України виявлено 8 204,5 га сосново-букових лісів. Понад 76 % цих деревостанів є природного походження, а понад 23 % штучного походження. Сосново-букові деревостани є унікальними деревостанами на теренах заходу України, оскільки у своєму складі вони мають як світлолюбивий деревний вид сосну звичайну (*Pinus sylvestris* L.), так і тіневитривалим буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.).

За даними Бутейко О.І. (1972) та Геренчука К.І. (1972) окрім території Розточчя та Опілля, сосново-букові ліси зустрічаються також в Українському Криму. Проте на даний час площі цих лісів зменшуються навіть при тому, що

сосна звичайна та бук лісовий в даних умовах мають успішне природне поновлення. На місці цих деревостанів постають похідні змішані деревостани, сформовані з чистих букняків, грабняків, березняків чи чистих сосняків. Перш за все це пов'язано із лісогосподарською діяльністю людини через неправильне втручання у процеси формування деревостанів через рубки догляду та санітарні рубки, коли з насадження надмірно вибирають один із головних деревних видів (сосну звичайну чи бук лісовий), чим порушується природна рівновага між цими деревними видами і один із них, або з супутні види, починають займати звільнений простір. У таких умовах світлолюбива сосна звичайна не може відновитися через недостатнє поновлення під наметом деревостану, яке не витримує затінення і практично відмирає вже за 1 вегетаційний період. Підріст бука лісового через свою тіневитривалість починає інтенсивно займати прогалини і формувати щільний намет, що не дає шансів для відновлення соснового підросту.

Устименко П.М. (б.р.) на території Українського Розточчя виділяє угруповання звичайнососново – букових лісів (*Pineto (sylvestris) – Fageta (sylvaticae)*) та грабово – звичайнососново – букових лісів (*Carpineto (betuli) – Pineto (sylvestris) – Fageta (sylvaticae)*). Серед асоціацій, то тут виділяють грабово – звичайнососново – буковий ліс квасеницевий (*Carpineto (betuli) – Pineto (sylvestris) – Fagetum (sylvaticae) oxalidosum (acetosellae)*), грабово – звичайнососново – буковий ліс чорницевий (*Carpineto (betuli) – Pineto (sylvestris) – Fagetum (sylvaticae) vaccinosum (myrtilli)*), звичайнососново – буковий ліс зеленчуковий (*Pineto (sylvestris) – Fagetum (sylvaticae) galeobdolosum (lutei)*), звичайнососново – буковий ліс чорницевий (*Pineto (sylvestris) – Fagetum (sylvaticae) vaccinosum (myrtilli)*).

Проте Сорока М.І. (2007, 2010) мають шість генетичних типів, один з яких формується природним шляхом *Luzulo pilosae-Fagetum* W.Mat. et A.Mat. 1973. Ще один формується під антропогенним впливом *Tilio cordatae-Carpinatum*

betuli var. *Fagus sylvatica*, тоді як всі інші формують змішані деревостани у місцях природного зростання бука лісового.

Сосново-букові ліси Розточчя зазвичай формують двоярусні (а іноді і 3-ярусні) деревостани. У першому ярусі переважно зростає сосна звичайна високих класів бонітету із висотою до 30-ти метрів. У другому ярусі зростають або тільки бук лісовий, або разом із дубом звичайним, явором, осикою. Другий ярус формується вже деревостаном II класу бонітету. У разі вираженого третього ярусу він формується із підгінних деревних видів граба звичайного та берези повислої. У підліску такі деревостани мають ліщину звичайну, бруслину європейську та бородавчасту, крушину ламку чи свидину кров'яну. Трав'яне вкриття під наметом деревостану переважно сформоване чорницею, квасеницею звичайною та зеленчуком жовтим. Також можуть зустрічатися анемона дібровна та жовтецева, підмаренник запашний, зірочник ланцетолистий та інші. Як видно із опису, сосново-букові деревостани на Українському Розточчі дуже складні за формою та будовою, формують багаторярусні деревостани, які є складними для аналізу.

На Розточчі насадження із сосною звичайною та буком лісовим зростають на площі 11 251,3 га (Миклуш С.І. та ін., 2019), з яких понад 61% - це насадження природного походження. Незначною є також частка таких деревостанів, створених змішаного походження, де природне поновлення окремих екземплярів поєднано із штучним досаджуванням інших. Супутніми деревними видами у сосново-букових деревостанах зазвичай виступають дуб звичайний, рідше бархат амурський, горіх чорний, ясен звичайний. Сосново-букові деревостани за віковою структурою поширені нерівномірно, тут переважають пристигаючі (41,9 %) деревостани, проте на площі 2 341,4 га зростають стиглі деревостани, а на площі 116,1 га зростають перестійні деревостани. Зазвичай сосново-букові деревостани в умовах Розточчя характеризуються середніми відносними повнотами, що зростають аж у 20-ти

типах лісу. Найпоширенішим типом лісу, де зростають змішані сосново-букові деревостани, є свіжі та вологі грабово-дубово-соснові сугруди, на другому місці – свіжі та вологі грабово-буково-соснові сугруди (Myklush, et al., 2021). За даними Myklush et al. (2021), найвищі запаси відмічено у стиглих деревостанах зі складом 9Сз1Бкл і сягають 550-580 м³/га. Цьому сприяє те, що у молодому віці до 50-ти років природньо формуються деревостани, де частка сосни звичайної переважає. Рубки формування та оздоровлення лісів у середньовікових деревостанах сприяють збільшенню частки сосни у складі. Друге покоління таких лісів вимагає значного антропогенного впливу на формування таких деревостанів, адже у віці стиглості під наметом деревостану практично відсутнє соснове природне поновлення, що вимагає проведення таких систем рубок головного користування, які б дозволяли збільшити природне соснове поновлення до таких меж, коли воно буде здатне формувати основний ярус майбутнього деревостану та конкурувати із більш швидкоростучими і тіневитривалими деревними видами. Серед заходів, які пропонують автори, є сприяння природному поновленню саме сосни звичайної, оскільки дуб звичайний та бук лісовий у цих умовах мають задовільне природне поновлення, а створення лісових культур змішаного складу – як окремий випадок у випадку невдачі із природним поновленням сосни звичайної.

Вплив різних видів рубок на стан та відтворення сосново-букових деревостанів в Українському Розточчі вивчали Криницька (2015), Криницький, Криницька, Мазепа (2010), Криницький та ін. (2022), Мазепа та Криницька (2012).

Так, Мазепа та Криницька (2012) вивчали продуктивність та природне поновлення у 80-річних сосново-букових деревостанах із застосуванням різних видів поступових рубок. У стаціонарі, що був закладений ще у 1962-1963 роках професором Горшеніним, було розділено деревостан на секції, зокрема контроль, секція рівномірно-поступової триприйомної рубки, секція

рівномірно-поступової двоприймної рубки, секція групово-вибіркової триприймної та секція групово-вибіркової п'ятиприймної рубок. На усіх секціях, окрім останньої (групово-вибіркової п'ятиприймної), було відмічено задовільне природне поновлення сосни звичайної та дуба звичайного. На секції групово-вибіркової п'ятиприймної рубки пройшли процеси зміни деревних видів, тому тут слід було проводити відновлення корінних видів штучним шляхом. Найкращі результати із відновлення корінних видів автори відмічають на секції двохприймних поступових рубок із одночасним поєднанням доглядів за поновленням (Криницький, Криницька, Мазепа, 2010; Криницька, 2015). Такі заходи дозволяють формувати корінні деревостани на вказаних ділянках.

Криницький та ін. (2022) вказують, що переважно в умовах Розточчя сосна звичайна та бук лісовий у сосново-букових деревостанах мають природне походження. Окрім вказаних у складі цих деревостанів може бути незначна домішка супутніх деревних видів. Частка сосни звичайної у деревостанах понад 100 років сягає 36-57 %, бука лісового – 35-55 %. Загальний запас, який нагромаджують ці деревостани, становить 436-586 м³/га. У розподілі за ярусами підтверджується думка інших авторів, що сосна звичайна формує перший ярус, бук лісовий – частково у першому та другому ярусах, а інші деревні види – відповідно частково у другому та третьому ярусах. У сосново-букових високоповнотних деревостанах без проведення господарських заходів у понад 100-річних деревостанах відмічено, що є значне природне відновлення бука лісового, граба звичайного та явора. Наявність цього поновлення зумовлене тим, що воно є тіневитривалим. Кількість поновлення є задовільне, проте автори відмічають значне ослаблення через те, що материнський намет не розріджується, а відповідно світловий режим під наметом деревостану є незначним. Природне поновлення сосни звичайної, яка вимагає відповідного світлового режиму, є повністю загальмованим. Автори пов'язують це не тільки із недостатнім світловим режимом, але й із тим, що сосна звичайна в даних

умовах відмічається рідкими урожайними роками, коли потенційно це поновлення може бути рясним і здатним забезпечувати поновлення материнського деревостану.

Така життєздатність поновлення сосни звичайної в Умовах Розточчя викликає значний науковий інтерес. Так, Криницький та ін. (2022), досліджували біотичну стійкість соснових деревостанів в умовах Українського Розточчя. Порівнюючи життєвість сосни звичайної у грабово-дубово-соснових та сосново-букових деревостанах за показником імпедансу та поляризаційної ємності, автори зазначають, що сосна звичайна у цих деревостанах має різну життєвість. У сосново-букових деревостанах з віком біотична стійкість сосни звичайної знижується інтенсивніше у сосново-букових деревостанах, порівняно із грабово-дубово-сосновими деревостанами, що на думку авторів пов'язано із фітоценотичними взаємовпливами між різними деревними видами.

За кордоном також згадуються унікальність сосново-букових деревостанів. Так, на теренах Польського Розточчя (Grabowski, et al., 2015) описують сосново-букові ліси, які через близькість природних умов та географічну пов'язаність, є досить близькими до сосново-букових деревостанів Українського Розточчя.

За результатами національної інвентаризації лісів Іспанії, Condes & del Rio (2015), досліджували чи кліматичні чинники є ключовими у взаємодії дерев бука лісового та сосни звичайної у змішаних деревостанах. Для цього авторами були підібрані моделі росту та відпаду на чистих та змішаних ділянках у провінції Наварра. Результати дослідження показують, що міжвидова конкуренція у змішаних деревостанах за показником абсолютної повноти є незначною, проте для бука лісового вона має позитивний ефект, тоді як для сосни звичайної – навпаки, негативний. Так, у змішаних деревостанах вплив міжвидової конкуренції призводив до зростання абсолютної повноти таких деревостанів. На позитивний ефект від міжвидової конкуренції для бука

лісового також мала кількість опадів, тоді як для сосни звичайної такого чіткого ефекту виявлено не було. Міжвидова конкуренція мала негативний вплив на ріст сосни звичайної у кращих кліматичних умовах, проте кращий ефект на сухіших ділянках. Бук лісовий незалежно від навколишніх умов, завжди має позитивний ефект від сумісного зростання із сосною звичайною. Аналізуючи відпад у змішаних деревостанах, автори наголошують, що зі збільшенням частки бука лісового у складі деревостану відпад екземплярів сосни звичайної збільшувався, тоді як для бука лісового його відпад корелює із збільшенням частки сосни звичайної. Зі збільшенням частки сосни звичайної у складі деревостану відпад бука лісового завжди виявляється меншим. Кількість опадів мала суттєвий вплив на відпад. Відпад сосни звичайної збільшувався у деревостанах, де бук лісовий чинить значний вплив через міжвидову конкуренцію та знижується кількість опадів, тоді як для бука лісового позитивний вплив сосни звичайної посилювався із підвищенням кількості опадів.

Зазвичай прийнято вважати, що змішані деревостани є більш продуктивними, порівняно із чистими, через більше поглинання світла (Forrester, et al., 2017). Досліджуючи чисті соснові та букові деревостани, та змішані (на 63 ділянках) по всій Європі, автори визначили, що поглинання світла у змішаних сосново-букових деревостанах було на 14 % вищим, ніж у чистих деревостанах. Так відбувається через те, що крони дерев у змішаних деревостанах є більшими, ніж у чистих. Проте виявити такі закономірності залежно від клімату не вдалося. На рівні окремого деревостану чи навіть окремого дерева, вплив сусідніх дерев на поглинання світла був результатом взаємодії цілої низки чинників, зокрема вертикальна структура крони, густина деревостану, наявність листяних деревних видів. Такий вплив є визначальним для сосни звичайної, тобто світло є визначальним чинником для успішного зростання змішаних деревостанів із участю сосни звичайної та бука лісового.

