

**ОЛЕКСАНДР  
АДАМОВСЬКИЙ**

# **КОМПЛЕКСНЕ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ: МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ**



**МОНОГРАФІЯ**

**Міністерство освіти і науки України  
Національний лісотехнічний університет України**

**Олександр Адамовський**

**Комплексне лісокористування:  
методи оптимізації**

Монографія

**Львів  
ЗУКЦ  
2015**

УДК 630\*6/9 (234.421)  
ББК 43.9 (4УКР33)  
А28

**Адамовський О. М.**

А 28 Комплексне лісокористування : методи оптимізації : монографія / О.М. Адамовський.  
– Львів: ЗУКЦ, 2015. – 187с.  
ISBN 978-617-655-117-1

Розглянуто теорію та практику сталого лісокористування: поняття і принципи сталого лісокористування, сутність поняття «сталі екосистеми», системний підхід до менеджменту екосистем, еколого-економічну ефективність багаточільового використання лісових ресурсів, урахування фактора часу і невизначеності в процесі оцінювання послуг лісових екосистем, еколого-економічні особливості лісокористування у гірських районах Карпат. При розгляді методів оптимізації комплексного лісокористування досліджено об'єкти та критерії оптимізації лісокористування, роль економіко-математичного моделювання в оптимізації лісокористування, економічну оцінку лісових ресурсів, методи багатокритеріальної оптимізації, принципи лісового менеджменту, фактори впливу на еколого-економічну ефективність лісокористування, функції потенціалу лісових ресурсів, оптимізацію лісокористування на основі вибору альтернативних варіантів, інтегральний еколого-економічний ефект багаточільового лісокористування. Прикладні аспекти оптимізації лісокористування розкриваються в оптимізації обороту рубки на основі вибору альтернативних варіантів, розрахунку еколого-економічної ефективності лісокористування в гірських умовах Карпат, застосуванні методу Фаустмана для еколого-економічної оцінки лісокористування, еколого-економічної оцінки заходів щодо покращення стану зелених насаджень міст.

УДК 630\*6/9 (234.421)  
ББК 43.9(4УКР33)

**Рецензенти:**

**Лакида Петро Іванович**

– директор навчально-наукового Інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України, завідувач кафедри лісового менеджменту, доктор сільськогосподарських наук, професор

**Соколовський Ярослав Іванович**

– завідувач кафедри інформаційних технологій Національного лісотехнічного університету України, доктор технічних наук, професор

**Цегелик Григорій Григорович**

– завідувач кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор фізико-математичних наук, професор

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Національного лісотехнічного університету України  
(Протокол №2 від 26 лютого 2015 року)*

ISBN 978-617-655-117-1

© О.М. Адамовський, 2015  
© ЗУКЦ, 2015

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>4</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. СТАЛЕ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА</b>	
1.1. Поняття і принципи сталого лісокористування.....	10
1.2. Сутність поняття «сталі екосистеми».....	23
1.3. Системний підхід до менеджменту екосистем.....	29
1.4. Еколого-економічна ефективність багатоцільового використання лісових ресурсів.....	33
1.5. Урахування фактора часу і невизначеності в процесі оцінювання послуг лісових екосистем.....	38
1.6. Еколого-економічні особливості лісокористування у гірських районах Карпат.....	46
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЛІСОКОРИСТУВАННЯ</b>	
2.1. Об'єкти оптимізації.....	61
2.2. Критерії оптимізації лісокористування.....	64
2.3. Економіко-математичне моделювання та оптимізація лісокористування.....	70
2.4. Економічна оцінка лісових ресурсів у контексті оптимізації лісокористування.....	83
2.5. Методи багатокритеріальної оптимізації лісокористування.....	94
<b>РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ЛІСОКОРИСТУВАННЯ</b>	
3.1. Принципи лісового менеджменту.....	101
3.2. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність лісокористування.....	115
3.3. Функції потенціалу лісових ресурсів.....	117
3.4. Оптимізація лісокористування на основі вибору альтернативних варіантів.....	122
3.5. Інтегральний еколого-економічний ефект багатоцільового лісокористування.....	128
<b>РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ</b>	
4.1. Оптимізація обороту рубки на основі вибору альтернативних варіантів.....	132
4.2. Еколого-економічна ефективність лісокористування в гірських умовах Карпат.....	145
4.3. Застосування методу Фаустмана для еколого-економічної оцінки лісокористування.....	151
4.4. Еколого-економічна оцінка заходів щодо покращення стану зелених насаджень міст.....	156
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>163</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>165</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>174</b>

## ПЕРЕДМОВА

Комплексне використання, охорона і відтворення багатогранного потенціалу лісових екосистем – одне з основних завдань нової, екологічної економіки, яка формується в усьому світі й повинна стати ефективним інструментом втілення в господарську практику загально визнаної концепції сталого розвитку.

Лісокористування – це не лише заготівля і реалізація деревинної та не деревинної лісопродукції, але й раціональне використання, відтворення та охорона багатосторонніх суспільно корисних функцій лісу, які не завжди піддаються точним кількісним оцінкам.

Зважаючи на актуальність проблем комплексного лісокористування їм присвячено багато праць вітчизняних і зарубіжних дослідників. Переважна більшість із них виконана за допомогою методів якісного (декларативно-описового) оцінювання економіко-організаційного механізму та результатів виробничої діяльності у сфері лісокористування.

Можна стверджувати, що на сьогодні вже закладено науково обґрунтовані теоретичні основи та сформульовано основні принципи і методи, застосування яких може наблизити діяльність лісових виробничих структур до «сталого лісокористування» із забезпеченням динамічної рівноваги «сталих лісових екосистем». Проте цього далеко недостатньо для сучасної суспільної практики, зокрема, для подолання наявних кризових явищ в Україні.

Стає очевидним, що без застосування економіко-математичних методів оптимізації комплексного лісокористування неможливо досягнути сталого розвитку лісового господарства.

Математичне моделювання комплексного лісокористування з подальшою оптимізацією є важливим інструментом сприяння сталому розвитку лісового господарства України в лісах усіх форм власності. Дотримання принципів сталого лісокористування дасть змогу підвищити його еколого-економічну ефективність.

В цьому контексті книга О.М.Адамовського вигідно вирізняється серед інших публікацій із зазначеної проблематики. В ній наведено конкретне обґрунтування оптимізації комплексного лісокористування методами кількісного оцінювання, що відноситься до однієї з найбільш актуальних і найменш досліджених практичних проблем як галузевої економічної науки, так і сучасної економічної науки загалом, зокрема, її теоретико-методологічного аспекту.

Автор зумів донести до українського читача маловідомі вітчизняним науковцям і, особливо, практикам, цікаві науково-прагматичні погляди зарубіжних вчених на одвічно актуальну проблему «неперервного лісокористування». Він кваліфіковано аналізує ці погляди зарубіжних вчених і робить свої власні обґрунтовані висновки.

Велика питома вага опрацьованої автором монографії англійської літератури, глибокий аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової літератури дозволили йому визначити критерії та ключові завдання оптимізації комплексного лісокористування, які в конкретний спосіб він пропонує вирішувати за допомогою економіко-математичного моделювання.

Грунтовній підготовці книги сприяла фундаментальна університетська підготовка О.М.Адамовського та досконале володіння ним сучасними економіко-математичними методами наукових досліджень, а також його тривалі стажування в університетах США, Бельгії, Італії та Швеції.

Обрунтувавши методи багатокритеріальної оптимізації лісокористування, автор логічно й послідовно розкриває фактори впливу на рівень еколого-економічної ефективності комплексного використання, охорони і відтворення багатогранного потенціалу лісів; розглядає функції запасу лісових ресурсів та питання оптимізації їх використання на основі вибору альтернативних еколого-економічних критеріїв.

Важливо наголосити, що «суспільним орієнтиром» оптимізації комплексного лісокористування автор монографії вважає задекларовану Конференцією міністрів щодо захисту лісів у Європі тезу про те, що «лісові ресурси і лісові площі повинні використовуватися на сталій основі для задоволення соціальних, екологічних, культурних і духовних потреб сьогодишнього та майбутнього покоління людства» (Гельсінкі, 1993). В зазначеній Декларації міністрів наголошується, що стале лісокористування означає управління та використання лісів і лісових площ таким чином і з такою інтенсивністю, які б забезпечували їх біологічне розмаїття, продуктивність, здатність до відновлення та виконання сьогодні і в майбутньому екологічних, економічних та соціальних функцій без нанесення шкоди іншим екологічним системам (див. Forest Europe Growing Life. Conference on the protection of forests in Europe. – [http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Helsinki/helsinki\\_resolution\\_h1.pdf](http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Helsinki/helsinki_resolution_h1.pdf)).

Враховуючи вищезазначене, автор книги наголошує на необхідності прийняття таких рішень в системі лісового менеджменту, які б забезпечували справедливий розподіл ресурсів між поколіннями. Він вважає, що треба глибоко усвідомлювати характер рішень в системі лісового менеджменту, які мають набагато триваліший часовий горизонт у порівнянні з іншими галузями економіки. Крім того, ці рішення передбачають використання унікальних або невідновних ресурсів, які, треба пам'ятати, будуть необхідними і для життєдіяльності майбутніх поколінь.

До речі, одне з цікаво висвітлених у книзі питань – «безперервно продукуючого лісу» (dauerwald) – розглядалося нами понад 40 років тому у монографії «Економічні проблеми комплексного використання і охорони лісових ресурсів» (Львів, «Вища школа», 1976). Приємно відзначити, що до цієї актуальної проблеми повертається нове покоління молодих дослідників.

О.М.Адамовський розвиває і конкретизує відому концепцію єдності процесів використання, охорони і відтворення двоєдиних компонентів лісової еколого-економічної системи – природного життєвого довкілля і ресурсів. Деревина, недеревні рослинні ресурси, фауна та багатосторонні загальносуспільні корисні функції лісу складають єдину еколого-економічну систему, яка вкрай потребує кількісної оцінки.