Для бука лісового такого визначального впливу світла не виявлено. Збільшення продуктивності окремого деревостану має позитивну кореляцію із рівнем поглинання фотосинтетично-активної радіації (APAR). Рівень кореляції виявився набагато вищим для сосни звичайної, проте на рівні цілого континенту він не був значущим. Позитивним для сосни звичайної також виявився і ефект від змішування деревних видів та окремих дерев у деревостанах. Ефективність використання світла (LUE) також має позитивну кореляцію з ростом дерев, і знову, сосна звичайна показала вищу сприйнятливність до ефективності використання світла. За моделями росту встановлено, що значні значення позитивної кореляції між ростом та рівнем поглинання фотосинтетично-активної радіації вказують на те, що сосна звичайна та бук лісовий надають перевагу зростанню разом, оскільки це є позитивним для обох деревних видів. У змішаних деревостанах виявлено, що конкуренція між сосною та буком зумовлює те, що збільшується висота дерев сосни звичайної, порівняно із чистими сосновими деревостанами, тоді як для бука лісового виявлено зворотній ефект, коли висота бука лісового порівняно менша у змішаних деревостанах, порівняно із чистими. Разом з тим, змішування цих двох видів впливає на параметри крони, зокрема у змішаних деревостанах довжина крони та її діаметр зменшувалися, тоді як у бука лісового навпаки збільшувалися. На рівні всього деревостану це впливає у те, що сосна звичайна займає домінуюче положення формуючи перший ярус, тоді як бук переважно зростає у другому ярусі. Збільшення поглинання фотосинтетично-активної радіації збільшувала продуктивність змішаних сосново-букових деревостанів порівняно із чистими. Тому загальним висновком авторів є те, що збільшити поглинання фотосинтетично-активної радіації на рівні окремого дерева можна за рахунок зменшення густоти деревостану, внаслідок чого збільшується висота намету. Це особливо стосується сосни звичайної. Проте для збільшення поглинання фотосинтетично-активної радіації на рівні цілого насадження можна за рахунок

збільшення індексу листової пластинки (LAI), а для цього має витримуватися умова, що сосна звичайна та бук лісовий займають різні яруси, оскільки в такому випадку, як зазначалося вище, параметри крон змінюються, а отже змінюється і листовий апарат сосни звичайної та бука лісового з врахуванням того, що бук лісовий є листопадним деревним видом у наших умовах. До подібного висновку дійшли також і інші вчені (Dirnberger, et al., 2017; Bielak, et al., 2014; Chen, et al., 2003; Pretzsch et al., 2016).

Як видно із вищенаведеного аналізу, сосново-букові деревостани є унікальними поєднаннями світлолюбивої сосни звичайної та тіневитривалого бука лісового в одному насадженні, що має ефект на їх успішне зростання, стійкість до впливу умов навколишнього середовища та збільшення продуктивності. В Україні і Європі зацікавлення до вивчення таких змішаних деревостанів є надзвичайно високим, тому їх дослідження є актуальним і сьогодні для вивчення окремих аспектів зростання змішаних сосново-букових деревостанів в умовах Українського Розточчя, зокрема таксаційної будови деревостанів.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТ, МЕТОДИКА ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінки таксаційної будови змішаних сосново-букових деревостанів в умовах Страдчівського НВЛК були використані матеріали відведення лісосік до суцільно-лісосічних рубок головного користування, які проводилися під час проходження переддипломної практики бакалавра. Для цього були підібрані 2 стиглих сосново-букових деревостани у Великопільському лісництві.

2.1. Програма робіт та об'єкт дослідження

Програмою робіт для вивчення таксаційної будови сосново-букових деревостанів виділяємо такі види робіт:

- ознайомлення із лісовим фондом Страдчівського НВЛК із особливим акцентом на сосново-букові деревостани, аналіз господарської діяльності у цих деревостанах;
- відведення лісосік до суцільної рубки головного користування та проведення матеріальної оцінки лісосік;
- статистичний аналіз отриманих матеріалів польових досліджень, лісівничо-таксаційна характеристика цих деревостанів;
- аналіз розподілу кількості дерев за ступенями товщини, за запасами як для окремих деревних видів, так і загалом для деревостанів;
- формування висновків на основі проведених досліджень.

Для аналізу були підібрані 2 ділянки у Великопільському лісництві Страдчівського НВЛК, де було заплановано суцільну рубку головного користування.

Перша ділянка також знаходиться у Великопільському лісництві Страдчівського НВЛК у кварталі 1, виділ 20.1. Категорія земель – рекреаційно-оздоровчі ліси. Вік деревостану 110 років із складом 6Сз4Бкл. Відносна повнота 0,6, а загальний запас становить 365 м³ на 1 га.

Друга ділянка знаходиться у кварталі 1 виділ 26.2, де на площі 0,6 га заплановано провести середньолісосічну рубку головного користування. Даній

За проведеними вимірюваннями знаходили площу лісосіки. Для цього першу точку лісосіки відмічали за допомогою ГПС-приймача у проектованій системі координат WGS-84. Для знаходження координат всіх інших точок, слід вирахувати прирости координат по вісі X та Y за формулами:

$$\Delta x = d \cdot \cos r; \quad (2.1)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin r; \quad (2.2)$$

де $\Delta x, \Delta y$ – прирости координат по вісі X та Y відповідно;

d – горизонтальне прокладення лінії, м;

r – румб лінії, градуси.

Для знаходження координат наступної точки користуємося формулами:

$$X_{i+1} = X_{i-1} \pm \Delta x; \quad (2.3)$$

$$Y_{i+1} = Y_{i-1} \pm \Delta y; \quad (2.4)$$

де X_{i+1}, X_{i-1} – координати по вісі X наступної та попередньої точок відповідно;

Y_{i+1}, Y_{i-1} – координати по вісі Y наступної та попередньої точок відповідно.

Після обчислення координат всіх вершин лісосіки, її площу обчислюємо за загальновідомою в геодезії формулою аналітичного способу визначення площі:

$$S = \frac{1}{2} \sum x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum y_i \cdot (x_{i-1} - x_{i+1}). \quad (2.5)$$

На відмежованій ділянці в натурі по кутах встановлювали межові знаки, що відповідають вимогам державного стандарту ДСТУ 3534-97 Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські. Загальні вимоги (1997).

На ділянці проводиться суцільний перелік дерев за ступенями товщини. Для цього готували перелікову відомість, де за окремими деревними видами, категоріями технічної придатності обмірювали всі дерева за допомогою мірної вилки. Деревний вид встановлювали окомірно. Належність до категорій технічної придатності визначається відповідно до роз'яснень у Інструктивно-методичних вказівках...(2024). Для визначення розряду висот за елементами лісу для 10-15

дерев кожного елемента лісу проводиться вимірювання діаметрів на 1,3 м та висот. За цими даними будують графік висот і визначають середню висоту кожного елемента лісу. Розряди висот визначали за таблицями співвідношення висот і діаметрів у насадженнях за розрядами висот (розрядні шкали) (Строчинський, & Кашпор, 2010). Матеріальну оцінку лісосіки проводили за загальноприйнятою в лісовій таксації методикою (Гром, 2007; Цурик, 2000; Пробні площі лісовпорядні..., 2006). Для цього використовували сортиментні таблиці, де для кожного деревного виду і залежно від розряду висот є розподіл об'єму стовбурів за категоріями крупності для ділових дерев, дров'яних, відходів та сучків (Строчинський, & Кашпор, 2010).

За результатами проведення матеріальної оцінки лісосіки знаходять вихід деревини: ділової за класами крупності, дров, ліквіду з крони, загального ліквіду, відходів та сучків у розрізі окремих елементів лісу. Крім того, обчислюється таксова вартість деревини на пні, яку має заплатити підприємство в якості податків за користування лісовими ресурсами до державного або місцевого бюджетів.

2.3. Коротка характеристика Страдчівського НВЛК

Страдчівський навчально-виробничий лісокомбінат Національного лісотехнічного університету України загальною площею 6742 га розташований неподалік Львова у Яворівському адміністративному районі. До його структури входять 3 лісництва: Великопільське, Лелехівське та Страдчівське. На території лісокомбінату створено дендрарій площею 5 га, де зростають понад 350 різних деревних та чагарникових видів. У структурі підприємства функціонує базовий розсадник, де вирощують різноманітні деревні та чагарникові види для власних потреб та для потреб навколишніх підприємств у садивному матеріалі. На розсаднику поряд із аборигенними деревними видами, вирощують і інтродуковані види, які вводять до складу деревостанів, зокрема псевдотсуга зелена та сиза, модрина японська, різні види горіхів, метасеквойя та інші.

Територія навчально-виробничого лісокомбінату розміщена в районі

Українського Розточчя і характеризується значним різноманіттям форм рельєфу, лісорослинними та ґрунтовими умовами, де зростають значна кількість деревних видів, що характерні для західної частини України. В умовах лісокомбінату зростають бук лісовий, сосна звичайна, ялівець звичайний, ялиця біла, ялина європейська, які у даних умовах зростають або острівними біогрупами, або на межі поширення ареалу. Значним є різноманіття і чагарникового та трав'яного вкриття, яке розміщується залежно від різних орографічних умов.

Основними типотвірними деревними видами Страдчівського НВЛК є сосна звичайна, дуб звичайний, бук лісовий, які переважно зростають у сугрудових та ґрудових умовах, а сосна займає бідніші типи ґрунтів на підвищеннях. Так, дуб звичайний та бук лісовий переважно зростають у свіжих грабово-соснових судібровах та вологих грабово-соснових судібровах (по 19 % кожний), свіжій дубово-грабовій бучині (16 %) та свіжій дубово-грабовій субучині (10 %). Інші 36 % площ займають найрізноманітніші типи лісів. Одним із унікальних у даних умовах та в Україні загалом є сосново-букові деревостани, які є об'єктом нашого вивчення.

У лісовому фонді Страдчівського НВЛК переважають соснові деревостани, які формують майже 43 % всіх насаджень, на другому місці – дуб звичайний (22 %) та замикають трійку букові деревостани, які зростають на понад 23 % площі.

Через значне різноманіття умов місцезростання на території лісокомбінату, унікальний водозбір, ліси переважно виконують найрізноманітніші захисні функції, зокрема водоохоронні, оздоровчі, ґрунтозахисні функції. Через близькість до великого міста Львів, ліси мають значну рекреаційну функцію, де мешканці міста мають можливість відпочивати.

На території навчально-виробничого лісокомбінату розміщені унікальні об'єкти, де проводять дослідження науковці Національного лісотехнічного університету України. Серед них слід відмітити профіль типів лісу П'ясецького, дубово-сосновий стаціонар Горшеніна, географічні культури бука лісового, серія

стаціонарів професора Криницького та інші. Ці об'єкти створені не тільки для проведення наукових досліджень, але й з навчальною метою, адже лісокомбінат створювався як база практичної підготовки студентів НЛТУ України. Тому тут на постійній основі проводять практики з лісівничих та лісотаксаційних дисциплін, генетики та селекції, лісових культур та інші.

2.4. Обсяг досліджень

Для проведення досліджень унікальних сосново-букових деревостанів, які на заході України зустрічаються тільки на Розточчі, зокрема і в умовах Страдцівського навчально-виробничого лісокомбінату, нами були проведені дослідження двох деревостанів в умовах Великопільського лісництва. Основні таксаційні показники деревостанів наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Основні таксаційні показники соснових деревостанів

(чисельник – за даними таксаційного опису;

знаменник – за даними власних досліджень)

№ пп	Склад	Тип лісу	Вік, роки	Середні		Клас бонітету	Повнота відносна	Запас, м ³ /га
				діаметр, см	висота, м			
1	8Сз2Бкл	С ₂ -гбС	110	40	28	II	0,60	330
	6Сз4Бкл+Гз			40,3	28,9	I	0,59	391
2	8Сз2Бкл+Ялє, Гз	С ₂ -гбС	115	48	30	I	0,60	370
	6Сз4Бкл+Гз			46,7	30,6	I	0,76	538

У підібраних сосново-букових деревостанах були проведені польові дослідження згідно загальноприйнятої в лісовій таксації методики (Гірс, Новак, & Кашпор, 2004; Гром, 2007; Пробні площі лісовпорядні, 2006; Цурик, 2000).

Підібрані сосново-букові деревостани зростають в одному типі лісу – свіжому грабово-буково-сосновому сугруді. За складом – це мішані деревостани, де основну частку запасу становить сосна звичайна із часткою бука лісового. Граб

звичайний становить незначну частку і є домішкою. Проте тут слід відзначити розбіжності між встановленим складом за матеріалами лісовпорядкування і даними обміру деревостанів в натурі. За даними лісовпорядкування частка сосни звичайної становить 80 % і бука лісового 20 % у обох деревостанах, тоді як за нашими даними у цих деревостанах частка сосни звичайної є меншою і становить 60 %, а частка бука лісового навпаки більшою і становить до 40 %. Відмічено також розбіжність і у діаметрі та висоті. Зокрема за висотою дані наших досліджень показують більшу висоту, ніж була встановлена лісовпорядкуванням, а для першої пробної площі навіть підвищився клас бонітету з II на I. За відносною повнотою на першій пробній площі відхилення незначне, відповідно і запас за даними лісовпорядкування та на пробних площах. Проте відхилення за запасом не лежить в допустимих межах $\pm 10\%$. На другій пробній площі слід відмітити значне відхилення за відносною повнотою, коли лісовпорядкуванням встановлено відносну повноту 0,6, тоді як за нашими даними вона становить 0,76. У зв'язку із вищою відносною повнотою, більшою висотою, тут є значне відхилення і за запасом, де в абсолютних одиницях воно становить майже 170 м³.

На основі отриманих загальних таксаційних показників у сосново-букових деревостанах будемо проводити вивчення закономірностей розподілу кількості дерев за діаметрами та запасами окремо для кожного елементу лісу.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ТАКСАЦІЙНОЇ БУДОВИ СОСНОВО- БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СТРАДЧІВСЬКОГО НВЛК

3.1. Підходи до вивчення таксаційної будови деревостанів

Таксаційна будова деревостанів покликана відповісти на запитання як розподіляються окремі дерева за певними таксаційними показниками у сукупності, тобто у деревостанах. Знання такої інформації дозволяє проводити відповідні лісогосподарські заходи на науковій основі для формування деревостанів із найкращими таксаційними характеристиками. У лісовій таксації виділяють морфологічну та таксаційну структури деревостанів (Гірс, Новак & Кашпор, 2004; Цурик, 2001). Морфологічна структура досліджує переважно якісні показники деревостанів, серед яких видовий склад окремих деревостанів, їх ярусність, співвідношення класів бонітету у змішаних складних за структурою деревостанах, розподіл дерев за санітарним станом тощо. Отже, морфологічна структура досліджує окремі структурні елементи деревостанів та їх зміну під впливом умов навколишнього середовища.