Майбутні дослідники нинішньої системи господарювання в лісовому секторі економіки помітять і багато інших її недоліків. Скажімо, дивною буде ви-

глядати нинішня кадрова політика щодо підбору і призначення на керівні посади професійно не підготовлених і недосвідчених менеджерів. Адже застосування конкретних методів оптимізації комплексного лісокористування вимагатиме, безумовно, і відповідно підготовлених фахівців. Ігнорування цього фактора можна віднести до недоліків книги.

У монографії знайшли теоретичне обґрунтування та практичне підтвердження результати моделювання комплексного лісокористування, кількісно обґрунтована необхідність забезпечення обов'язковою державною підтримкою (через дотації, пільги, безвідсоткові кредити тощо) тих суб'єктів господарювання, які ведуть лісове господарство у відповідності з оптимальними еколого-економічними стратегіями. Ці, висвітлені автором, наукові положення можуть бути використані як методологічні інструменти для удосконалення Лісового кодексу, інших законодавчих та нормативних актів, пов'язаних із веденням лісового господарства в Україні.

Вважаємо, що запропонована читачеві книга кандидата економічних наук, доцента О.М.Адамовського може бути взірцем відповідального ставлення до якості наукової роботи. З огляду на важливе теоретичне і прикладне значення для ефективного функціонування лісового сектора економіки, її можна кваліфікувати як суттєвий внесок у розвиток вітчизняної економічної науки. Незважаючи на окремі недоліки, монографія заслуговує на увагу молодих і досвідчених науковців та практиків, які працюють у царині вітчизняного природокористування.



**Ю.Ю.Туніця,**  
академік НАН України,  
доктор економічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України

## ВСТУП

Незадовільний стан лісових екосистем планети призвів до того, що у 70-х роках минулого століття світова спільнота усвідомила необхідність термінового вирішення цієї проблеми. Вперше на високому міжнародному рівні цю тему було розглянуто у 1972 році під час Конференції ООН з довкілля у Стокгольмі. У 1987 році Всесвітня комісія з довкілля та розвитку підготувала Доповідь «Наше спільне майбутнє», відому також як Доповідь Брундланд, у якій вперше з'явився термін «сталий розвиток». Проголошена у ній Концепція сталого лісокористування є розвитком і поглибленням ідеї неперервного лісокористування, яка виникла більш як два століття тому. У 1992 році у роботі Конференції ООН з довкілля та розвитку («Ріо-92») взяли участь 178 урядових делегацій. Концепція сталого розвитку отримала офіційну підтримку з боку очільників держав та урядів. Під час цієї Конференції було підписано низку екологічно значущих конвенцій та документів (зі зміни клімату, збереження біорозмаїття, лісів), зокрема План дій на XXI століття – глобальний план дій людства для досягнення сталого розвитку.

Виконання досягнутих домовленостей перший раз оцінювали через п'ять років на спеціальній сесії Генеральної Асамблеї ООН («Ріо+5»), а другий раз – через десять років у Йоганнесбурзі («Ріо+10») 2002 року. Як показали дискусії, незважаючи на деякі просунення у міжнародній торгівлі у напрямі сталого розвитку, після «Ріо-92» кардинальних змін не відбулося. Наступна Конференція ООН зі сталого розвитку («Ріо+20») відбудеться 2012 року в Бразилії. Під час неї буде розглянуто чотириголовні напрями: огляд процесу виконання попередніх зобов'язань щодо сталого розвитку, екологізація економіки у контексті ліквідації бідності та сталого розвитку, інституціональна база сталого розвитку та нові проблеми.

Сьогодні «лісокористування» – регламентована сукупність форм і методів комплексного використання лісових багатств. Основною формою організації лісокористування повинен бути комплексний підхід до використання лісових ресурсів, який включає: вирощування лісу, захисне лісорозведення, заготівлю і постачання деревини споживачам, утилізацію відходів від лісовирощування, заготівлю і переробку харчових ресурсів лісу та ведення мисливського господарства.

Оцінка практики лісокористування на території України протягом останнього століття стосовно концепції сталого розвитку дає змогу зробити такий висновок: надмірна експлуатація лісових ресурсів, що здійснювалася у минулому, недостатній контроль за їх використанням стали причинами того, що значна частина лісових насаджень України не лише втратила сировинний потенціал, а й перестала виконувати екологічні функції. Площа лісів впродовж останніх



століть скоротилася майже у тричі, відбулося антропогенне переформування лісових екосистем, знизилася їх природна продуктивність, збідніло біологічне різноманіття, виснажилися лісоексплуатаційні запаси. Через відсутність необхідних коштів залишаються низькими темпи лісовідновлення і лісорозведення, не виконуються заходи з інтенсифікації лісовирощування, поглибилась диспропорція між лісоресурсною базою та економічним потенціалом деревообробної, целюлозно-паперової, лісохімічної та іншими галузями економіки, що традиційно є споживачами лісової продукції. Лісова національна політика не узгоджується з вимогами збалансованого розвитку та ринкової моделі економіки.

За останні роки загальна економічна криза в країні, відсутність жорсткого державного контролю за лісокористуванням призвели до збільшення обсягів заготівлі з порушенням екологічних вимог, а також нелегальних рубок. Основним видом рубок залишаються суцільні. Застосовувані технології здебільшого не забезпечують належного природного поновлення лісів.

Сьогодні у процесі лісокористування простежується тенденція до зростання обсягів експлуатації лісу, тоді як для забезпечення сталості подальшого лісокористування доцільніше було б надавати більше уваги його відновленню та догляду.

Усе це зумовлює актуальність пошуку нових підходів до організації комплексного лісокористування на еколого-економічних засадах. Оптимізація комплексного лісокористування з врахуванням ресурсного та екологічного потенціалу деревостанів значною мірою залежить від науково обґрунтованого опису рубки, що базується на встановленні віку стиглості лісу. При цьому екологічні та економічні підходи часто протиставляються, особливо щодо лісів різного цільового призначення.

Методи оптимізації комплексного лісокористування як наукову проблему розглянуто працях багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Однак, незважаючи на набутий досвід та отримані результати, проблема комплексного лісокористування в умовах перехідної економіки, низької лісистості України (17% території суші) [150], зростаючого глобального значення суспільних функцій лісу заслуговує подальшого вивчення і набуває особливої актуальності.

Монографія є частиною наукових досліджень, що виконувалися у рамках тем «Концепція лісової політики України» (ДБ 08.25-10-03, №0103U000080) та «Економічний механізм покращення фінансового стану і раціонального використання лісових ресурсів на підприємствах лісопромислового комплексу» (ДБ 08.27-02/01, №0101U005132), а також фундаментального дослідження ДБ Н.04-11 «Предметна сфера економічної теорії в суспільстві сталого розвитку» (№0111U002653), науковий керівник – академік НАН України Туниця Ю.Ю.,

яка виконувалась за рахунок фонду фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України.

Дослідження, результати яких увійшли до монографії здійснювалися також у рамках у рамках міжнародних проектів ENARECO («Економіка довкілля і природних ресурсів», Т\_ЖЕР 10255-96), Dissemination ENARECO (D\_CP-20575-1999), Sustainable Production and Consumption (ШЕЕ, Lund, Sweden), Baltic XXI Prestudy (County Administrative Board of Stockholm), Baltic University Program (Uppsala, Sweden) та інших. Стажування, участь у конференціях та семінарах проходили у Департаменті землекористування та агролісових систем Університету м. Падуя (Італія), Лабораторії лісівництва Королівського Університету м. Гент (Бельгія), Університеті м. Фрайбург (Німеччина), Королівській академії сільського господарства і лісівництва (KSLA, Швеція), Міжнародному Інституті Промислової Економіки Довкілля університету (ШЕЕ) м. Лунд (Швеція), Університеті м. Уппсала (Швеція), Академічному університеті м. Або (Фінляндія), Пенсільванському державному (PennState), Обернському університеті (Auburn University) (США), Технічному університеті м.Лодзь (Польща).

## РОЗДІЛ 1. СТАЛЕ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

### 1.1. Поняття і принципи сталого лісокористування

Сучасні тенденції економічного розвитку свідчать про те, що у ставленні до природи відбулися позитивні зрушення. Проте є підстави вважати, що в умовах переходу до ринкових відносин в Україні за останні роки відчутним є негативний, а точніше, суто споживацький вплив людини на лісові ресурси, що негативно впливає на економіку, навколишнє природне середовище та й на саму людину.

Тільки зберігши природний потенціал, можна гарантувати прийдешнім поколінням подальший економічний прогрес. Ліси України потребують особливо дбайливого ставлення, оскільки вони є важливою компонентою ландшафтів, загальносуспільних екологічних потреб і водночас потреб лісопереробних підприємств, будівельних організацій та інших споживачів деревини, зокрема й населення.

Сьогодні лісокористування – це встановлений законом порядок використання лісових ресурсів, який забезпечує найповнішезастосування корисних властивостей лісу в інтересах розвитку суспільного виробництва і потреб людей. Комплексне лісокористування передбачає використання природно-ресурсного потенціалу лісових територій, при якому експлуатація одного виду лісового ресурсу заподіює найменшу шкоду іншим ресурсам, а господарська діяльність підприємства загалом мінімально впливає на навколишнє природне середовище.

Україна прагне інтегруватися до світової спільноти. Цей факт ставить перед нашою країною нові вимоги щодо якості експортованої продукції, зокрема деревинної. Коли українська лісова продукція вийде на європейський і світовий ринки, вона буде змушена повноцінно конкурувати. Збут на світовому ринку несертифікованої продукції має дедалі більше перешкод. Тому актуалізується питання щодо сертифікації лісів.

Однією з найбільших у світі організацій, яка здійснює сертифікацію лісів, є FSC (Лісова управлінська рада, Forest Stewardship Council). Ця організація встановила «Принципи та критерії FSC», які застосовують для всіх типів лісів, і без дотримання яких неможлива сертифікація за схемою FSC. Згідно з цими принципами, ведення лісового господарства має бути спрямоване на ефективне багатопільове використання продуктів та функцій лісу. Метою такого сертифікованого лісокористування повинно стати підвищення і підтримання економічної життєздатності, а також отримання і врахування широкого спектра екологічних та соціальних ефектів і затрат. Лісокористувачі зобов'язані сприяти підтриманню екологічної продуктивності лісу.