Таксаційна будова базується на статистичній оцінці параметрів дерев у деревостані та їх розподілі за певними кількісними характеристиками. Найпоширенішим в лісовій практиці дослідження таксаційної будови є розподіл числа дерев у ступенях товщини, тобто розподіл дерев залежно від їх діаметра. Також у окремих дослідженнях можна зустріти і закономірності розподілу за запасами у ступенях товщини як похідної від діаметра та висоти дерев залежно від їх діаметра. Проте, як зазначалося, таксаційна будова базується на статистичних показниках і значною мірою залежить від варіації окремих таксаційних показників. У вивченні таксаційної будови дерев за діаметром важливе місце займає питання визначення рангів та редуційних чисел, що покликано визначити параметри середніх дерев у даному конкретному деревостані для оцінки лісівничо-таксаційних показників всього деревостану.

Оскільки таксаційна будова деревостанів базується на статистичних

показниках розподілу дерев за певними таксаційними показниками, які змінюються із часом, тому така будова не є чимось усталеним на всьому протязі розвитку деревостанів. На зміну їх структури також впливають чинники навколишнього середовища біотичного, абіотичного та антропогенного характеру. Так, серед біотичних чинників можуть бути вплив шкідників та хвороб лісу, які можуть вражати одні деревні види, разом з тим інші від цього не потерпають. Вибірковий вплив мають і абіотичні чинники, такі як вітровали, сніговали і тому подібне, які можуть вражати як окремі деревні види, так і дерева із певними розмірними показниками. Антропогенні чинники – це мабуть найбільш впливовий фактор зміни таксаційної будови, оскільки в процесі формування деревостанів рубками формування та оздоровлення лісів формуються деревостани такого складу, структури, які найбільше мали б відповідати відповідним умовам місцезростання. Тому вивчення таксаційної будови деревостанів є важливим напрямком наукового пошуку шляхів раціонального використання лісових ресурсів, інформація про розподіли необхідна для планування ведення лісового господарства та прийняття управлінських рішень. Окрім того, для збільшення продуктивності деревостанів, доцільно залежно від конкретних умов місцезростання та видового складу деревостанів досліджувати їх таксаційну структуру у різному віці для того, щоб рубками формування та оздоровлення лісів формувати найпродуктивніші деревостани до віку стиглості. В результаті це буде мати не тільки лісівничий, але й економічний ефект, коли отримують найвартісніші лісові сортименти в порядку рубок головного користування. Ще одним аспектом доцільності вивчення таксаційної будови деревостанів є аналіз співіснування різних деревних видів у деревостані, що впливає на майбутнє відновлення змішаних, різновікових деревостанів природним шляхом. Тому вивчення таксаційної будови має не тільки науковий інтерес, але й значне господарське значення.

Саме через важливість дослідження таксаційної будови різних деревостанів за складом, продуктивністю, віком, у різних умовах місцезростання багато

вітчизняних та закордонних дослідників присвячували цьому свої наукові роботи. Серед українських дослідників таксаційну будову деревостанів вивчали Бугайов (2010) для чорновільхових деревостанів, Гайчук та Гірс (2011) – букових деревостанів в Українських Карпатах, Миклуш (2011) – букових рівнинних лісів, Гриб (2012), Громяк, Гриник та Ярош (2013), Свинчук, Зібцев та Гуменюк (2013, 2014), Строчинський, Свинчук та Миронюк (2009) – соснових деревостанів та багато інших. Серед закордонних дослідників тут слід відмітити Monness (2011), Rupsys та Petrauskas (2017), Duan та ін. (2013), Gonzalez (2021), Beyns, Bauman та Drouet (2021) та багато інших. Особливістю сучасних закордонних досліджень в галузі вивчення таксаційної будови є використання нових закономірностей розподілу (як наприклад Monness (2011) використовував функцію покращеного нормального розподілу, а Duan та ін. (2013) використовували функцію Річардса, а Ibrahim (2022) використав функцію ймовірнісного розподілу), так і дослідження цілих лісових угруповань на глобальному рівні. Тому наші дослідження можуть внести ще маленький крок у розуміння зростання різних деревостанів, зокрема сосново-букових деревостанів, яких в Україні є не так вже і багато.

3.2. Статистичний аналіз сосново-букових деревостанів

Як зазначалося вище, для вивчення таксаційної будови використовують статистичні показники розподілу. Найпростішими з них є ліміти та розмах варіації. Ці найпростіші статистичні показники показують, на скільки відрізняється таксаційний показник у деревостані від найменшого до найбільшого. Наприклад, під час вивчення таксаційної будови за діаметром – це мінімальний та максимальний діаметри кожного елементу лісу у деревостані, а розмах варіації – це різниця між найбільшим та найменшим діаметром. Проте такі найпростіші статистичні показники дають тільки загальне уявлення про деревостан, оскільки вони не вказують на різновіковість деревостанів. Так, ліміти та розмахи в одновіковому штучному деревостані будуть набагато меншими, ніж у різновіковому, складному деревостані, де вони очевидно будуть більшими. Тому

для оцінки статистичної мінливості розраховують більш інформативні та порівнювальні показники. Серед них розраховують показники дисперсії, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації, та показники форми кривої асиметрії та есцесу (Горошко, Миклуш, & Хомюк, 2004).

Для оцінки показників мінливості слід перш за все розрахувати середнє значення. Для оцінки середнього діаметра дуже часто на практиці його встановлюють як середнє арифметичне значення із вимірних діаметрів 10-15 облікових дерев у деревостані. Проте у випадку закладання пробної площі, де дерева групуються у ступені товщини, для оцінки середнього діаметра використовують середнє квадратичне значення, яке обчислюють за формулою:

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \cdot n_i}{N}}, \quad (3.1)$$

де \bar{X} – середнє квадратичне значення діаметра, см; x_i – ступені товщини, см; n_i – кількість дерев у відповідних ступенях товщини; N – загальна кількість дерев, що обміряні на одиниці площі, шт.

Середнє значення, обчислене таким чином, вказує на середній діаметр відповідного елемента лісу, від якого будуть обраховуватися всі інші показники мінливості.

Дисперсія показує мінливість таксаційного показника, зі статистичної точки зору це середній квадрат відхилень варіант від його середнього значення. Дисперсія вказує на те, як розсіюються таксаційні показники відносно середнього значення. Показник дисперсії обраховують за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N-1}. \quad (3.2)$$

Для оцінки показника, що показує на скільки в середньому відхиляється кожне дерево від середнього використовують стандартне відхилення, яке є коренем квадратним від дисперсії:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N-1}}. \quad (3.3)$$

За показниками дисперсії та стандартного відхилення, які показують мінливість ознаки у абсолютних одиницях, можна судити про те, наскільки дерева відрізняються між собою у деревостанів за вказаним таксаційним показником. Так, наприклад, дисперсія та стандартне відхилення розраховані для ряду діаметрів, показують мінливість діаметрів у деревостані. Для порівняння мінливості ознак прийнято обраховувати показники не у абсолютних одиницях, які можуть відрізнятися для деревостанів різного віку, що зростають у різних лісорослинних умовах, а у відносних показниках. Для цього використовують показник коефіцієнта варіації, що обраховується у відсотках за такою формулою:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (3.4)$$

За даними Горошко, Миклуш, & Хомюк (2004), якщо коефіцієнт варіації має значення до 10 %, тоді дерева у деревостані відрізняються за цим показником незначно, від 10 до 20 % - варіація середня і понад 20 % - значна.

Для того, щоб стверджувати впевнено про статистичні показники, у біометрії прийнято розраховувати показник точності дослід, який показує, чи обчислені статистичні показники є достовірними на 95-% рівні ймовірності. Показник точності дослід обраховують за такою формулою:

$$p = \frac{V}{\sqrt{N}}. \quad (3.5)$$

Показник точності дослід залежить від коефіцієнта варіації: чим він більший, том більше потрібно виміряти дерев, щоб забезпечити рівень точності дослід до 5 %. У випадку, коли показник точності дослід перевищує 5-відсотковий бар'єр, стверджувати про достовірність обчислених показників неможна і у такому випадку слід збільшувати вибірку, тобто збільшувати кількість обміряних дерев щоб досягнути заданої точності.

Для оцінки форми розподілу таксаційних показників прийнято розраховувати показники асиметрії та ексцесу за формулами:

$$A = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^3}{N \cdot \sigma^3}; \quad (3.6)$$

$$E = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^4}{N \cdot \sigma^4} - 3. \quad (3.7)$$

Показник асиметрії вказує на правосторонню (додатне значення) чи лівосторонню (від'ємне значення) асиметрію кривої розподілу, тобто переважання тонкомірних (у випадку розрахунку за степенями товщини) або крупномірних дерев у деревостані. Ексцес також вказує на форму кривої – яку форму має крива нормального розподілу – гостровершинну (есцес має додатне значення) чи туповершинну (ексцес має від'ємне значення) форму кривої. У випадку більших розмахів діаметрів крива нормального розподілу є пологою, тобто туповершинною. У лісових культурах одного віку переважно есцес є додатнім, а крива нормального розподілу гостровершинна, де найбільша кількість дерев концентрується біля середнього значення.

Для статистичного аналізу окремих деревостанів достатньо оцінити основні статистичні показники, про які йшлося вище. проте, коли необхідно аналізувати ширший діапазон, наприклад деревостани певного підприємства у певних умовах, говорять про статистичні показники для генеральної сукупності. Для оцінки статистичних показників на рівні генеральної сукупності слід розраховувати не тільки самі статистичні показники, але й оцінювати їх основні помилки. Це дозволяє встановити інтервальну оцінку статистичних показників для генеральної сукупності, в межах якої лежить визначений статистичний показник. Для всіх статистичних показників мінливості були розраховані і їх основні помилки. Розрахунки статистичних показників та їх основних помилок були розраховані в програмі Microsoft Excel, а результати представлено у табл. 3.1.

У табл. 3.1 нумерація пробних площ така ж, як у табл. 2.1, тобто пробна площа №1 – це деревостан 110 річного віку, а пробна площа 2 – це деревостан 115-річного віку.

**Статистичні показники рядів розподілу за діаметром сосново-букових
деревостанів**

№ п.п.	Деревний вид	Середнє значення	Дисперсія	Основне відхилення	Коефіцієнт мінливості	Асиметрія	Екссес	Точність досліджу
1	Сз	39.46 ^{±0.69}	64.19 ^{±3.92}	8.01 ^{±0.49}	20.3 ^{±1.29}	0.152 ^{±0.21}	-0.519 ^{±0.42}	1.75
	Бкл	27.14 ^{±0.88}	140.96 ^{±7.41}	11.87 ^{±0.62}	43.74 ^{±2.7}	0.159 ^{±0.18}	-0.607 ^{±0.36}	3.25
	Гз	21.33 ^{±2.18}	14.22 ^{±5.81}	3.77 ^{±1.54}	17.67 ^{±7.44}	-0.705 ^{±1.41}	-1.501 ^{±2.83}	10.20
	Усі	32.28 ^{±0.68}	145.33 ^{±5.76}	12.06 ^{±0.48}	37.36 ^{±1.68}	-0.233 ^{±0.14}	-0.54 ^{±0.27}	2.10
2	Сз	45.97 ^{±0.95}	69.25 ^{±5.58}	8.32 ^{±0.67}	18.1 ^{±1.51}	0.179 ^{±0.28}	0.598 ^{±0.56}	2.06
	Бкл	41.31 ^{±2.32}	281.06 ^{±27.56}	16.76 ^{±1.64}	40.57 ^{±4.59}	0.238 ^{±0.34}	-0.443 ^{±0.68}	5.63
	Гз	21.9 ^{±1.94}	150.39 ^{±16.81}	12.26 ^{±1.37}	55.98 ^{±7.98}	0.761 ^{±0.39}	0.446 ^{±0.77}	8.85
	Усі	38.84 ^{±1.21}	246.61 ^{±13.41}	15.7 ^{±0.85}	40.42 ^{±2.53}	-0.194 ^{±0.19}	-0.278 ^{±0.38}	3.11

На пробній площі, де зростають сосна звичайна, бук лісовий та граб звичайний, найбільшим середнім діаметром відзначаються дерева сосни звичайної (39,46 см). Середній діаметр бука лісового більше ніж на 10 см нижчий, що свідчить про те, що дерева бука лісового тут практично зростають у другому ярусі. Найнижчий середній діаметр мають дерева граба звичайного, який знаходиться у третьому і частково у другому ярусі. Проте якщо подивитися на розподіл дерев у степенях товщини, дерева бука лісового характеризуються значним розмахом діаметрів – від ступені товщини 8 до 60, тоді як дерева сосни звичайної тут мають розмах від 20 ступені товщини до 60 ступені. Це говорить про те, що дерева бука лісового є присутніми частково у першому ярусі, а також у другому і навіть третьому ярусі з грабом звичайним за умови його виділення. Саме тому і мінливість діаметрів у бука лісового значно вища – коефіцієнт варіації становить 43,74 %, тоді коли для сосни звичайної 20,3 %. Сосна звичайна і бук лісовий тут характеризуються правосторонньою асиметрією додатній показник асиметрії), що

вказує на переважання кількості дерев у нижчих ступенях товщини. Граб звичайний має лівосторонню асиметрію. За показником ексцесу всі аналізовані деревні види мають туповершинну криву, на що вказує від'ємне значення ексцесу. Це ще раз підтверджує про значну мінливість кількості дерев за ступенями товщини. За показником точності дослідів видно, що статистичні показники достовірні, окрім показників для граба звичайного, де через його незначне представлення у аналізованому деревостані (на пробній площі всього 3 дерева граба звичайного), достовірно оцінити його статистичні показники неможливо.