Заходи щодо ведення лісового господарства та маркетингу лісової продукції мають сприяти оптимальному використанню різних лісових продуктів та їх переробці на місці, лісгосподарська діяльність повинна сприяти зменшенню відходів під час лісозаготівель та перероблення, не завдавати збитків іншим видам лісових ресурсів. Така діяльність має бути спрямована на закріплення та диверсифікацію місцевої економіки, з метою уникнення її залежності від одного виду лісової продукції.

Лісогосподарські заходи покликані підтримувати і, де можливо, сприяти покращенню водоохоронної, рекреаційної та інших корисних функцій лісу, а також сприяти збільшенню його ресурсів і сталому їх використанню. Об'єми заготівель всієї лісової продукції не можуть перевищувати рівня, який забезпечував би невиснажливе лісокористування.

Еволюцію ідеї сталого лісокористування наочно простежують в історії виникнення та вдосконалення засад і принципів організації лісового господарства. Незаважно зауважити, що навіть різні методи встановлення розрахункової лісосіки впродовж останніх трьох сотень років враховують ідею неперервності лісокористування. Спочатку зміст цього поняття означав рівномірність, регулярність і раціональність. Поступово воно поширилось на певний напрям ведення лісового господарства. Зміст поняття «неперервність» у різних авторів є неоднаковим. Це зумовлено трансформацією соціального розуміння лісу, розвитком загальних і лісівничих знань та розвитком промислової системи. Домінантними стають усвідомлення негативного впливу на лісові екосистеми внаслідок необґрунтованого антропогенного втручання і проблема неперервного забезпечення деревиною господарських потреб суспільства.

На початковому етапі наукове обґрунтування постулату неперервності лісокористування здійснив Ганс Карл фон Карловіч (Hans Carl von Carlowitz), який у 1713 р. висловив думку про потребу довготривалого використання лісу. Конкретнішу інтерпретацію цієї ідеї дав Теодор Гартіг (Theodor Hartig), засновник знаменитої династії німецьких лісових таксаторів [201]. Він сформулював принцип рівномірності щорічного використання лісу. На жаль, під час опрацювання його роботи виявилось, що автор не описав конкретного способу досягнення такої рівномірності. Йоганн Генріх Котта (Johann Heinrich Cotta) обґрунтував основи методів лісовпорядкування за площею. Ще раніше пропозиції щодо встановлення таксаційної оцінки та вартості кожного лісництва зробив Алоїз Швестка, який викладав лісівництво у Львівському університеті та опублікував тут дві книги [94].

Початковий період удосконалення принципів лісового господарства, незважаючи на пасивний характер теоретичних пропозицій чи можливостей їх реалізації на практиці, на наш погляд, є цінний насамперед тим, що дослідники спрямували зусилля на подолання помилок, сформульованих своїми попередниками. У наступні два століття ідея неперервності лісокористування відіграла винятково важливу роль у збереженні лісів Європи від надмірного вирубування. Намагання втілити ідею неперервності користування лісом привело до виникнення її нерозривного зв'язку з лісовпорядкуванням. Цей факт висвітлюють відомі наукові авторитети – автори підручників, які стали класичними – Йоганн Фрідріх Юдейх (Johann Friedrich Judeich), Крістоф Вагнер (Christoph Wagner), Г. Баадер (G. Baader), Г. Кнухель (H. Knuchel), В. Мантель (W. Mantel), Альберт Ріхтер (Albert Richter) та К.П. Дейвіс (K.P. Davis) [164, 169, 216, 227, 236, 181]. Вони залучили поняття неперервності до системи організації лісових господарств, що є прерогативою лісовпорядкування. Зокрема, Фрідріх Юдейх першим увів ідею неперервності. Розвиток громадської думки, зміна поглядів на ліс спричинили неминуче усвідомлення ідей неперервності лісокористування

на державному рівні. В окремих країнах ці ідеї набули форми урядових постанов (Швейцарія, 1876 р. та Австро-Угорщина, 1884 р.). Остання постанова відіграла позитивну роль у розвитку організації лісового господарства у Галичині.

Важливий внесок у розвиток ідеї неперервності лісокористування зробили дослідники Генріх Шокке (Heinrich Zschokke), Йоганн Хундешаген (Johann Hundeshagen), Г. Гейер (G. Heyer). На думку цих авторів, визначальними чинниками збереження неперервності та рівномірності лісокористування необхідно вважати величину приросту та черговість рубок [203], правильне територіальне (просторове) розміщення та однакову участь у площах деревостанів різних класів віку. При цьому мають бути нормальними приріст, запас та розрахункова лісосіка. Визначальною умовою для отримання неперервного рівномірного надходження деревини, за Гейером [203], є нормальна просторово-вікова структура деревостанів, яка зумовлюється прийнятою черговістю рубань, планомірним розміщенням деревостанів та їх нормальним приростом на певній території. Такі лісові об'єкти Гейер відносить до об'єктів неперервного лісокористування.

Отже, Гейер розширив поняття неперервності лісокористування фінансовим аспектом. Починаючи з кінця XVIII ст., цей аспект відображено у теоріях земельної та лісової ренти Бернарда Борггреве (Bernard Borggreve) та Ріхарда Грієба (Richard Grieb) [200]. Ці теорії спрямовані на створення певної системи лісового господарства.

Розвитку методів упорядкування лісу сприяли також теорії земельної і лісової ренти за станом деревостанів. Фрідріх Юдейх припускає, що проявом неперервності лісокористування з позиції прибутку є визначення найприйнятнішого віку рубання деревостану незалежно від стану всього регіону [164].

Подальший розвиток поняття неперервності лісокористування знаходимо у працях К. Карстхофера (K. Karsthofer) [213], який додає новий аспект, рекомендуючи акцентувати увагу на потребі дотримання принципу рівномірності щорічного лісокористування у насадженнях, які перебувають у незадовільному стані. Автор вважав, що будь-які дії у напрямку збільшення майбутнього користування через тимчасове обмеження, здебільшого з метою територіального впорядкування лісу, є ознаками неперервності лісокористування. Праці Карстхофера відіграли важливу роль у розвитку ідеї неперервності лісокористування.

Наукові здобутки у пізнанні законів продуктивності лісу, розвиток їх класифікації, зокрема лісової типології, спричинили те, що найважливішими чинниками збереження неперервного постачання лісоматеріалами почали вважати потенційну продуктивність типу лісорослинних умов і реальний стан лісових угруповань.

Водночас, менш важливою почали вважати правильну вікову структуру деревостанів. Крім того, домінантним стало переконання, що кожне зниження рівня продуктивності дає негативні наслідки на тривалий період. Розвиток різних методик регулювання виходу лісової продукції вилився у недостатню кількість досліджень щодо умов збереження безперервності лісокористування. Хіба що Арнольд Енґлер (Arnold Engler) [184] і Густав Баадер (Gustav Baader) [169] запропонували ідею неперервного утримування відповідної до ґрунтових умов лісової рослинності.

Отримані результати та способи реалізації ідеї неперервності лісокористування поступово привели до поділу її на два складники: неперервності отримання матеріальних ресурсів (економічна, ресурсна, сировинна функція) і тривалості продуктивності у загальному розумінні (екологічна, нересурсна функція). Враховувати обидва зазначені аспекти в інтерпретації принципу неперервного лісокористування намагалися Генріх Вебер (Heinrich Weber), Еліас Ландольт (Elias Landolt), Філіп Флюрі (Philipp Flury) та інші [188]. Веберу належить формулювання поняття постійності запасу формування деревини. Він вважав запас деревини умовою дотримання неперервності лісокористування і пов'язував її з рівномірним у часі та просторі відновленням деревостанів певної структури. Однак Вебер не уточнив одиниці тривалості, не визначив бажаних рис структури лісу, не встановив тривалості періоду продукування.

Найважливішими рисами під час оцінювання структури наявного лісу Ландольт розглядає певний стан, що вважається нормальним [191]. Ці риси такі: правильна структура класів віку та їх правильне просторове розташування на певній території, добрий якісний стан деревостанів (зокрема висока повнота) та узгодженість породного складу з природно-екологічними умовами.

Подібних поглядів дотримувався і Флюрі [188]. Він вважав, що оцінювати неперервність лісокористування треба на основі порівняння наявного лісу з певним нормальним станом, який є зразком і трактується як мета господарювання. На жаль, Флюрі не конкретизував цей нормальний стан, не сформулював і не визначив його рис залежно від умов ведення лісового господарства. Його міркування щодо неперервності лісокористування як мети господарювання підтвердив Вагнер [191]. Він стверджував, що ідея неперервного лісокористування виражає постійність відповідних прагнень, які повинні стосуватись досягнення стану рівноваги між будовою лісу і структурою запасу, з рівномірним поділом запасу та приросту на окремі роки з обов'язковою черговістю рубань. Перший напрям цих прагнень Вагнер назвав безпосереднім, а другий – опосередкованим шляхом забезпечення постійності прибутків.

За Баадером, ідея неперервності є нейтральною щодо панівних теорій господарювання і має формулювати лише умови відтворення ресурсів, які впливають з правил управління розвитком лісу, не уточнюючи безпосередньо мети господарювання. Тобто можна вважати, що ідея дає певну свободу під час вибору мети. На жаль, так не буває, оскільки мета диктує конкретні засоби досягнення бажаного стану, будови лісу в різних аспектах (господарських чи нематеріальних функцій).

Особливості сучасної інтерпретації ідеї неперервності лісокористування пов'язані з потребою врахування у принципах лісового господарства багатьох нематеріальних функцій лісу. У попередніх інтерпретаціях їх не брали до уваги належним чином. Зростання інтенсивності використання лісу зумовлює те, що поряд із чинниками, традиційно пов'язаними з поняттям неперервності лісокористування (запас і приріст, прибуток, стан нормальності тощо), з'являються нові, наприклад: стабільність деревостанів, суспільні та охоронні завдання, рекреаційна цінність, біологічна стійкість, продуктивна довготривалість, ландшафтна цінність.