На пробній площі № 2 прослідковуються подібні закономірності. Найбільший середній діаметр мають дерева сосни звичайної, проте значного відхилення у діаметрі бука лісового тут не спостерігається, як це було на пробній площі № 1. Це може свідчити про те, що вони зростають у одному ярусі. Граб звичайний має середній діаметр практично у 2 рази менший і він формує другий ярус. За показником коефіцієнта варіації видно, що всі деревні види мають сильну варіацію, окрім сосни звичайної, яка має середню мінливість. Проте порівнюючи показники коефіцієнта варіації на обох пробних площах, на пробній площі № 2 коефіцієнти варіації є значно вищими. Для всіх трьох деревних видів характерна правостороння асиметрія, тобто тяжіння кривої розподілу до нижчих ступеней товщини. Показник точності дослідів для бука лісового та граба звичайного показує перевищення 5 % рівня. Це виникає через незначну кількість дерев на пробній площі і через значні показники варіації, проте якщо рахувати статистичні показники для всіх деревних видів, то вони достовірні, оскільки показник точності дослідів становить 3.11 %.

На основі отриманих статистичних показників для кожного деревного виду нами проведено моделювання розподілу кількості дерев за ступенями товщини, тобто за діаметром та за запасом у ступенях товщини, що детальніше описано у наступних підрозділах.

3.3. Моделювання кривих розподілу за діаметром

Для моделювання таксаційної будови за таксаційними показниками найчастіше використовують криву нормального розподілу (Лапласа-Гауса), криву Грама-Шарльє та три- або семи параметричну функцію Вейбула (Горошко, Миклуш, & Хомюк, 2004; Бугайов, 2010).

Функція щільності Лапласа-Гауса обчислюється за формулою:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{X})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.8)$$

де $\phi(x)$ – функція щільності нормального розподілу; X – середнє значення ознаки; σ – стандартне відхилення ознаки.

Функцію нормального розподілу успішно застосовують для даних, які не мають асиметрії та ексцесу. Інші функції враховують асиметричність розподілу, серед яких функція Грама-Шарльє, яка має вигляд:

$$f(x, a, \beta) = \frac{1}{\beta^a \Gamma(a)} x^{a-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, \quad (3.9)$$

де $\Gamma(a)$ – функція Ейлера, e – основа натурального логарифму, t – нормоване відхилення.

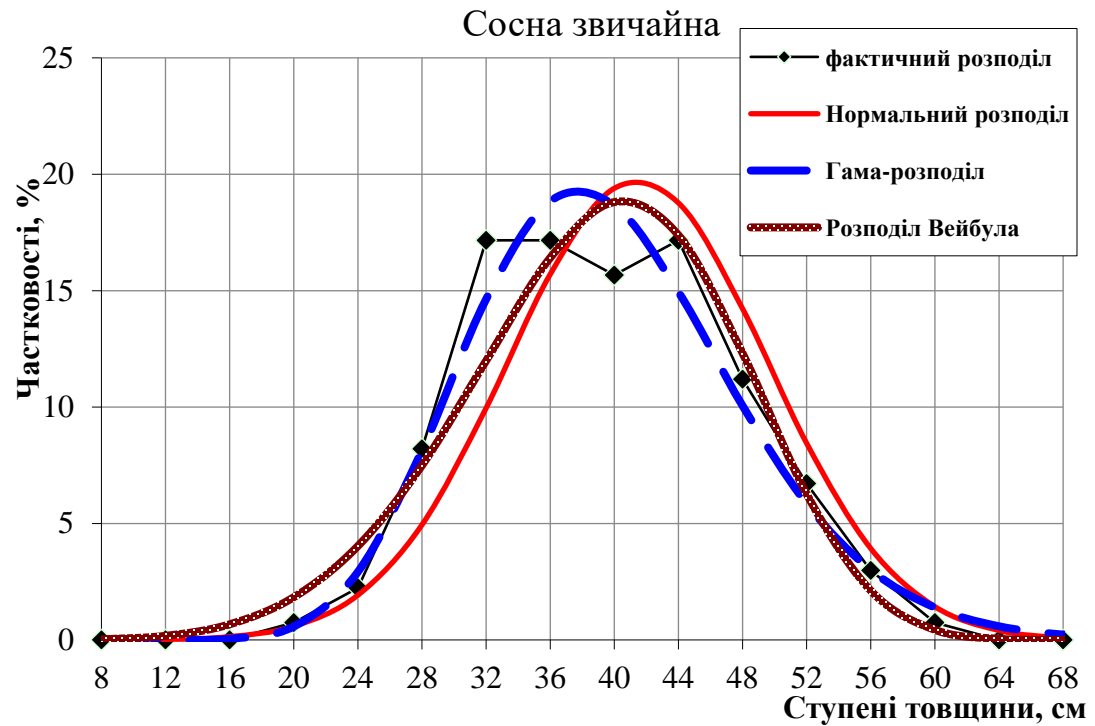
Трипараметрична функція Вейбула обчислюється за формулою:

$$f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b}, x \geq c, \quad (3.3)$$

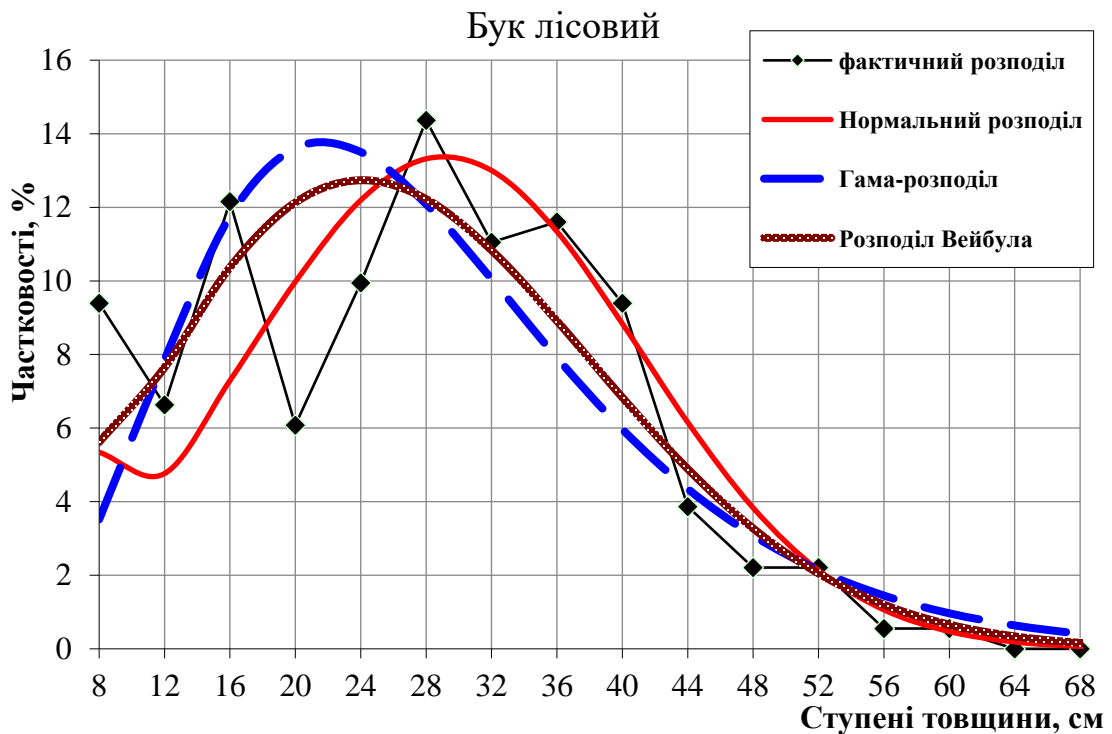
де a – параметр масштабу; b – параметр форми; c – параметр зсуву.

Нами для моделювання розподілу кількості дерев за ступенями товщини використані всі три функції розподілу поряд із фактичними чисельностями дерев у ступенях товщини для кожного деревного виду. Для порівняння отриманих результатів замість чисельностей були використані частковості, які у відносних одиницях показують кількість дерев у ступенях товщини. Моделювання таксаційної будови проводили у середовищі Microsoft Excel для кожного деревного виду окремо а також для всіх дерев у деревостані.

На першій пробній площі зростають сосна звичайна, бук лісовий та граб звичайний, фактичні та змодельовані значення яких наведено на рис. 3.1.



а



б

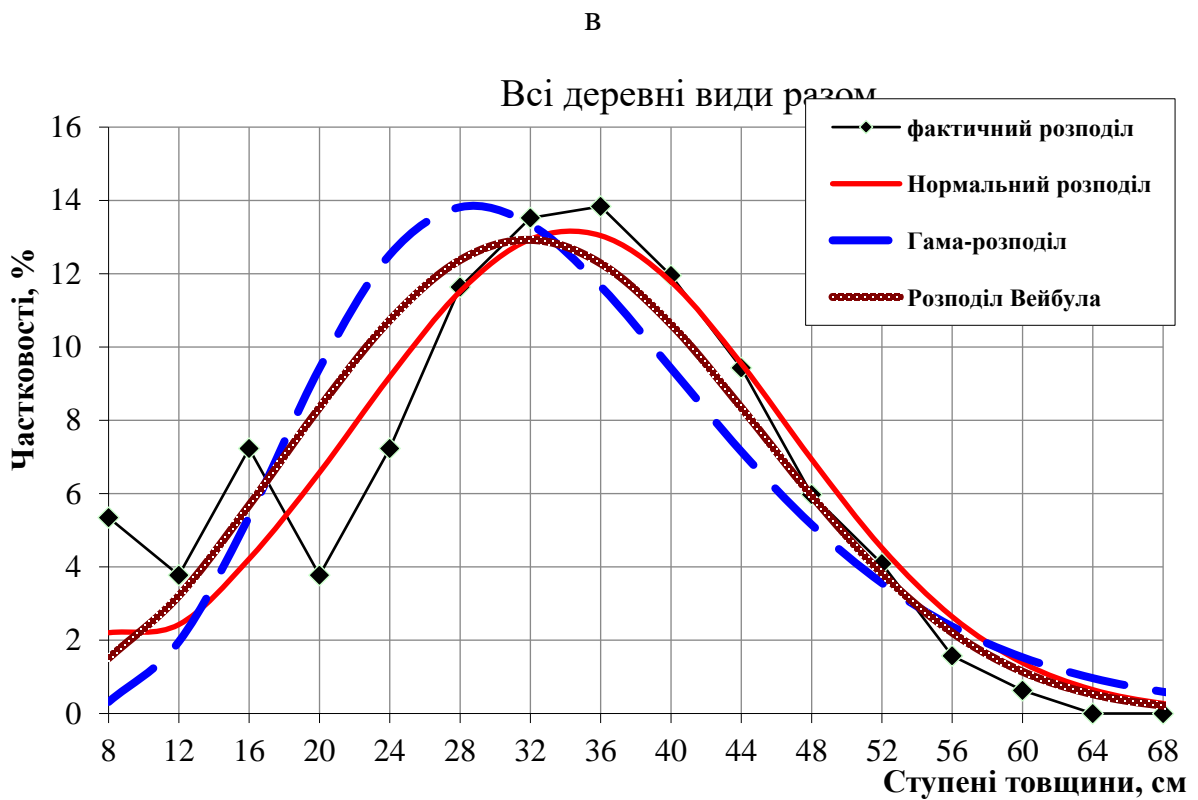
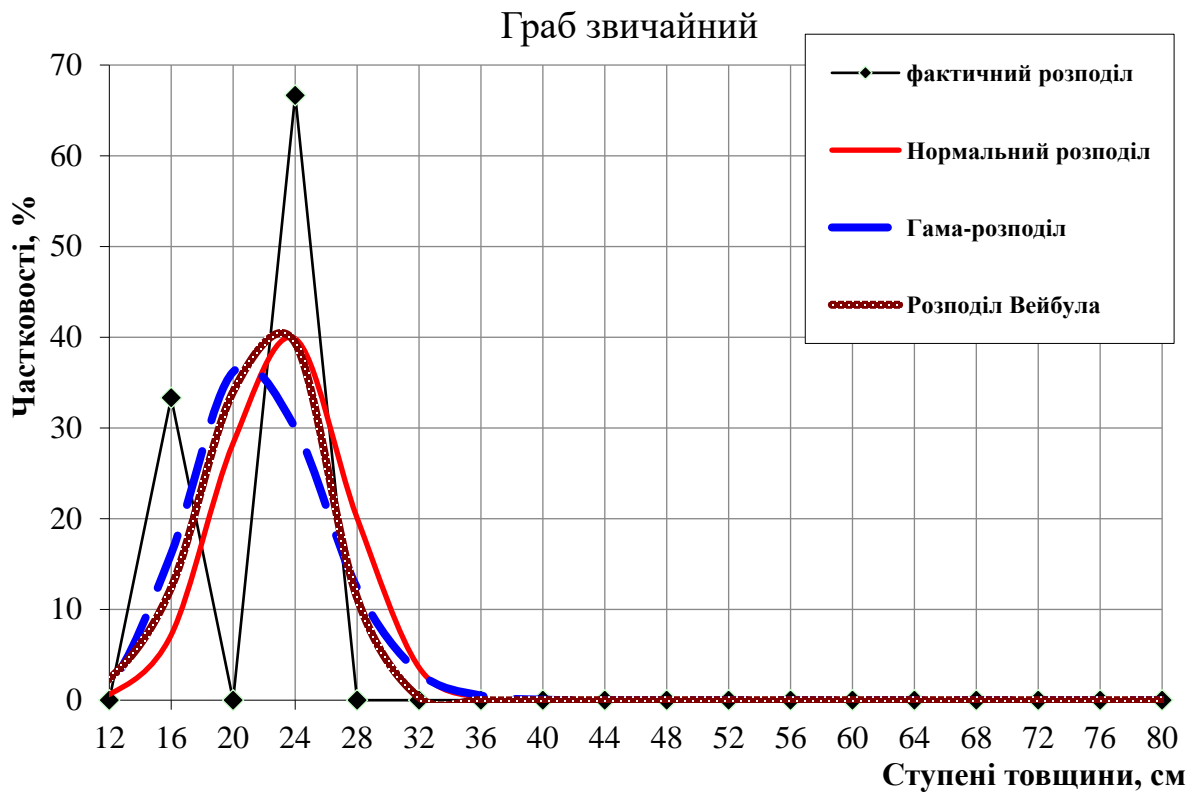