Комплексні трактування ідеї неперервності лісокористування формулюють Ганс Дітріх (Hans Dietrich) [182] та Ганс Лейбундгут (H. Leibundgut) [225]. Перший стверджує, що неперервність лісокористування визначається непорушною і довготривалою здатністю лісу до виконання різноманітних функцій. Лейбундгут вважає, що реалізація ідеї неперервності лісокористування полягає у формуванні та утриманні таких лісів, які були б найкраще пристосовані до місцевих умов та мали б постійну здатність до найкращого виконання продуктивних функцій і різнобічного впливу на довкілля [225]. Як бачимо, означення дещо подібне до попереднього.

Лейбундгут розширює поняття нормального лісу. У його розумінні, нормальний ліс повинен мати не тільки оптимальну просторово-вікову структуру і запас, забезпечувати можливість отримання найвищого приросту, а й здатність до довготривалого і максимального виконання нематеріальних функцій.

Г. Кун (H. Kuhn) [221] на основі постулату про зміну функціональних пріоритетів лісових екосистем, та залежно від регіонального розташування рекомендує розділяти поняття неперервності лісокористування вищого порядку, яке охоплює загальні суспільно-господарські функції, і поняття неперервності власне лісогосподарського виробництва.

На подвійне значення цього поняття, на його вагомість у збільшенні обсягу завдань лісової політики та економіки лісового господарства під час реалізації ідеї неперервності лісокористування, особливо у першому аспекті, вказує Трамплер (T. Trampler) [247].

Схожі погляди висловив Г. Шроттер (H. Schrötter) [239], який залучив принцип неперервності лісокористування у тривалу систему завдань лісового господарства як засіб управління та регулювання.

Орієнтацію європейських країн на принципи сталого, неруйнівного, невишнужливого, самовідновлюваного лісокористування відображено у резолюціях міжнародних Конференцій на рівні міністрів щодо захисту лісів Європи (MCPFE), які займаються існуючим станом лісів та лісового господарства, попередженням можливих небезпек, а також сприянням сталому розвитку, раціональному управлінню і використанню лісів Європи (Страсбург – 1990 р., Гельсінкі – 1993 р., Лісабон – 1998 р., Відень – 2003 р., Варшава – 2006р.), до яких приєдналася й Україна. Резолюції передбачають потребу у стабілізації лісистої, збереженні біорізноманіття, запровадженні науково обґрунтованих лісогосподарських заходів та багатоцільовому використанні лісів (особливо гірських).

У 70-х роках минулого століття на міжнародній Конференції ООН у Стокгольмі представники багатьох країн погодилися з тим, що необхідно вживати невідкладних заходів для вирішення проблеми деградації довкілля. На Конференції ООН з довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро (Ріо-92) ці ж країни у дещо розширеному складі дійшли висновку, що охорона довкілля і соціально-економічний розвиток мають велике значення для сталого розвитку на основі узгоджених на цій Конференції принципів. З метою забезпечення такого розвитку було прийнято «Порядок денний на XXI століття» та Декларацію з довкілля та розвитку. Ці ж принципи підтвердили країни-учасниці Світового саміту Землі (Йоганнесбург – 2002) у вигляді «Плану дій». На останньому саміті були

присутні більш як 20 тисяч учасників зі 180 країн світу. Аналізуючи діяльність держав протягом останніх 10 років, учасники констатували, що тільки розвинені країни дотримуються Положення основних принципів лісокористування, проголошеного на Конференції Ріо-92. Це зумовлено насамперед тим, що всі постанови та декларації попередніх конференцій мали лише рекомендаційний, а не директивний характер. Відповідно зробили це насамперед ті країни, які мали достатні фінансові ресурси для втілення цих принципів у життя.

Щодо сучасного означення сталості найвлучнішим є означення, сформульоване у загальній декларації Конференції на рівні міністрів щодо захисту лісів Європи у Гельсінкі (1993 р.): «Стале лісокористування означає управління та використання лісів та лісових площ таким чином і з такою інтенсивністю, які б забезпечували їх біологічне розмаїття, продуктивність, здатність до відновлення, життєздатність, а також здатність виконувати сьогодні і в майбутньому відповідні екологічні, економічні та соціальні функції на місцевому, національному та глобальному рівнях без збитків для інших екосистем» [189]. Далі у проєкті йдеться про те, що «лісові ресурси і лісові площі повинні використовуватись на сталій основі для задоволення соціальних, екологічних, культурних і духовних потреб сьогодишнього та майбутніх поколінь людства» [189].

Як видно з цього означення, сьогодні поняття сталості має досить широке трактування. Це поняття важко втілити у життя у повному обсязі, воно може слугувати лише суспільним орієнтиром для встановлення меж, у яких можуть діяти ті, хто встановлює правила управління лісовим господарством.

Сьогодні досить складно дати однозначне визначення сталого лісокористування. Проте, підсумовуючи сучасні дослідження можна виділити такі сім ключових напрямів, притаманних сталому лісокористуванню:

1. *Межі лісових ресурсів.* Цей напрям відображає спільне бажання мати значну кількість лісистості та запасів для підтримки соціальних, економічних і екологічних цінностей лісу. Важливою основою для консервації специфічних лісових типів є їх існування та кількість. Також цей напрям передбачає зменшення вирубування лісів, лісовідновлення та реабілітації деградованих лісових ландшафтів. Сюди також необхідно віднести і важливу функцію депонування лісами вуглецю, яка сприяє зменшенню глобального потепління.

2. *Біорозмаїття.* Цей напрям стосується консервації і менеджменту біорозмаїття в екосистемі (ландшафті), видах та генетичних рівнях. Така консервація включаючи захист територій з слабкими екосистемами, гарантує підтримку різноманітності життя і забезпечує можливість розвитку нової лісової продукції, наприклад медицина у майбутньому. Покращення генофонду сприяє підвищенню продуктивності лісових насаджень, наприклад для забезпечення високого виходу ділової деревини при інтенсивному веденні лісового господарства.

3. *Лісове здоров'я та життєздатність.* Менеджмент лісових територій необхідно здійснювати таким чином, щоб мінімізувати небажані зміни та ризики на цих територіях (лісові пожежі, забруднення повітря, вітровали, шкідники, хвороби тощо). Такий менеджмент значною мірою впливає на соціальну, економічну та екологічну цінність лісу.



4. *Виробничі функції лісових ресурсів.* Ліси забезпечують велику кількість деревної та недеревної продукції лісу. Цей напрям передбачає забезпечення високого рівня постачання якісної первинної лісової продукції, гарантуючи сталі лісокористування сьогодні і у майбутньому.

5. *Захисні функції лісових ресурсів.* Цей напрям відображає виконання гідрологічних, водорегулюючих та ґрунтозахисних функцій лісу. Зокрема, збереження чистої води, яке забезпечує належний рівень рибних популяцій, зменшення рівня ризику або випадків повеней, зсуву лавин, ерозії і засух. Захисні функції лісових ресурсів також сприяють консервації екосистем та мають значні міжгалузеві аспекти, через високі дотації та виплати сільським господарствам та місцевим жителям.

6. *Соціо-економічні функції.* Цей напрям відображає внесок лісових ресурсів в економіку країни (зайнятість, деревообробка і маркетинг лісової продукції і енергії, торгівля та інвестиції у лісовий сектор). Сюди необхідно віднести функції володіння та захисту ділянок лісу та ландшафтів, які мають висококультурні, духовні або рекреаційні цінності, включаючи аспекти власності на землю, місцевих та районних систем управління, традиційних знань.

7. *Правова, політична та інституційна база.* Цей напрям включає праве, політичне та інституційне регулювання для підтримувати всі вищенаведені напрями, у тому числі спільне прийняття рішень, управління, охорона правопорядку, моніторинг і оцінка прогресу. Сюди також необхідно віднести й ширші соціальні аспекти: чесне і справедливе використання лісових ресурсів, наукові дослідження та освіта, врегулювання інфраструктури для підтримки лісового сектору, передачу технологій і капітальне будівництво, громадську інформацію і комунікації.

Ці напрями визнані Форумом ООН з лісів (UNFF), базуються на критеріях та індикаторах сталого лісокористування, визнані на Міжнародній конференції з критеріїв та індикаторів у Гватемалі у 2003 році (CICI 2003) та Комітетом лісівництва FAO у 2003 році. У лютому 2004, FAO/ITTO консультація експертів щодо критеріїв та індикаторів визнала, що ці напрямки важливі для полегшення міжнародної співпраці з вирішення проблем лісового сектору. Наведені елементи використовує FAO при глобальній оцінці лісових ресурсів (FRA) як основа для звіту.

Актуальні проблеми втілення ідеї неперервності лісокористування лісовими підприємствами свідчать про нагальну потребу оптимізації процесу прийняття рішень, пов'язаних із регулюванням розмірів лісокористування.

У сучасних умовах збереження неперервності лісокористування значною мірою залежить від того, яким чином ведеться лісове господарство, що зумовлює інтенсивність та характер відбору деревини під час рубок головного користування. Сучасні дослідники намагаються поєднувати регулювання головного користування за різних систем рубок із неперервністю лісокористування.

Залишається невирішеною проблема оцінки стану, потрібного для реалізації принципу відтворення, а для умов сьогоднішньої України – розширеного відтворення лісових ресурсів. Це зумовлює необхідність дотримання принци-

пів, які передбачають приведення лісової екосистеми до певного «ідеального стану», тобто приведення лісу до цільового стану. Поняття «цільового лісу» ввів Х. Курт (H. Kurth) [25, 222, 223]. Такий ліс означає суспільно та господарсько-балансовану, здатну до самовідтворення модель лісокористування, яка б могла комплексно виконувати умови безперервності.

Г. Шроттер [240] стверджує, що процес формування «цільового лісу» є постійним, і головними критеріями його є потреба у збільшенні продукування та зростанні матеріальних вартостей лісу.

Ідея «цільового лісу» заохочує багатьох авторів до здійснення досліджень з метою прогнозування продуктивності та розвитку лісу в різних умовах інтенсифікації лісокористування. Ці дослідження стосуються оптимізації породного складу, вікової структури, величини та структури запасу насаджень [198, 234 та ін.], організації процесу реконструкції похідних і низькоповнотних деревостанів і деревостанів із невідповідним складом в аспекті теперішніх і майбутніх функцій лісу [245] та оптимізації доглядових рубок рубок головного користування [175, 233, 237, 244].