Рис. 3.1. Криві розподілу дерев за діаметром на пробній площі 1: а – сосна звичайна, б – бук лісовий, в – граб звичайний, г – всі деревні види

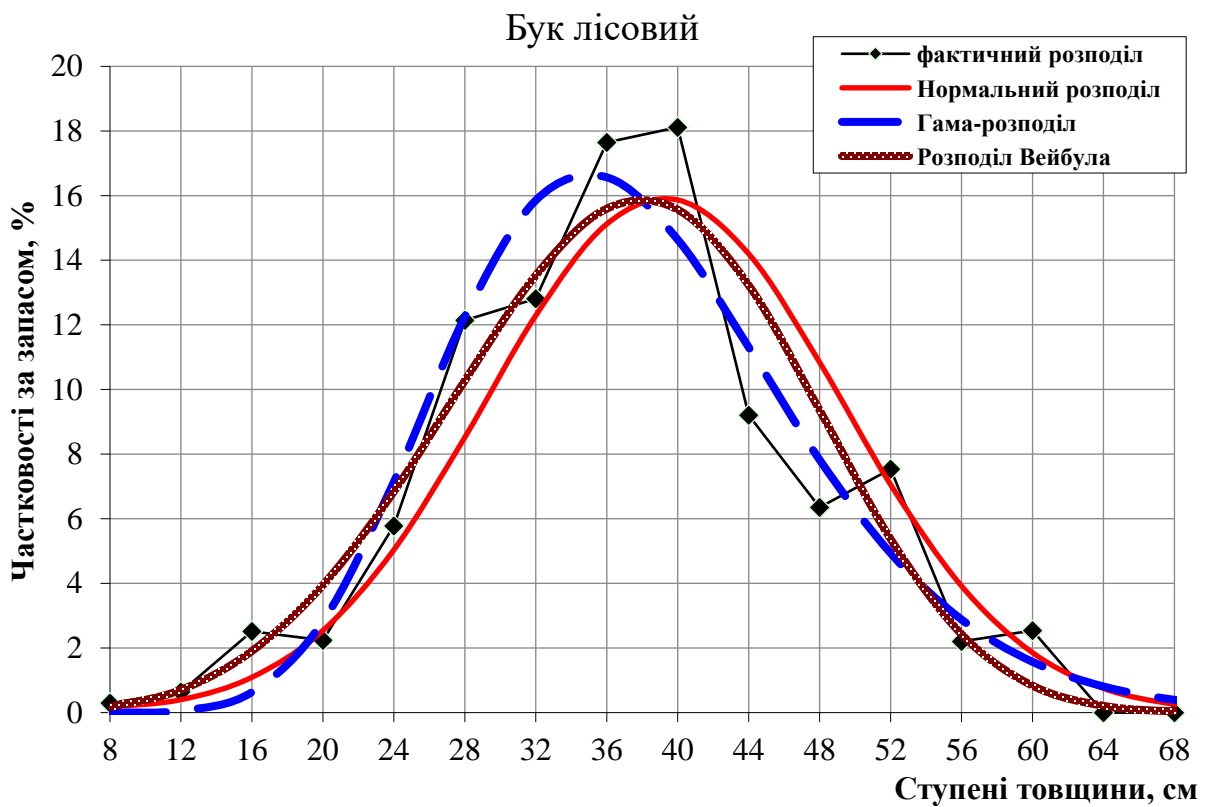
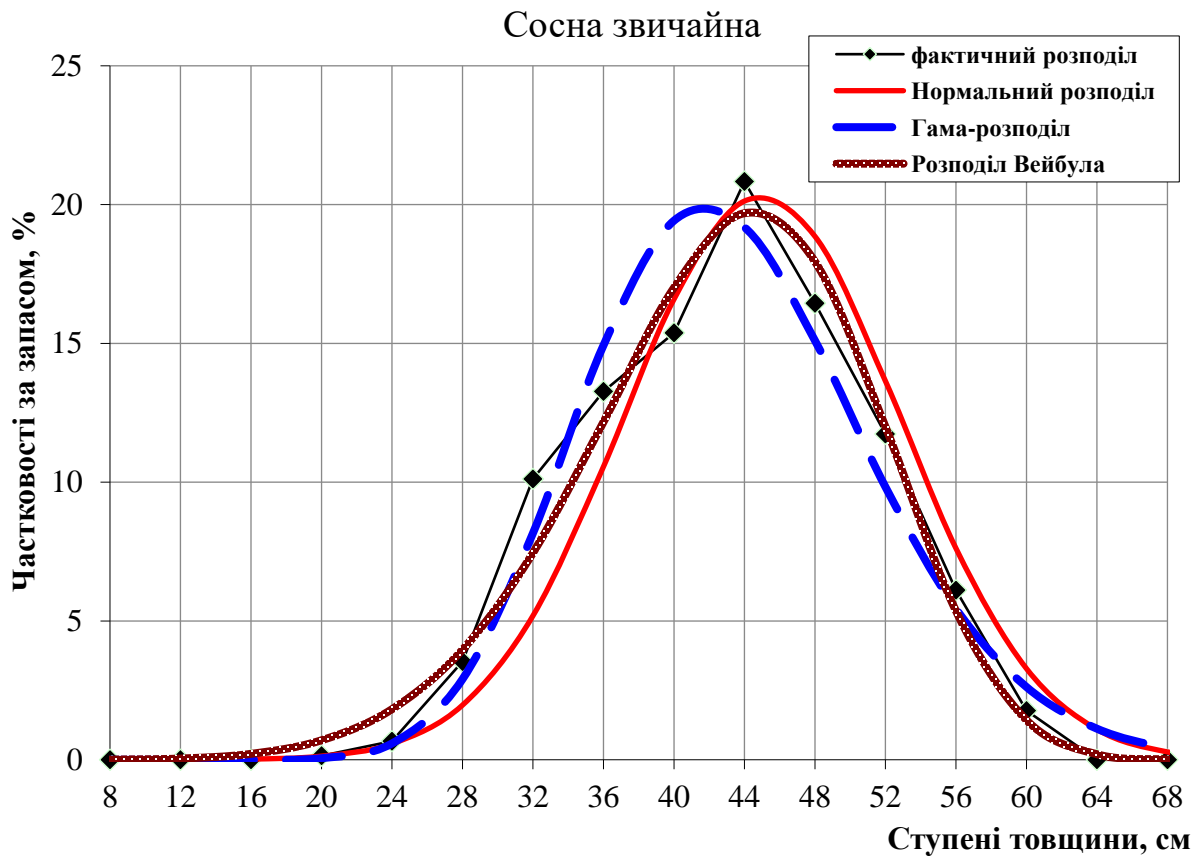
Як видно з рис. 3.1, за діаметром найкраще розподіляються дерева сосни звичайної, які наближені до нормального розподілу, а криві інших функцій подібні до нормального розподілу. Для бука лісового, де кількість дерев значно варіює у степенях товщини, цей розподіл є не такий рівномірний, а змодельовані криві значно відрізняються між собою. Дерева граба звичайного переважно сконцентровані у нижчих ступенях товщини, проте через те, що окремі ступені товщини не мають дерев, змодельовані криві не точно описують закономірності розподілу дерев за діаметром. Нерівномірність розподілу дерев бука лісового та граба звичайного впливають на розподіли дерев у деревостанах, де рівномірність порушена. Маємо на увазі, що для всіх дерев у сосново-букових деревостанах модулювання таксаційної будови значно утруднене через нерівномірність розподілу кількості дерев у ступенях товщини, особливо у нижчих ступенях. Це націлює на думку про те, що по-перше, сосново-букові деревостани мають не один, а два яруси, де груб звичайний зростає у другому ярусі, а бук лісовий – частково у другому та першому ярусах. Сосна звичайна зростає тільки у першому ярусі.

Подібні закономірності отримали і для сосново-букового деревостану на другій пробній площі, криві розподілу для яких наведено у Додатку А.

3.3. Моделювання кривих розподілу за запасом

Для детальнішого аналізу закономірностей будови нами було проведено модулювання таксаційної будови не тільки за діаметром, але й за запасом. Для цього аналізу були визначені запаси деревних видів у ступенях товщини і змодельовано їх розподіли за трьома вищенаведеними кривими. Як і у попередньому випадку, аналіз окремо проводили для кожного деревного виду та загалом для всього деревостану.

Результати моделювання кривих розподілу за запасом на пробній площі № 1 наведено на рис. 3.2.



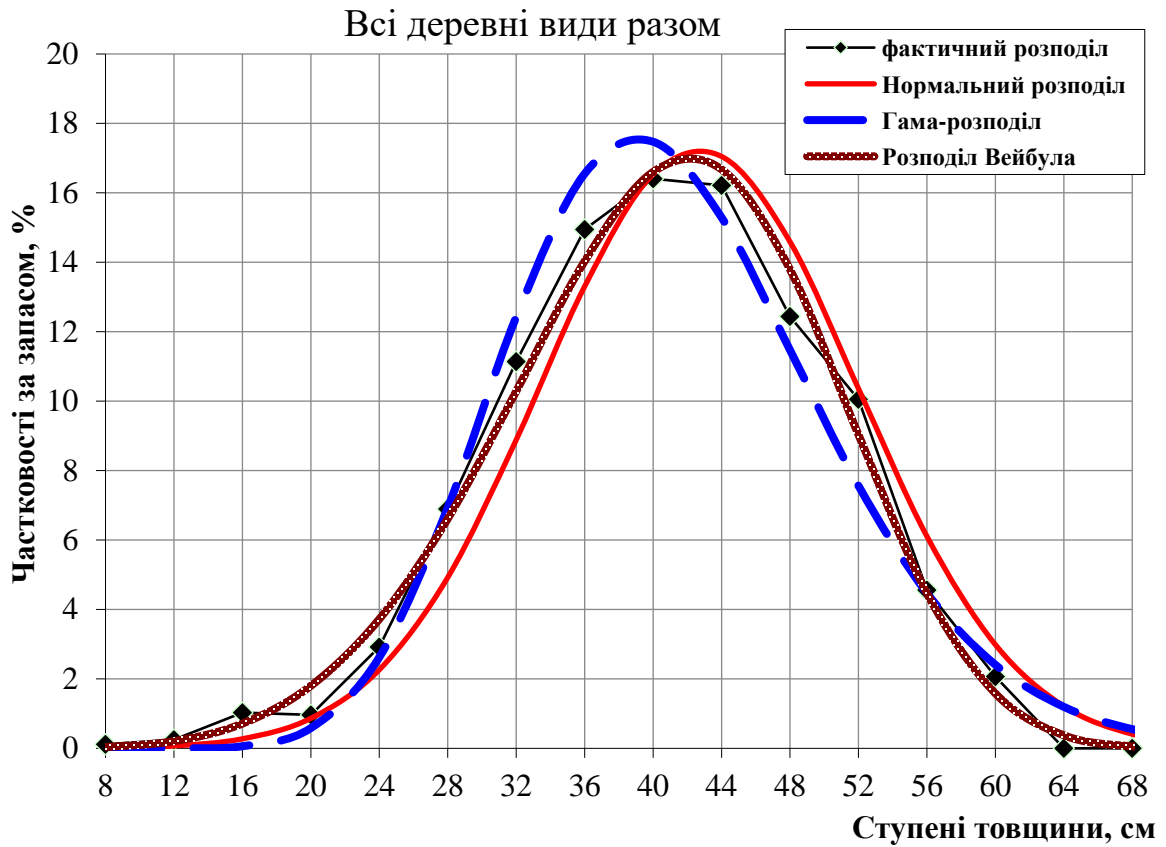
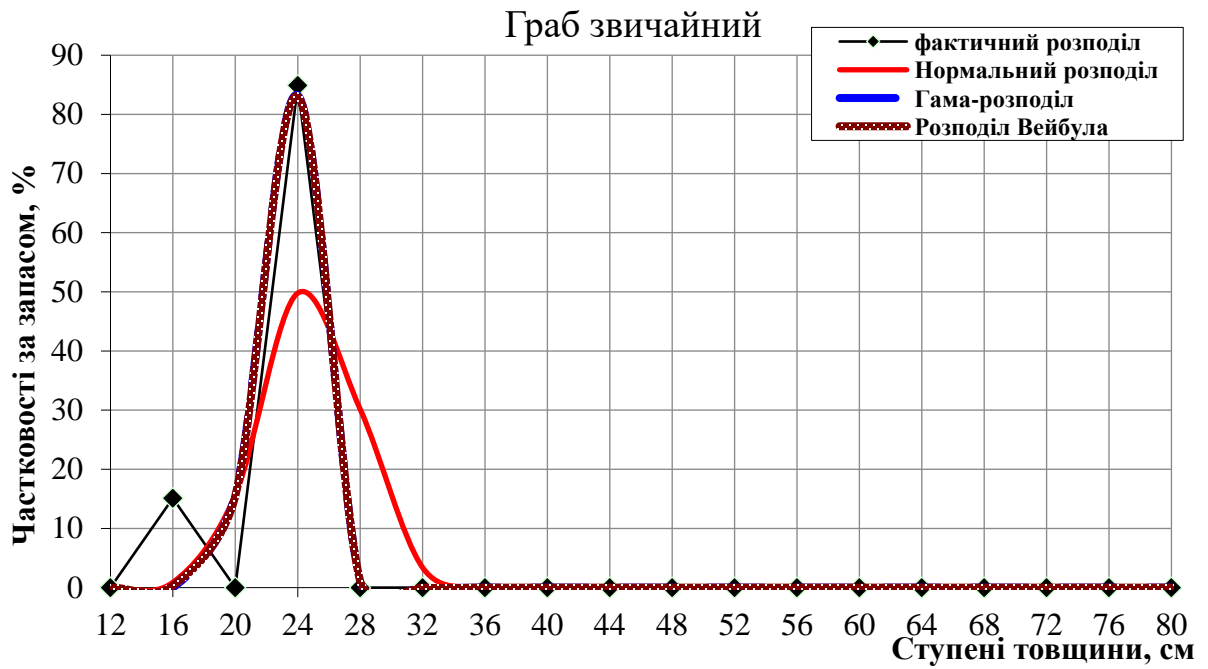


Рис. 3.2. Криві розподілу дерев за запасом на пробній площі 1: а – сосна звичайна, б – бук лісовий, в – граб звичайний, г – всі деревні види

Як видно з рис. 3.2, запаси у ступенях товщини для сосни звичайної рівномірно розподілені за ступенями товщини, тому всі три криві розподілу приблизно однакові для опису закономірності. На відміну від розподілу за діаметром, за запасом бук лісовий має більш рівномірний розподіл, де запаси за ступенями товщини від найнижчих до середини зростають, а потім із збільшенням діаметрів спадають. Як і у попередньому розподілі за діаметром, дерева граба звичайного розподіляються нерівномірно через відсутність дерев у окремих ступенях товщини.

Для всіх деревних видів слід відмітити найрівномірніший розподіл запасів у ступенях товщини, чого ми не відмічали у розподілі за діаметром. Це наводить на думку про те, що супутні деревні види (бук лісовий та граб звичайний) у структурі запасу доповнює сосново-букові деревостани, де розподіл наближається до нормального розподілу. Очевидним висновком з цього є те, що окремі деревні види не можуть формувати рівномірності розподілу за запасом без супутніх видів, які доповнюють цей деревостан. У розподілі за діаметром такої закономірності не прослідковуємо, що очевидно частково пов'язано із господарською діяльністю людини. Дане твердження підтверджується і на другій пробній площі, результати моделювання розподілу дерев за запасом наведені в додатку Б.

ВИСНОВКИ

Сосново-букові деревостани, які збереглися на території Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату, є унікальними деревостанами, що потребують детального вивчення та збереження. Вивчення таксаційної будови цих деревостанів дає можливість проаналізувати структуру цих деревостанів, виявити закономірності розподілу дерев окремих деревних видів за ярусами та оцінити рівень та якість проведених заходів для формування їх до віку стиглості. Тому, на основі вивчення таксаційної будови двох сосново-букових деревостанів 110 та 115 річного віку можна зробити такі висновки:

- 1) Для дослідження таксаційної будови сосново-букових деревостанів були підібрані 2 ділянки стиглого лісу (110 та 115 років), які надходять до рубки головного користування.
- 2) Під час аналізу виявлено відхилення у даних таксаційного опису та даних, отриманих за матеріалами відведення лісосік, зокрема більші діаметри та висоти, що навіть вплинуло на підвищення класу бонітету у першому деревостані. На другому деревостані виявлено значне відхилення у відносній повноті, де за даними таксаційного опису встановлено повноту на рівні 0,6, тоді як за даними відведення – 0,76. Це вплинуло і на запас, де на першій ділянці відхилення становить $+61 \text{ м}^3/\text{га}$, а на другій - $+168 \text{ м}^3/\text{га}$.
- 3) За даними статистичного аналізу встановлено, що найбільші діаметри характерні для сосни звичайної, тоді як для бука лісового середній діаметр менший на 10 см. Дереву бука лісового мають значно більший розмах діаметрів, що вказує на те, що дерева бука лісового зростають як у першому, так і у другому ярусах. Відповідно для дерев бука лісового показники варіації є значно вищими, ніж для сосни звичайної.
- 4) За результатами моделювання кривих розподілу виявлено, що сосна звичайна має рівномірний розподіл як за діаметром, так і за запасом. Бук лісовий та граб звичайний, які тут є супутніми деревними

видами, такої закономірності не мають. Моделювання кривих розподілу підтверджує те, що бук лісовий зростає у двох ярусах, а граб займає тільки підлеглий другий ярус.

- 5) Моделювання кривих розподілу за запасом показує більшу рівномірність розподілу порівняно із діаметром. Розглядаючи розподіли дерев усіх деревних видів у деревостані очевидно, що наявність супутніх деревних видів збалансовує розподіли за діаметром, а ще більше за запасом, коли порівняно із окремими деревними видами, розподіли всіх видів за запасом мають практично рівномірну структуру і наближаються до нормального розподілу.

Отже, проведений аналіз таксаційної будови сосново-букових деревостанів дозволяє на основі аналізу всіх заходів, які проводилися у деревостанах до віку стиглості, оцінити ефективність цих заходів та відкоригувати їх так, щоб у віці стиглості отримувати найбільший економічний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бугайов, С.М. (2010). Таксаційна будова і товарна структура вільхових насаджень Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація, Вип. 117*, 168-173.
2. Бутейко, О.І. (1972). Відновлення сосново-букових асоціацій Розточчя. Лісівницькі дослідження на Розточчі: зб. наук.-техн. праць. Львів: Каменяр, 100-106.
3. Гайчук, С.І. & Гірс, О.А. (2011). Лісівничо-таксаційна структура перестійних букових деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць, Вип. 21.1*, 44 – 49.
4. Геренчук, К.І. (1972). Природні ландшафти і райони. Природа Львівської області. Львів: Видавництво Львівського університету, С. 107-133.
5. Гірс, О.А., Новак, Б.І. & Кашпор, С.М. (2004). *Лісовпорядкування*. К.: Арістей.
6. Горошко, М.П., Миклуш, С.І. & Хомюк, П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула.
7. Гриб, В.М. (2012). Вплив господарських заходів на особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, 1, 182-185.
8. Гром, М.М. (2007). *Лісова таксація: Підручник*. Львів: НЛТУ України.
9. Гром'як, О.Ю., Гриник, Г.Г., & Ярош, М.І. (2013). Дослідження особливостей морфолого-таксаційної будови соснових деревостанів у суборових умовах. *Науковий Вісник НЛТУ України. Збірник науково-технічних праць*, 23.1, 84-90.
10. Дебринюк Ю.М. (2003). Лісокультурне районування Західного Лісостепу України. Львів: Камула, 248 с.
11. ДСТУ 3534-97 Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські. Загальні вимоги. Наказ від 31.03.1997 № 161. (1997). Доступний з:

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91451

12. Інструктивно-методичні вказівки щодо здійснення лісовпорядкування. Ірпінь, 2024. Доступний з: https://lisproekt.gov.ua/fileadmin/user_upload/Instruktivno-metodichni_vkazivki-druk.pdf
13. Ковальчук І.П. (1999). Гідрологічні особливості Українського Розточчя. Природа Розточчя: зб. наук. праць. Львів: НЛТУ України, Вип. 1, 52-58.
14. Ковальчук І.П., & Петровська М. (2003). Геоєкологія Розточчя. Львів: Видав. центр ЛНУ, 192.
15. Криницька О.Г. (2015). Вплив різних способів поступових рубок на продуктивність та фітопатологічний стан грабово-сосново-дубових деревостанів природного походження в умовах Львівського Розточчя. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Виклики ХХІ століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі» (7-9 жовтня 2015 р.). К.: НУБіП, 61-62.
16. Криницька О.Г. (2015). Формування опаду і підстилки в грабово-сосново-дубових деревостанах Львівського Розточчя. Матеріали 65-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2014 році «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» (24 листопада 2015 р.). Львів: РВВ НЛТУ України, 74-76.
17. Криницька, О.Г., Яхницький, В.Й., & Крамарець, В.О. (2021). Ксилотрофні макроміцети мішаних хвойно-листяних лісостанів Львівського Розточчя. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України, Вип. 31, №4., 76-81.
18. Криницький, Г.Т., Павлюк, Н.В., & Яхницький, В.Й. (2017). Сучасний лісовий фонд бука лісового в Українському Розточчі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів: Компанія «Манускрипт», Вип. 15,

11-18.

- 19.Криницький Г.Т., Скольський, І.М., Криницька, О.Г., Луців, Н.Г., & Яхницький, В.Й. (2021). Біотична стійкість *Pinus sylvestris* L. у сугрудових лісостанах Львівського Розточчя. Наукові праці Лісівничої академії наук України, Вип. 23, 50-57. <https://doi.org/10.15421/412126>
- 20.Криницький, Г.Т., Криницька, О.Г., & Мазепа В.Г. (2010). Відтворення корінних деревостанів у грабово-соснових судібровах природним шляхом. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природо-користування України. К.: НУБіП України, Вип. 152., Ч. 2. 139-146.
- 21.Криницький, Г.Т., Яхницький, В.Й., Павлюк, Н.В., & Павлюк, В.В. (2022). Природне поновлення сосново-букових деревостанів на Розточчі. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України, Вип. 32/1, 29. <https://doi.org/10.36930/40320104>
- 22.Мазепа, В.Г., & Криницька, О.Г. (2012). Продуктивність і стан відтворених природним шляхом деревостанів у грабово-соснових судібровах Львівського Розточчя. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України, Вип. 22.9. 14-18.
- 23.Миклуш С.І., Миклуш Ю.С., Гаврилюк С.А., & Савчин В.М. (2019). Насадження за участі сосни та бука на Українському Розточчі. Матеріали 69-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2018 році. Львів : РВВ НЛТУ України, 63-65.
- 24.Миклуш, С.І. (2011). *Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства. Монографія.* Львів: ЗУКЦ.
- 25.Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476: 2006. Чинний від 2007.
- 26.Свинчук, В.А, Зібцев, С.В., & Гуменюк, В.В. (2014). Особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів заповідних лісів Центрального Полісся України. Науковий вісник Національного

- університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво, 198(2), 53-58.
- 27.Свинчук, В.А., Зібцев, С.В., & Борсук, О.А. (2013). Особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів зони відчуження Чорнобильської АЕС. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво, 187(1), 215-220.
- 28.Сорока, М.І. (2007). Генетичні типи сосново-букових лісів Українського Розточчя. Наукові праці ЛАН України : зб. наук. праць, Вип. 5, 92-97.
- 29.Сорока, М.І. (2010). Рослинність Розточчя: Диференціація, синтаксономія, тенденції розвитку. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спец. 06.03.03 – лісознавство та лісівництво. Львів.
- 30.Стойко, С.М. (2010). Деревати природних лісових екосистем Українського Розточчя та їх багатогранне значення. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України, Вип. 20.16, 194-200.
- 31.Строчинський, А.А., & Кашпор, С.М. (Ред.). (2010). Нормативно-інформаційний довідник з лісової таксації. Київ.
- 32.Строчинський, А.А., Свинчук, В.А., & Миронюк, В.В. (2009). Особливості розподілу діаметра в перестиглих соснових деревостанах лісів населених пунктів і зелених зон. Лісівництво. Біоресурси і природокористування, Том 1, № 1-2/2009, 114-118.
- 33.Устименко, П.М. (б.р.). Угруповання звичайнососново - букових лісів. Зелена книга України. Доступний з: <https://greenbook.land.kiev.ua/12.php?id=f12>
- 34.Цурик Є.І. (2001). *Таксаційні ознаки й будова насадження*. Львів: УкрДЛТУ.
- 35.Цурик, Є.І. (2000). *Перелікова таксація лісу*. Львів: УкрДЛТУ.
- 36.Швиденко, А.З. (Ред.). (1987). *Нормативно-справочные материалы для*

таксації лесов України и Молдавии. Киев: Издательство "Урожай".