Вдосконалення організації лісгосподарського виробництва з урахуванням постулатів ідеї неперервності лісокористування у напрямі його оптимізації охоплює головні напрями господарської діяльності (головне користування, відновлення, догляд), метою яких є досягнення стабільності лісових екосистем в умовах освоєного лісу.

Такі думки висловлюють у дослідженнях учені з багатьох країн, але провідні науковці дійшли висновку, що тільки за спільної орієнтації на стале ведення господарства та його розвиток, тобто за підтримки урядів усіх країн, можливе збереження та невичерпність ресурсів.

Перспективи використання лісів України мають базуватися на їх багатотцільовому призначенні. За цільовим господарським призначенням виділяють такі групи лісових ресурсів: екологічна та господарсько-сировинна, які поділяють на чотири підгрупи: природно-заповідну, рекреаційно-оздоровчу, захисну та сировинно-ресурсну. На нашу думку, внаслідок урбанізації в Україні найближчим часом, окрім сировинно-ресурсного використання лісів, буде стрімко зростати попит на екологічну групу його ресурсів.

Сьогодні сталий розвиток та раціональне використання природних лісів і насаджень, а також деревної та недеревної продукції, має важливе значення стосовно забезпечення сталого розвитку та є одним із найважливіших інструментів подолання бідності, суттєвого скорочення масштабів знеліснення, зупинки процесу втрати лісового біорозмаїття, деградації земель та вичерпання ресурсів, підвищення рівня продовольчої безпеки та розширення доступу до безпечної питної води та розумної за ціною енергії; крім цього, воно наочно показує численні вигоди, пов'язані з природними лісами та лісовими насадженнями, та сприяє добробуту планети та людства. Забезпечення сталого та раціонального лісокористування на національному та глобальному рівнях, зокрема на основі партнерства між зацікавленими урядами та суб'єктами, включаючи приватний сектор, корінні та місцеві общини, неурядові організації, є найважливішою метою сталого розвитку.

Сьогодні загальна модель багатоцільового використання лісових ресурсів повинна охоплювати проблему співвідношення наявного і бажаного стану ресурсів. Це співвідношення повинно визначати характер та масштаб проблеми, яка проявляється в оцінці певної риси лісової екосистеми, що є предметом управління у лісовпорядкуванні.

Складники цього співвідношення будуть мати різні масштаби складностей, окремі з яких є комплексними завданнями (потреба враховувати специфіку ресурсів деревини, стабільність компонентів лісових насаджень тощо).

Сьогодні близько 50% населення планети використовує деревину для енергетичних потреб [126]. За сучасних умов основним видом лісокористування в Україні є користування деревними ресурсами, отриманими після рубок, пов'язаних із веденням лісового господарства тарубок головного користування. За такого ресурсного підходу до лісокористування проблемним є комплексне освоєння лісосічного фонду. З еколого-економічних міркувань пріоритетними лісокористувачами мають бути державні лісогосподарські підприємства, а також спеціальні структури (фірми чи організації), які мають власні екологізберігаючі технічні засоби.

За наявності багатих рекреаційних ресурсів, визначальним у господарському комплексі України має бути оздоровлення людей. У рекреаційній сфері важливим є формування ринкової інфраструктури, комплексний розвиток рекреаційних центрів, реставрація та використання з туристичною метою історико-архітектурних пам'яток, організація мисливських господарств тощо.

У перспективі необхідно формувати всі типи господарств, що зумовить створення соціально-екологічної моделі, в основі якої стане можливим вирішення завдань сталого розвитку лісів України.

Із здобуттям незалежності Україна розпочала реформування своєї економіки у напрямі індустріально розвинених країн, тому актуально постало питання вартісної оцінки природних ресурсів, зокрема встановлення адекватних нормативів плати за використання ресурсів лісу, розробки науково обґрунтованих методів економічної оцінки лісів. Важливість оптимізації комплексного лісокористування зумовлена тим, що прийняття тих чи інших рішень у лісовому господарстві має глобальне значення і наслідки, які виходять далеко за межі локальних чи національних проектів.

Сьогодні в Україні плата за природні ресурси виконує три важливі функції:

- *стимулятивну* (для забезпечення комплексного використання економічно доступних природних ресурсів);
- *інформаційну* (для відображення суспільної праці, витраченої на відтворення і охорону природних ресурсів, у продукції галузей національної економіки);
- *стримувальну* (для запобігання екологічній шкоді у процесі експлуатації природних ресурсів) [144].

У сучасних дослідженнях дедалі більше уваги приділяють проблемам співвідношення якості довкілля та розвитку економіки в умовах невпинно зростаючої чисельності населення, серед витрат виробництва з'являються екологіч-

ні, які академік Ю.Ю.Туниця пропонує виділяти в окрему калькуляційну статтю [157]. Загалом, існуючі у світі тенденції зображено на рис. 1.1.

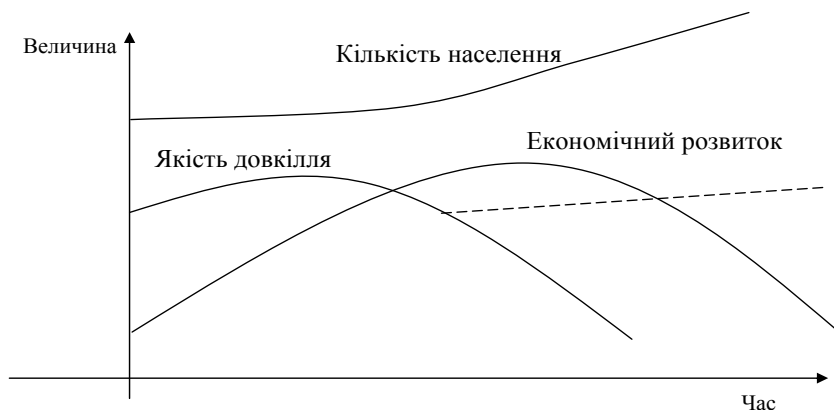


Рис. 1.1. Тенденції сучасного розвитку системи «довкілля – економіка»

З наведеного рисунку можна зробити такі висновки: внаслідок постійно зростаючої кількості населення, якість довкілля та економічний розвиток мають параболічну залежність з вітками, напрямленими вниз. Екологічна криза породжує економічну та навпаки. Перед людством сьогодні постає завдання – змінити тенденції системи «довкілля – економіка». Насамперед потрібно забезпечити сталий розвиток якості довкілля, тобто добитись того, щоб залежність, яка описує тенденцію «якості довкілля», перетворилась на постійно рівномірно зростаючу пряму. Також необхідно при цьому забезпечити певний рівень економічного розвитку.

Перехід до сталого лісокористування передбачає, насамперед, збереження біологічного розмаїття лісу, тому виникає необхідність більш повної та ґрунтовної оцінки не тільки економічних, але й екологічних та соціальних факторів формування споживчої вартості лісу [162].

Тобто максимізації інтегрального соціо-еколого-економічного ефекту (ІСЕ-ЕЕ) виробничо-господарської та природоохоронної діяльності, який би відображав новий методологічний підхід до реформування наукової сфери з метою її орієнтації на досягнення сталого розвитку та економічного зростання. Екологізація наукових досліджень та освітніх програм сприятиме заміні традиційного критерію прибутковості критерієм максимізації ІСЕЕЕ, що своєю чергою спонукатиме до формування нового мислення та екологічно безпечного способу господарювання («зеленої» економіки) [155].

Графічну інтерпретацію ІСЕЕЕ зручно відображати у тривимірній площині. Координати  $x$  (абсциса, шкала екологічних ефектів),  $y$  (ордината, шкала економічних ефектів),  $z$  (апліката, шкала соціальних ефектів) у тривимірній Декартовій системі можна розуміти як відстані від точки до відповідних площин  $yz$ ,  $xz$  та  $xy$  (рис.1.2).

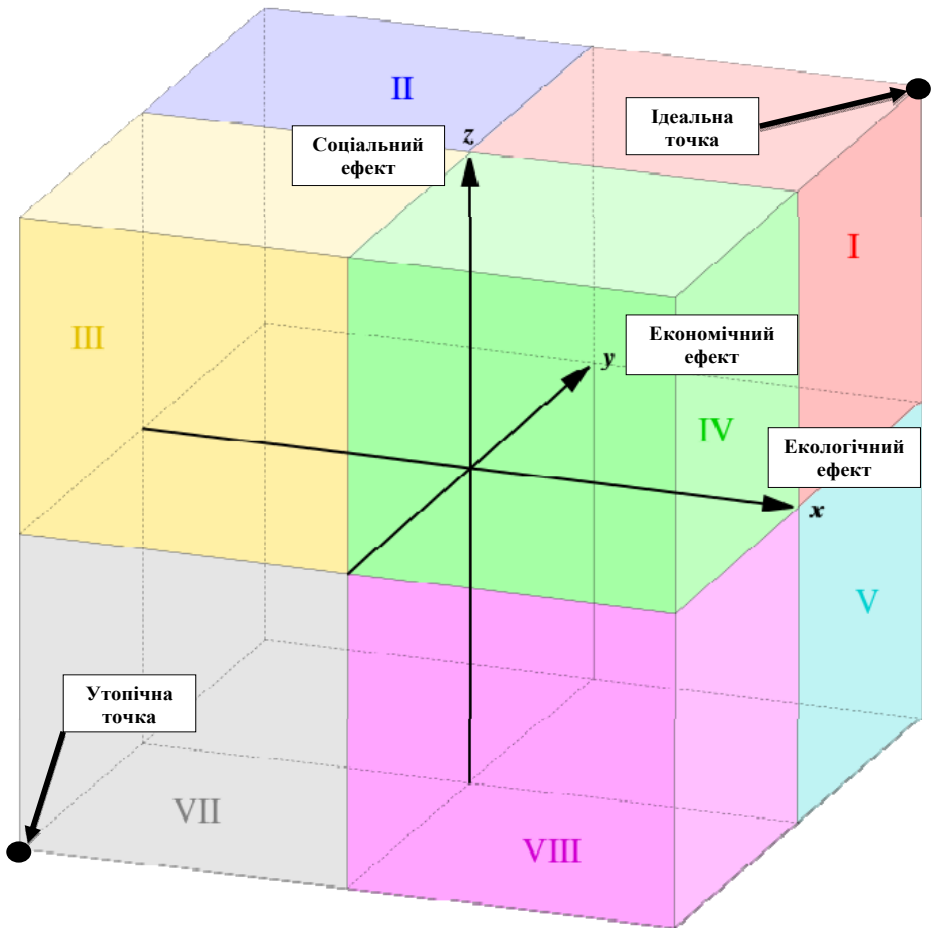


Рис. 1.2. Графічна інтерпретація ICSEE

Враховуючи всі наведені припущення, значення ICSEE може знаходитись у одному з восьми октантів (рис.1.2). Згідно законів комбінаторики, всього може бути  $3^3=27$  варіантів знаходження точки (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