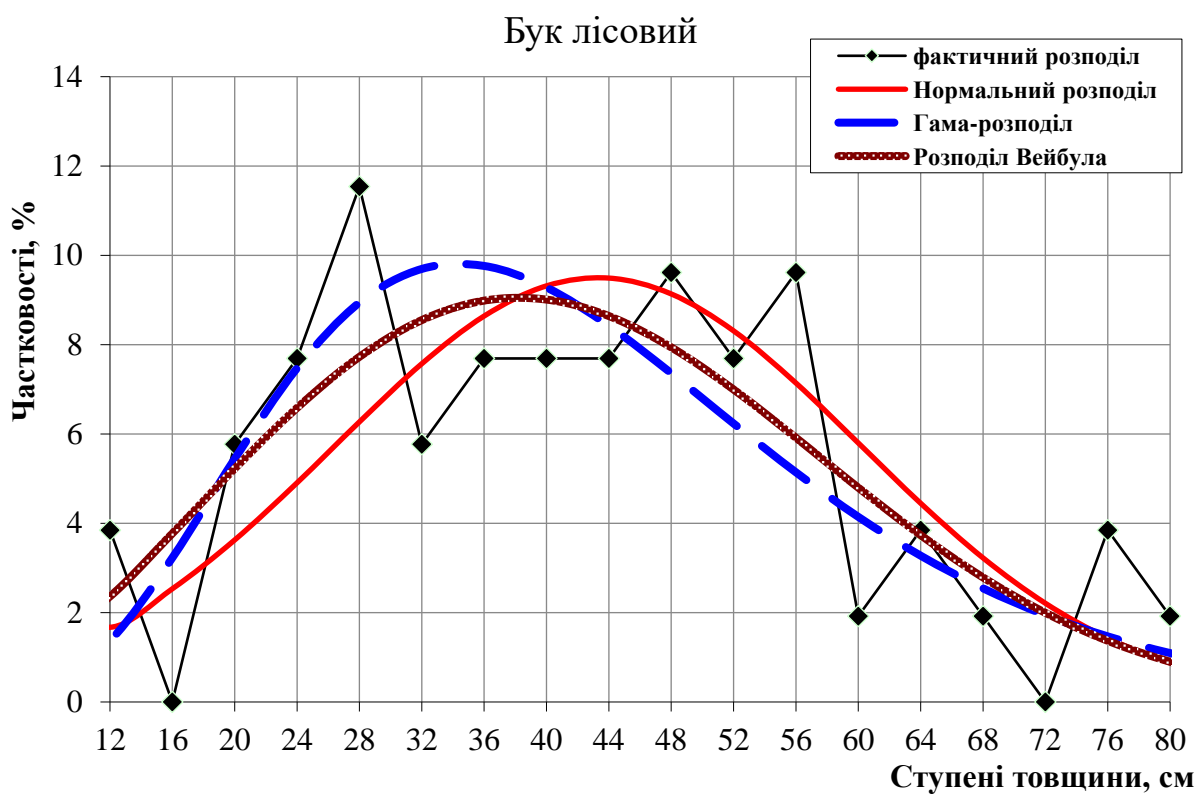
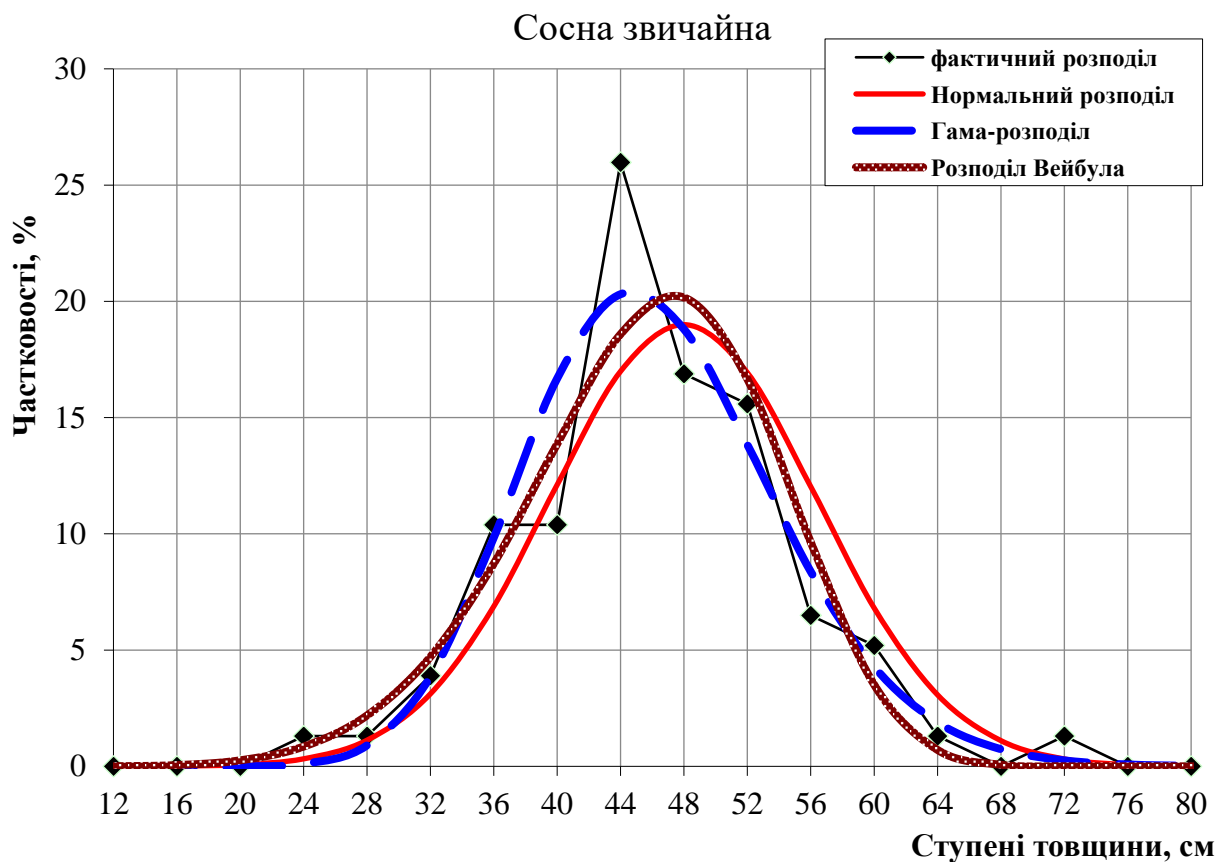
37. Яхницький, В.Й. (2024). Стан і відтворення сосново-букових лісів Розточчя. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спец. 06.03.03 – лісознавство та лісівництво. Львів.
38. Beysn, R., Bauman, D., & Drouet, T. (2021). Fine-scale tree spatial patterns are shaped by dispersal limitation which correlates with functional traits in a natural temperate forest. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 32, Issue 4. <https://doi.org/10.1111/jvs.13070>
39. Bielak K, Dudzin'ska M, & Pretzsch H (2014) Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *For Syst* 23:573–589. doi:10.5424/fs/2014233-06195
40. Chen HYH, Klinka K, Mathey A-H et al (2003) Are mixed-species stands more productive than single-species stands: an empirical test of three forest types in British Columbia and Alberta. *Can J For Res* 33:1227–1237. doi:10.1139/x03-048
41. Condés, S., & del Río, M. (2015). Climate modifies tree interactions in terms of basal area growth and mortality in monospecific and mixed *Fagus sylvatica* and *Pinus sylvestris* forests. *European Journal of Forest Research*. 134, 1095-1108. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0912-0>
42. Dirnberger, G., Sterba, H., Condés, S., Zlatanov, T., & Pretzsch, H. (2017). Species proportions by area in mixtures of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Forest Research*. 136 (1), 171-183. DOI: 10.1007/s10342-016-1017-0
43. Duan A-g, Zhang J-g, Zhang X-q, & He C-y (2013) Stand Diameter Distribution Modelling and Prediction Based on Richards Function. *PLoS ONE* 8(4): e62605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062605>
44. Forrester, David Ian, et al (2017). Effects of crown architecture and stand

- structure on light absorption in mixed and monospecific *Fagus sylvatica* and *Pinus sylvestris* forests along a productivity and climate gradient through Europe. *Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12803>
45. González-Val, R. (2021). The Probability Distribution of Worldwide Forest Areas. *Sustainability*, 13(3), 1361. <https://doi.org/10.3390/su13031361>
46. Grabowski, T., et al (2015). Roztocze: przyroda i człowiek. *Zwierzyniec*, 55. Available at: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/roztochja2015-1-ob-edynen-.pdf>
47. Ibrahim, A. D. (2022). Evaluation of Probability Distribution Functions for Modeling Forest Tree Diameters on Agricultural Landscapes in Ogun State, Nigeria. *Open Journal of Forestry*, 12, 432-442. <https://doi.org/10.4236/ojf.2022.124024>
48. Mønness, E. (2011). The power-normal distribution: application to forest stands. *Canadian Journal of Forest Research*. 41(4): 707-714. <https://doi.org/10.1139/x10-246>
49. Myklush Yuriy, Myklush Stepan, Havryliuk Serhii, & Savchyn Volodymyr. (2021). Main forestry and management indices of pine (*Pinus sylvestris* L.) stands involving beech (*Fagus sylvatica* L.) in composition of Ukrainian Roztochchia. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2021, Vol. 63 (2), 81–87. DOI: <https://doi.org/10.2478/ffp-2021-0009>
50. Pretzsch H, R10 M, Schutze G et al (2016) Mixing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) enhances structural heterogeneity, and the effect increases with water availability. *For Ecol Manage* 373:149–166. doi:10.1016/j.foreco.2016.04.043
51. Rupšys, P., & Petrauskas, E. (2017). A new paradigm in modelling the evolution of a stand via the distribution of tree sizes. *Sci Rep* 7, 15875. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16100-2>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Модельовані криві розподілу дерев за діаметром на пробній площі № 2