## Комбінація складових ICSEE

№	Ефект			Пояснення
	екологічний (x)	економічний (y)	соціальний (z)	
1	0	0	0	Відсутній будь-який ефект
2	0	0	1	Лише соціальний ефект
3	0	0	-1	Лише від'ємний соціальний ефект
4	0	1	0	Лише економічний ефект
5	0	1	1	Економічний та соціальний ефект
6	0	1	-1	Економічний та від'ємний соціальний
7	0	-1	0	Лише від'ємний економічний ефект
8	0	-1	1	Соціальний та від'ємний економічний
9	0	-1	-1	Від'ємні економічний та соціальний
10	1	0	0	Лише екологічний ефект
11	1	0	1	Екологічний та соціальний
12	1	0	-1	Екологічний та від'ємний соціальний
13	1	1	0	Екологічний та економічний
14	1	1	1	Досягається екологічний, економічний та соціальний ефект (ідеальна точка)
15	1	1	-1	Екологічний, економічний ефект та від'ємний соціальний
16	1	-1	0	Екологічний та від'ємний економічний ефект
17	1	-1	1	Екологічний, соціальний ефект та від'ємний економічний
18	1	-1	-1	Екологічний ефект та від'ємні економічний та соціальний ефекти
19	-1	0	0	Лише від'ємний екологічний ефект
20	-1	0	1	Соціальний ефект та від'ємний екологічний
21	-1	0	-1	Від'ємні екологічний та соціальний ефект
22	-1	1	0	Економічний ефект та від'ємний екологічний
23	-1	1	1	Економічний, соціальний ефект та від'ємний екологічний
24	-1	1	-1	Економічний ефект та від'ємні екологічний та соціальний
25	-1	-1	0	Від'ємні екологічний та економічний ефекти
26	-1	-1	1	Соціальний ефект та від'ємні екологічний та економічний
27	-1	-1	-1	Від'ємні всі ефекти (утопічна точка)

Для встановлення координат кожної точки необхідно перш за все визначитись з критеріями та індикаторами кожного з показників.

За пріоритетами, всього може бути *шість* ( $2 \cdot 3 = 6$ ) стратегій розвитку підприємства:  $yxz$  та  $uxz$  – сьогодинішній стан (пріоритет – економічний ефект),  $хуz$  та  $хzu$  (пріоритет – екологічний ефект)  $zux$  та  $zхu$  – вибір на майбутнє та соціальну відповідальність бізнесу (пріоритет – соціальний ефект).

Якщо на вході відома важливість кожної з трьох наведених цільових функцій і нам необхідно зробити вибір між критеріями, критерій оптимальності можна визначити за лексикографічним порядком. Лексикографічна впорядкованість вимагає ранжування критеріїв у тому сенсі, що оптимізація за критерієм з нижчим пріоритетом можлива лише тоді, коли було досягнуто оптимум для попередніх критеріїв. Це означає, що перший критерій має найбільший пріоритет, і лише у випадку існування декількох розв'язків за цим критерієм, буде пошук розв'язків за другим та рештою критеріїв. Існування ієрархії серед критеріїв, дозволяє розв'язувати лексикографічні задачі послідовно, крок за кроком мінімізуючи за кожним наступним критерієм, та використовуючи оптимальні значення попередніх критеріїв як обмеження.

Можна виділити такі основні показники, які безпосередньо впливають на ІСЕЕЕ:

1. *Екологічні (x)*: безпосередні витрати на охорону природи, очистку повітряного та водного басейнів, земель і інших компонентів природного життєвого середовища; витрати на своєчасне відтворення якості порушеного деструктивними змінами природного життєвого середовища; збитки, пов'язані з незворотними негативними змінами у природному середовищі, кількості та якості природних ресурсів; збитки, пов'язані з необхідністю резервування для природоохоронних цілей об'єктів природи, які могли б експлуатуватися і приносити реальний економічний ефект; податкові витрати у зв'язку з освоєнням природних ресурсів у щораз гірших умовах і ресурсів, віддалених від центрів безпосереднього споживання; підвищені витрати на переробку вторинних і низькоякісних сировинних ресурсів (відходів) у товарну продукцію з метою економії кондиційної сировини; витрати на розширене відтворення відновних природних ресурсів, а також на пошук і створення заміників використаних невідновних ресурсів; загальні витрати на фундаментальні і прикладні науково-дослідні та проектно-конструкторські роботи в галузі охорони природного життєвого середовища та раціонального використання природних ресурсів, формальної та неформальної екологічної освіти і виховання; збір за забруднення навколишнього природного середовища (викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними і пересувними джерелами забруднення; скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти та у системи каналізації; розміщення відходів; утворення радіоактивних відходів (включаючи вже накопичені); тимчасове зберігання радіоактивних відходів їх виробниками).

2. *Економічні (y)*: маркетингова (обсяг продажів, частка ринку, імідж компанії); фінансова (ефективність використання фінансових ресурсів, відповідність фінансових дій економічному стану та можливостям, визначення загроз); виробнича (витрати на виробництво продукції, якість продукції, якість виробництва, відповідність пропозиції попиту).

3. *Соціальні (z)*: показники умов праці (рівень травматизму, рівень професійних захворювань, рівень тимчасової непрацездатності); показники культурних і соціально-побутових умов (рівень забезпеченості житлом, час оборотності черги на отримання житла, забезпеченість харчуванням, забезпеченість оздоровчими таборами, забезпеченість базами відпочинку); показники соціальної ста-

більності (рівень стабільності кадрів, рівень культурно-масової роботи, рівень спортивної діяльності, рівень освіти і кваліфікації, рівень професійної підготовки); показники стану виробничого середовища;

Інтегральний показник результатів соціального розвитку підприємства може бути виражений відношенням суми значень показників до їх кількості.

Соціальну функцію підприємництва (зазвичай в обороті використовують такі категорії як «соціальна відповідальність бізнесу», «корпоративна соціальна відповідальність») оцінюють за допомогою соціального аудиту.

Подальша оптимізація можлива методами багатокритерійної оптимізації (як процесу одночасної оптимізації трьох конфліктуючих цільових функцій).

Таку оптимізацію здебільшого проводять на основі знаходження такого стану системи, при якому значення кожного окремого критерію, що описує стан системи, не може бути покращено без погіршення становища інших елементів Оптимуму Парето). Цей принцип, за словами Вільфредо Парето проголошує: «Слід вважати, що будь-яка зміна, яка нікому не завдає збитків і яка приносить людям користь (за їх власною оцінкою), є поліпшенням». Таким чином визнається право на всі зміни, які не приносять нікому додаткової шкоди. Ситуація, коли досягнута ефективність за Парето – це ситуація, коли всі вигоди від змін вичерпані.

Якість знайденогорозв'язку можна оцінити з допомогою таких точок: ідеальна точка (кожна з координат має оптимальне значення відповідної складової цільової функції), утопічна точка (обчислена на основі ідеальної) та надір.

Значення інтегрального соціо-еколого-економічного ефекту звичайно буде змінюватись у часі, тому його необхідно періодично перераховувати або використовувати для його відображення чотириохвимірні функції та площини (гіперкуб, тесеракт, тетракуб).

## 1.2. Сутність поняття «сталі екосистеми»

У процесі історичного розвитку сформувалося чотири головних підходи до поняття «сталі ліси». Звичайно, дискусії щодо цих підходів все ще тривають між дослідниками різних галузей (таблиця 1.2). Жоден з наведених підходів не є кращим за інші, оскільки кожен з них все ще викликає суперечки в наукових колах. Однак, четвертий підхід є поєднанням попередніх трьох і таким чином є найцікавішим з аналітичної та політичної точок зору. Одним з головних завдань, які стоять сьогодні перед світовою лісовою галуззю, є глибоке розуміння, вірне трактування кожного підходу, а також змога переконливо пояснити різницю між ними.



Характеристики підходів до менеджменту лісових екосистем

Характеристика	Підхід			
	1. Сталий врожай (sustained yield)	2. Багатоцільове використання сталого врожаю (multiple use-sustained yield)	3. Природно-функціонуючі лісові екосистеми (naturally functioning forest ecosystems)	4. Сталі екосистеми «людина-ліс» (sustainable human-forest ecosystems)
Відносини людина-природа	Людина домінує над природою		Людина значною мірою ігнорується	Людина і природа співіснують
Враховання потреб населення у плануванні	Не явне; деколи у попиті на деревину	Не явне (деколи у попиті на товари та послуги лісу)	Немає	Визначальні в контексті охорони довкілля
Виходи та стани лісової екосистеми	Комерційна деревина	Деревина, водні ресурси, корм, рекреація, жива природа	Лісові композиції, структури та процеси; природні види	Все перелічене

*Підхід 1: Сталий врожай комерційної деревини.* У традиційному менеджменті лісових ресурсів основою забезпечення рівномірних потоків деревної продукції виступала організація системи власності на лісові ділянки.

Для глибшого розуміння того, чому ідея рівномірного потоку деревної продукції так міцно укорінилась у світогляд та наукові дослідження необхідно звернутись до їх витоків, а саме німецьких лісівників ХІХ століття. У ті часи переважна більшість лісів Німеччини була у державній власності і зазнавала інтенсивного лісокористування протягом століть. Для уникнення виснаження лісових запасів було запропоновано забезпечувати її рівномірні потоки. Пізніше, головною ціллю лісової політики у більшості країн Європи стала самодостатність виробництва деревини, головним економічним принципом стає стабільність.

Всі ці фактори допомогли створити психологічний клімат в якому організація лісу ототожнювалася з врожаєм у регульованому лісі і стала взірцем менеджменту лісів Європи того часу.

Відомі науковці зі США Бернард Фернов, Карл Шенк та Гіффорд Пінчот отримували лісівничу освіту у Німеччині, де теорія «регулювання лісу» була у zenіті, навколо якого організовувалося ведення всього лісового господарства. Тому ця ідея була перенесена до США без жодних змін.

Небезпека повної втрати деревних ресурсів спричинила виникнення Європейської ідеї забезпечення безперервного потоку деревини. Крім того, розуміння можливості такої втрати викликало необхідність створення професії лісівника, сповільнення темпів приватизації лісів та появи національних лісів. Не-

обхідність забезпечення виробництва безперервним потоком деревини слугувала інтелектуальним базисом для створення нової лісівничої професії, а надмірна вирубка та нестача деревини стала політичним базисом для створення національних лісів.

«Сталий врожай» лісових ресурсів у цьому контексті забезпечувався такими обмеженнями на рубку та збір, які б протягом тривалого (нескінченного) проміжку часу забезпечували постійний потік ресурсів та їх репродукцію. Лісовий менеджмент зосереджувався на врожаї екстенсивного природного лісу. Згідно цього підходу, врожай повинен бути рівномірним і постійним, а ліс завжди повинен надавати однаковий об'єм ресурсів. Однак, застосування цього підходу сильно обмежувалося державними лісами, оскільки на приватних територіях вирощування деревини в цілому не було прибутковим. Підхід «сталого врожаю» був єдиним і беззаперечним до 60-х років минулого століття.

Європейська освіта американських лісівників у поєднанні з занепокоєнням дефіциту деревини спричинили таке лісове регулювання в якому забезпечувалось безперервне виробництво лісових ресурсів. Різниця у менеджменті лісових ресурсів між Європою та США була зумовлена тим, що більшість американських лісозаготівельних потужностей на відміну від європейських були приватними, тому при прийнятті управлінських рішень тут здебільшого домінували критерії, базовані на витратах та прибутках.

Крім того, більшу частину врожаю у США на межі XIX та XX століть отримували з великих стиглих та перестійних природних лісів, тобто отримання значних кількостей деревини не вимагало відповідних інвестицій. Таке лісокористування не вимагало складних управлінських рішень та моделей, однак високі рівні лісозаготівель значно перевищували приріст ділової деревини, що не змогло забезпечити сталий врожай у довгостроковій перспективі.

Менеджмент лісокористування за підходом сталого врожаю досі є дискусійним, оскільки навіть сьогодні на практиці менеджмент лише декількох невеликих лісових ділянок дійсно досяг «повністю регульованого» стану, в якому приріст рівний врожаю. Більше того, невеликі лісовласники проводять рубки зрідка, а приватні ліси, у середньому, змінюють свого власника кожні десять років, що призводить до змін у лісокористуванні та спричиняє труднощі моніторингу і юридичного забезпечення вимог сталого лісокористування.

Сьогодні багато країн встановлюють правила лісокористування, які забезпечують збереження ґрунтового покриву, водних ресурсів та регенерацію зрубаних деревостанів на розумному рівні з діловою деревиною. Виконання лісокористувачами цих правил покладено на державні служби незалежно від форм власності на ліси. На практиці, набагато простіше контролювати дотримання вимог та проводити моніторинг росту лісів ніж відстежувати та оцінювати врожай з плином часу.

*Підхід 2: Багатоцільове використання сталого врожаю.* У середині XX століття швидкий розвиток економік США та Європи та, відповідно, зростання добробуту та мобільності населення призвели до різкого зростання попиту на рекреацію, особливо на територіях державних лісів. Конкуре-

нція між лісовою продукцією та послугами у всіх державних лісах стає очевидною. Розпочинаються перші громадські протести проти суцільних рубок у лісах всіх форм власності.

У 1960 році у США був прийнятий Акт багатоцільового використання сталого врожаю (The Multiple Use-Sustained Yield Act), який офіційно узаконив інші виходи лісокористування (окрім існуючих деревини та води) як цілі національного лісового менеджменту. До таких виходів віднесли рибу, диких тварин, корми та рекреацію. Тобто ліс перестали розглядати лише як сукупність дерев, а сукупність дерев – лише як деревину. Ландшафт, ґрунт і вода, трава та чагарники, риба та дикі тварини стають частинами багатоцільового лісокористування. З прийняттям цієї парадигми виходи лісових ресурсів поповнюються ще й такими послугами як розвинута та нерозвинута рекреація, візуальна якість, рекреаційне рибальство та мисливство, підвищена турбота про якість води.

Задоволення попиту на деревину призвело до інтенсифікації менеджменту у лісах приватної та державної власності та започаткувало подальші протиріччя. Завдяки зростанню цін на деревину, вдосконаленню податкових структур та покращенню протипожежного захисту значно зросли довгострокові приватні інвестиції у живі дерева на ділянках лісової промисловості. Лісорозсадники (tree farming) стають доміантними у лісовому менеджменті багатьох великих та малих приватних лісів, разом з визнанням власниками того, що громадськість заінтересована не тільки у деревині а й у наборі товарів та послуг з ділянки лісу. Лісовий менеджмент на державних землях наслідував цей приклад, часто повторюючи інтенсивний менеджмент приватних лісів.

Значний інтерес починають викликати процеси прийняття рішень для знаходження кращих наборів виходів виробництва на приватних і державних землях. Економічний аналіз розглядають як найкращий спосіб оцінки та розподілу ресурсів у бізнесі та управлінні. Базові позиції лісової економіки стають необхідними для спеціалістів лісового господарства, особливої уваги заслуговують питання розподілу та багатоцільового використання лісових ресурсів. Для нормування земель та бюджетів, вирішення земельних конфліктів, знаходження компромісів та вартісної оцінки різних типів використання лісових земель використовують такі інструменти як: аналіз вигід і витрат, рентабельність капіталовкладень, математичне програмування (здебільшого лінійне), теорія спільного виробництва

Головною ціллю лісового господарства та лісових шкіл стає багатоцільове використання сталого врожаю. Врахування цієї нової парадигми відбувалось шляхом перегляду існуючих лісових програм, підходів та підручників (лісівництво, екологія, рекреація, рибальство, менеджмент водних ресурсів, ландшафтна архітектура тощо) та зміні акцентів у законодавстві та лісовому господарстві загалом.

Наприклад, розроблені Лісовою службою США повністю інтегровані 100-річні стратегічні плани для всіх національних лісів втілили у практику лісокористування емпіричні, аналітичні та наукові можливості. Впроваджен-

ня цих планів стало рушійною силою об'єднання декількох сценаріїв багатопільового використання сталого врожаю у нових реаліях наближеного до природи лісокористування.

*Підхід 3: Природно-функціонуючі лісові екосистеми.* Цей підхід бере за основу відносини людини і природи, дозволяючи лісу, в максимальній можливій мірі, розвиватись самостійно, без істотного антропогенного втручання. Прийняття натуралістичної системи цінностей передбачає, що все, що робить природа, краще, ніж те, що робить людина, тобто перспективу повного домінування природи над людиною. Типовими позиціями лісової політики стають: створення парків та природних резерватів; виключення боротьби зі шкідниками лісу, хворобами та пожежами; загальне скорочення лісогосподарської активності.

На відміну від попередніх підходів, у яких лісівники намагалися забезпечити ефективний менеджмент та мудре використання лісових ресурсів, природно-функціонуючі лісові екосистеми повинні гарантувати захист природної краси територій від використання. Головними стають рекреаційні та духовні цінності.

У другій половині ХХ століття у розвинутих країнах потужний екологічний рух спричинив прийняття значної кількості природоохоронних законів, які були покликані змінити попередні акценти лісової політики щодо використання природних ресурсів для економічного розвитку. Прийняті закони діють і сьогодні, вони відразу ж позначились на процесах прийняття рішень шляхом участі у них місцевих громад та розробки інтегрованих планів міждисциплінарними групами.

З іншого боку, швидкий розвиток та зростання кількості екологічних наук (екологія, біоекологія, геоекотологія, екологія с/г, екологічний моніторинг, менеджмент та аудит, медична екологія, ядерна і радіаційна безпека та радіобіологія), забезпечив збереження природних екосистем і їх генетичного вмісту, до того як вони будуть остаточно втрачені. Зростаюча політична цінність екологічних проблем призвела до нових політичних рішень.

Одним із шляхів вирішення проблем збереження лісів, запропонованих здебільшого науковцями-біологами, було створення великих охоронних територій, в яких природні процеси могли б проходити без відчутного антропогенного втручання. Такі території призначені для захисту та підтримки біологічного розмаїття та природних ресурсів, забезпечення освітніх цілей прикладами природних лісових процесів та слугує альтернативою інтенсивного лісокористування на інших ділянках лісу.

Міжнародним законодавчим підґрунтям створення природоохоронних територій стала Стокгольмська декларація Конференції ООН з питань навколишнього середовища (1972 рік), у якій наголошувалося на тому, що захист зразків усіх головних типів екосистем повинен бути фундаментальною вимогою національних програм охорони природи. З того часу охорона таких екосистем стала основним принципом створення біологічних заповідників, що отримали підтримку кількома міжнародними договорами та резолюціями ООН – зокрема Світовий природний протокол 1982 року, Декларація Ріо-де-Жанейро 1992, і Йоганнесбургська декларація 2002. Українське законодавство визначає типи природоохоронних територій дещо інакше, хоча і зберігає основні принципи.

Сьогодні Міжнародний союз охорони природи (International Union for Conservation of Nature, IUCN) виділяє шість категорій охоронних територій:

I. Заповідник суворого режиму (Ia – біосферний заповідник, Ib – дика територія) – територія з найвищим рівнем захисту, що охороняється для збереження екосистеми та наукових досліджень.

II. Національний парк – охоронна територія, призначена переважно для захисту екосистеми і екологічного туризму.

III. Пам'ятка природи – охоронна територія, призначена переважно для збереження специфічних особливостей природи.

IV. Заказник – територія для охорони окремих видів: охоронна територія, призначена переважно для охорони окремих видів, часто з навмисним втручанням в екосистему.