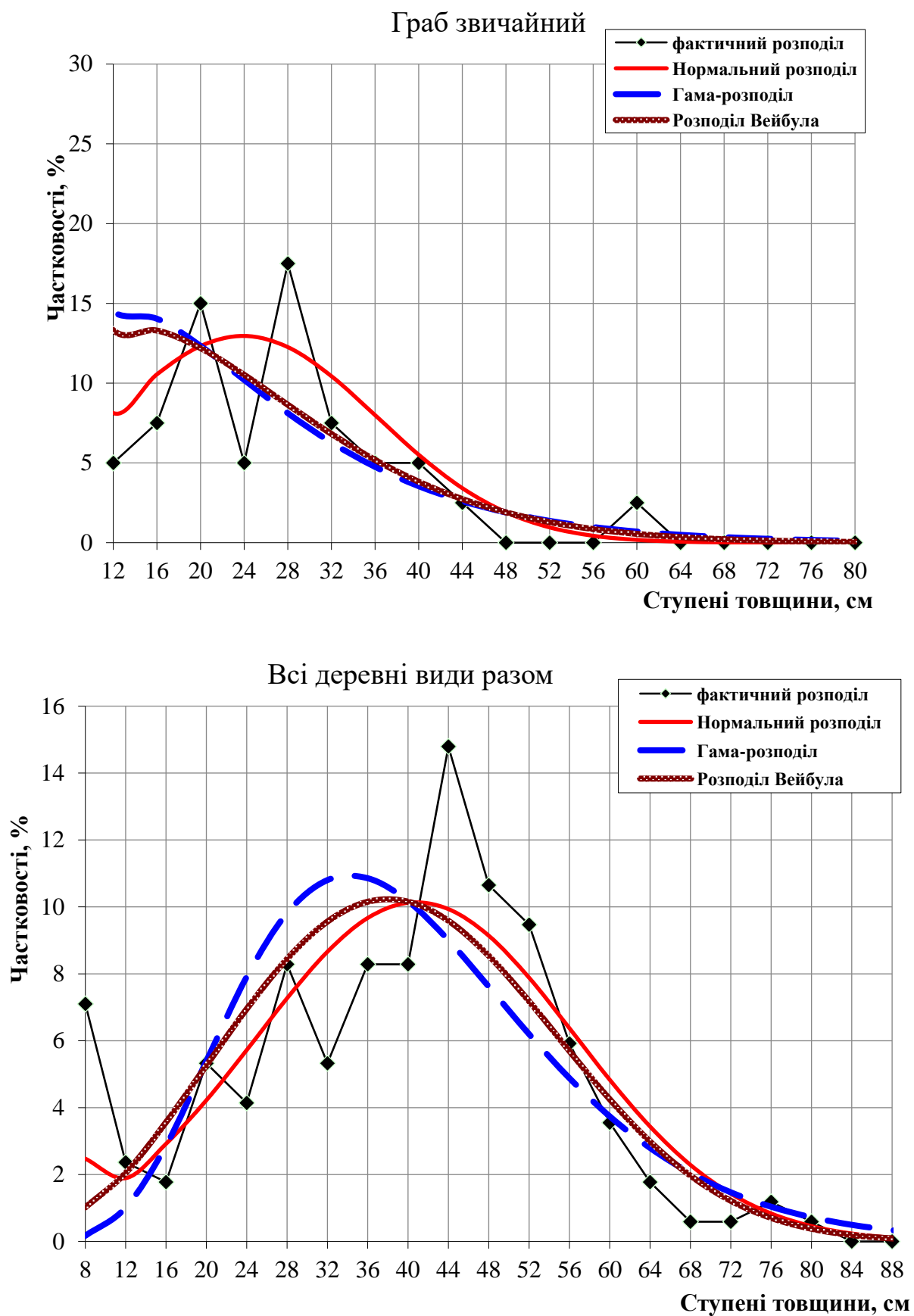
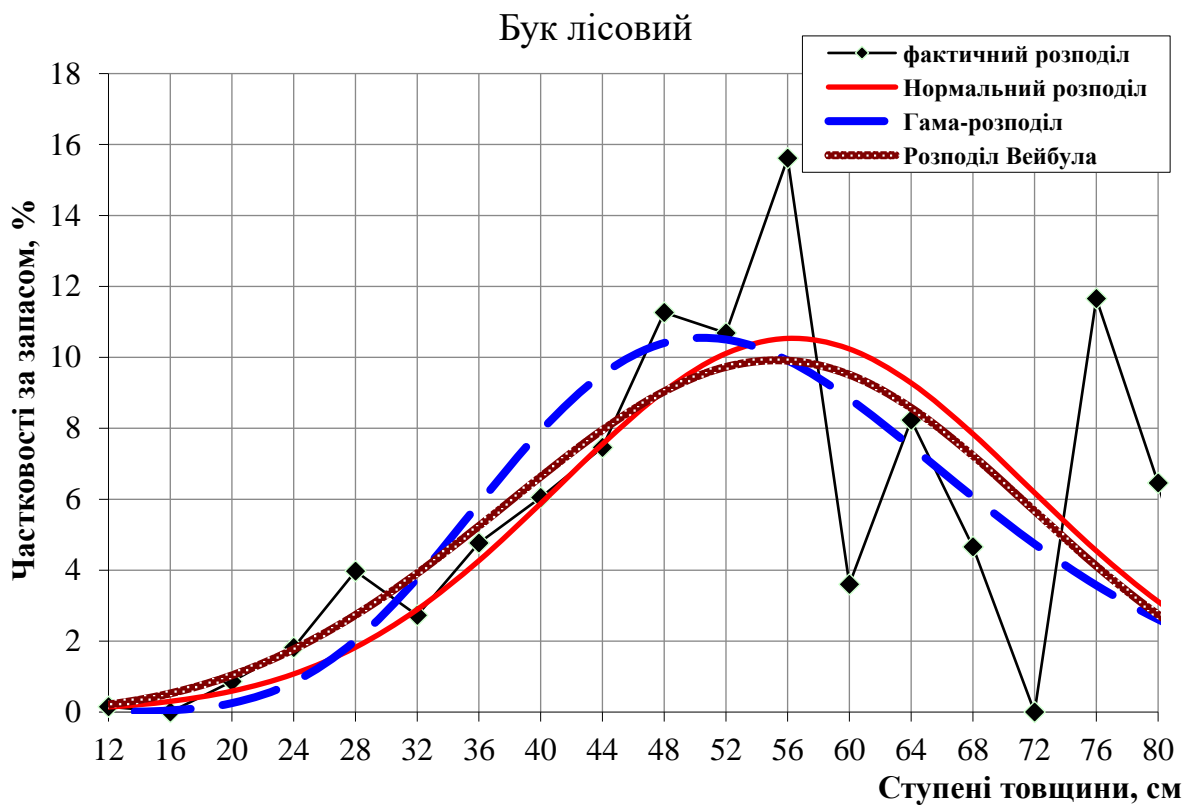
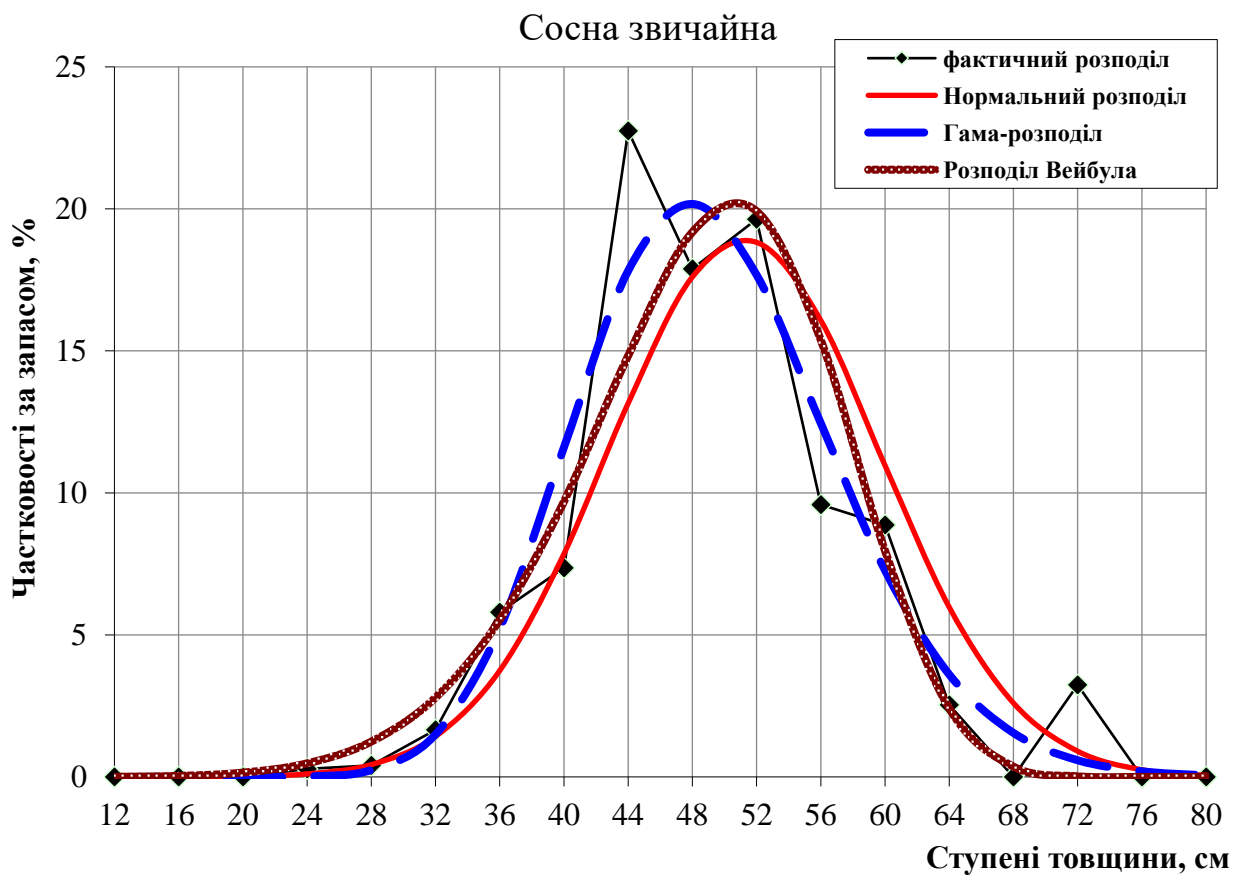


Рис. А.1. Криві розподілу дерев за діаметром на пробній площі № 2

ДОДАТОК Б

Модельовані криві розподілу дерев за запасом на пробній площі № 2



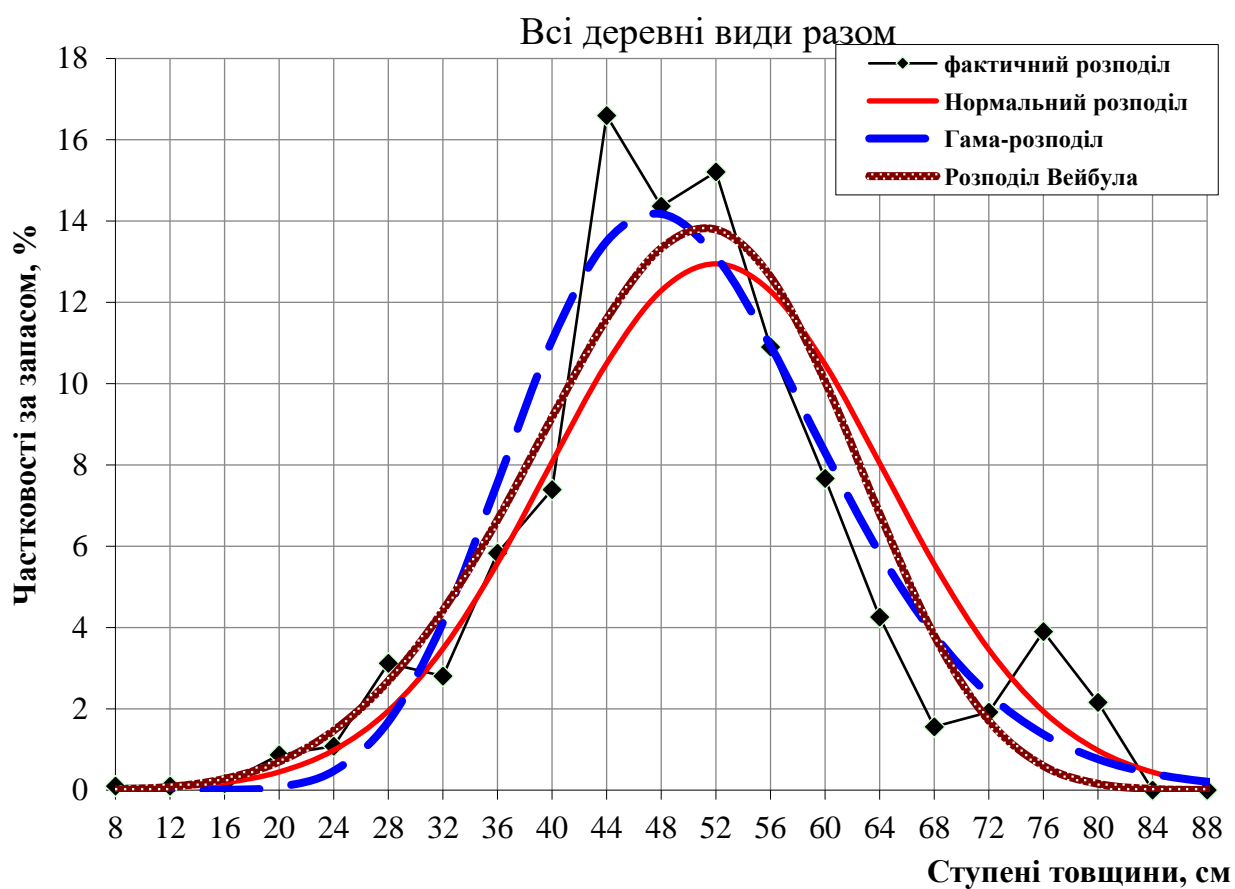
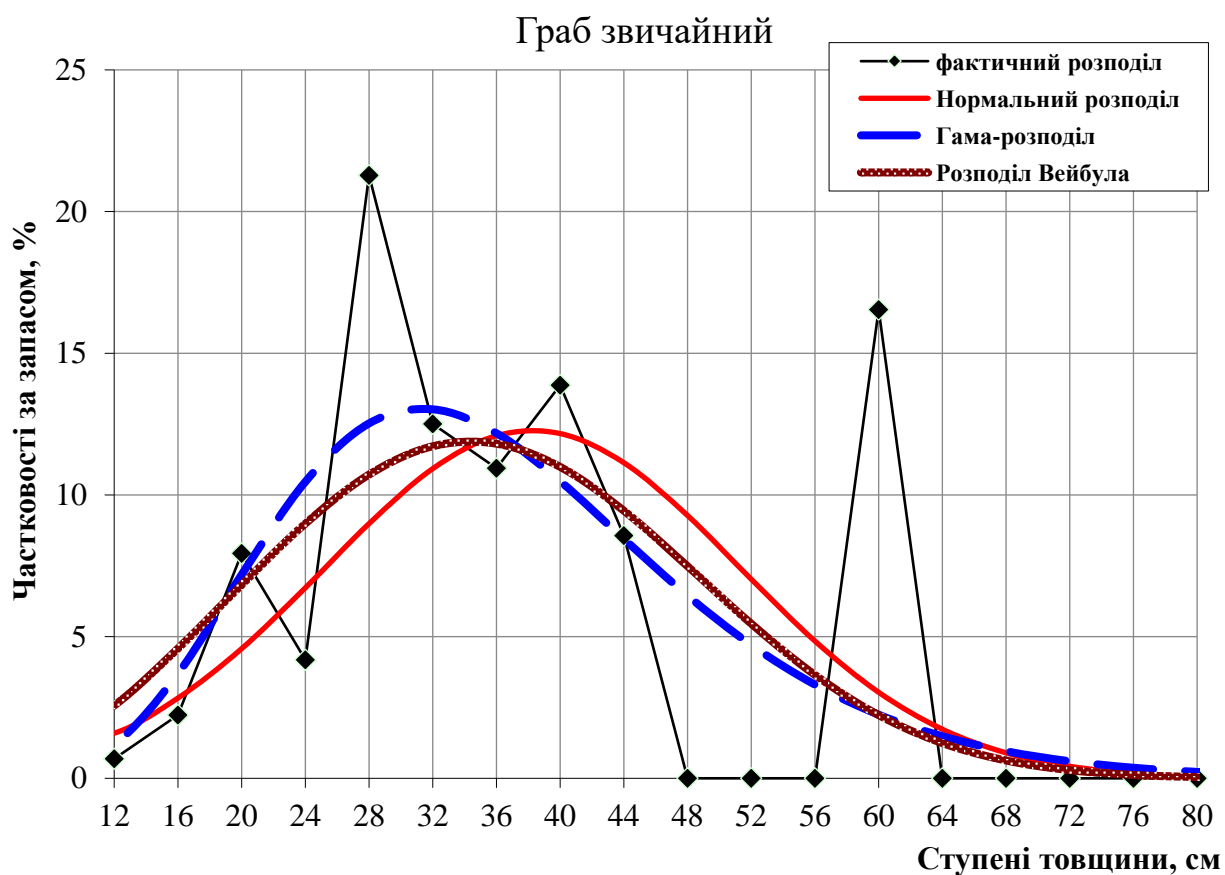


Рис. Б.1. Криві розподілу дерев за запасом на пробній площі № 2