V. Охоронний рельєф – охоронна територія, призначена переважно для захисту рельєфу/ландшафту та туризму.

VI. Територія контрольованого природовикористання – охоронна територія, призначена переважно для довготермінового економічного використання природної екосистеми.

У XXI столітті важко знайти повністю «природні» території. Багато прихильників цього підходу хочуть, щоб ліси склалися лише з великих стиглих та перестійних первісних деревостанів. Вони не сприймають великомасштабні збурення, які історично створили такі території.

Цей підхід досі є популярним серед багатьох заінтересованих осіб, невдоволених значними темпами лісозаготівель, суцільних рубок та інтенсивним лісозористуванням.

*Підхід 4: Сталі екосистеми «людина-ліс».* Стрімке зростання судових позовів та проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля наприкінці XX століття призвели до появи нового підходу, який інтегрував всі попередні точки зору. Сьогодні такий підхід називають: «сталі екосистеми «людина-ліс» (sustainable human-forest ecosystems) або «стале лісове господарство» (sustainable forestry) та «менеджмент екосистем» (ecosystem management), однак схвалення концепції «менеджменту екосистем» на державному рівні багатьох країн передбачає перш за все її глибоке розуміння та комплексне використання.

Більшість понять щодо природно-функціонуючих лісових екосистем (підхід 3) актуальні і у цьому підході. Головною його відмінністю є врахування того, що людські популяції постійно розвиваються в лісі або поруч з ним і їх потреби та відношення до лісових ресурсів постійно змінюються. Цей підхід передбачає обґрунтоване і кероване співіснування людини та природи. Він також базується на прагматичному факті, що ліси на відміну від людей не приймають рішень щодо лісозористування. Найважливішим показниками цього підходу є прогнозування розвитку людських популяцій і демографії та вимірювання і прогнозування стану природних екосистем.

Сьогодні існує багато різних визначень цього підходу, кожне з яких відображає конкретні перспективи наукової школи або агентства. Спільною рисою всіх сучасних визначень є те, що це певна філософія, яка намагається відповідати хитким цінностям суспільства та пріоритетам лісів. Ці цінності включають в

себе колишню утилітарну мету максимальної продуктивності деревостанів, до якої додається вимога захисту та відновлення важливих екологічних структур, функцій та процесів у тривалому часовому горизонті.

Акцент на сталості лісових екосистем збільшує заклопотаність лісокористувачів природними процесами, біорозмаїттям та стійкістю лісових екосистем, як частини великих ландшафтів, котрі здебільшого охоплюють декілька лісових ділянок різних власників.

Головна зміна в лісовому мисленні базованого на екосистемному менеджменті полягає у відмові від концепції сталого потоку деревини як універсальної домінуючої мети і заміни парадигми з управління системою в цілому на управління її підсистемами для різних цілей.

У той час як лісове господарство завжди зацікавлене у підтримці розподілу лісових умов (як в «регульованому лісі») для підтримки бажаних лісових виходів з плином часу, ця точка зору розширює перелік бажаних результатів і лісових умов шляхом врахування більшої кількості елементів функціонування екосистем, процесів і структур. Також, якість і просторовий розподіл місць проживання диких тварин багатьох видів в лісовому ландшафті, особливо немисливських видів, які, в свою чергу, є важливими змінними стану екосистеми. Необхідно також відмітити, що критерії оцінки стійкості екосистеми сьогодні це недостатньо вивчені, особливо коли у функцію мети включені всі аспекти стійкості.

### 1.3. Системний підхід до менеджменту екосистем

Використання системного підходу для передбачення поведінки та керування складними об'єктами, використовують у різних галузях. У 1935 році видатний англійський еколог сер Артур Тенслі у своїй праці «Правильне і неправильне використання ботанічних термінів» вперше ввів термін «екосистема», цим самим наголосивши на тому що сукупність організмів що зосереджені у певному біотопі є саме системою, з її складовими елементами і особливостями, з єдиною історією і здатністю до узгодженого розвитку. Реймонд Ліндман з Університету Міннесоти у 1942 році надав сучасне визначення терміну «екосистема», як сукупність живих організмів, які пристосувалися до спільного проживання в певному середовищі існування, утворюючи з ним єдине ціле.

Системний підхід виявився надзвичайно корисним для вивчення взаємодії великої кількості живих організмів в межах певних груп. Такі групи називають станціями, модулями або підсистемами і кластер таких підсистем розглядають як систему.

Екосистеми, як і будь-які системи, можна групувати та досліджувати за різними ознаками й критеріями. Наприклад, якщо нас цікавить як мікроби, комахи, дрібні ссавці, температура та вода взаємодіють з поваленими деревостанами, то такі деревостани разом з оточуючим їх середовищем можна визначити як екосистему, а всі перелічені компоненти як підсистеми. Якщо нас ці-

кавить те, як різні ліси, люди, океани та атмосфера впливають одне на одного, то планету Земля можна розглядати як екосистему, а різні країни, океани і т.п. – як підсистеми. Кожен рівень – дерево, деревостан, ландшафт і т.п. можна розглядати як підсистему більшої системи.

Будь-яка дія, яка відбувається у підсистемі може перетворити її входи на виходи. Наприклад, деревостан можна розглядати як підсистему і його зміна протягом скінченного проміжку часу може бути описана функцією його росту, природними чи людськими збуреннями.

Вуглекислий газ та сонячне випромінювання на вході підсистеми спричиняють на виході збільшення обсягу кисню (якщо приріст перевищує порушення), об'єму деревини, зміну породної структури та інших факторів. Такі дії чи зміни називають діяльністю, процесами або функціями.

Входи та виходи кожної підсистеми можна розглядати як події, шаблони або структури. Наприклад, на вході у підсистему ландшафту можуть бути відкриті структури декількох різних деревостанів та великий об'єм заготовленої деревини. Виходами ж такої підсистеми можуть бути відсутність біорозмаїття через недостатню кількість закритих і складних лісових структур, велику кількість відкритих структур та надто великі обсяги лісозаготівлі. Звичайно, так як і декомпозицію підсистем, доцільно деколи робити і композицію чи групування підсистем. Наприклад, коли кожен деревостан розглядається як підсистема, деколи доцільніше описувати належність цих деревостанів до певних структур чи порід і такі укрупнені та згруповані структури вже розглядати як виходи підсистеми.

Так само, якщо розглядати ландшафт як підсистему, у певних випадках краще описувати належність елементів ландшафту до різних гільдій або груп видів, які у свою чергу можуть стати виходами такої підсистеми.

Досить часто у підсистемах різних рівнів лісу чи лісової політики присутні скоординовані географічні райони з різними гільдіями та видами. У таких випадках доцільно перегрупувати життєздатність гільдій природних для кожного району у нову підсистему «біорозмаїття».

Побудова системи відбувається таким чином, що виходи однієї підсистеми є входами іншої. Наприклад, виходи кожної компоненти підсистем «вікова структура», «породна структура», «об'єми лісозаготівель», «ризик виникнення лісових пожеж», «середовище існування» тощо, можуть бути входами у підсистеми «розподіл існування видів», «показники біорозмаїття», «потoki деревини», «загальний ризик виникнення пожежі» тощо. Так само, входи підсистеми «національна політика» є сировинними (наприклад, деревина) та несіровинними (наприклад, біорозмаїття) оцінками кожного регіону і можуть бути входами для інших сегментів суспільства – сільське господарство, видобувна промисловість, торгівля, оборонна промисловість і т.п.

При використанні системного підходу необхідно перш за все визначитись з тим, які об'єкти та входи/виходи потрібно згрупувати у підсистеми щоб виходи одних підсистем були входами інших. Внутрішні структури таких підсистем та їх входи/виходи можуть змінюватись залежно від рівня знань проєктувальника та використовуваної наукової школи. Подальше дослідження та вдосконалення спроектованої системи можливе з допомогою таких інструментів

як використання додаткових знань, зокрема із суміжних областей, адаптивний менеджмент та додаткові дослідження. Значне вдосконалення організації та управління лісовими ресурсами та політикою відбулися завдяки глибокому розумінню створюваних систем, а відтак відповідало «зміні парадигми».

Перша парадигма полягала у тому, що ліси не є «замкненими системами» до початку антропогенного втручання. Вважалося, що «закритий ліс» існує у стійкому стані в якому всі входи підсистем є виходами інших підсистем системи. Відповідно, передбачалося, що ніякого чистого входу чи виходу в цілому не існує. Будь-яке антропогенне втручання у ліс приймалося за зовнішній вхід, який є настільки незвичним для системи, що в корені змінює всі побудовані взаємозв'язки у лісі. Однак, наукові праці останніх десятиліть довели некоректність такого припущення. Надзвичайно важливим питанням є забезпечення сталості (sustainability) екосистеми, тобто здатності екосистеми зберегти свою структуру і функціональні особливості при дії зовнішніх факторів.

Ліси не є «замкненими системами», оскільки на вході вони завжди знають впливу таких факторів як зміни клімату, міграція видів та природні збурення які спричиняють зміни входів системи порівнявані (якщо не значніші) з антропогенним втручанням. Тому потрібно враховувати вразливість (vulnerability) екосистеми, як можливого розміру збитків чи шкоди системи від зміни клімату, що залежить від здатності системи адаптуватись до нових кліматичних умов.

Друга парадигма (обмеженого зростання і холістичного розвитку), базується на розумінні того, що зростаюча кількість населення світу та скінченність природних ресурсів скоро призведе до масового голоду та зменшення кількості цих ресурсів, як це було прогнозовано раніше [182]. Всупереч поширеній думці, теорія меж зростання не передбачала краху суспільства до кінця ХХ століття, а надала поштовх до подальших досліджень, які, в свою чергу, спрогнозували три головні сценарії розвитку людства у ХХІ столітті.

Перший сценарій стандартного перебігу подій (standard run), коли виробництво зростає як і зростало, просто ігноруючи негативні ефекти, які воно спричиняє. Другий сценарій – комплексної технології (comprehensive technology) відповідає світовим системам з новими та маловідходними технологіями, які б поступово застосовувалися у всьому світі. Третій сценарій – стійкого стану (steady state) передбачає світові системи з застосуванням нових механізмів ціноутворення, які б враховували екологічні витрати і тим самим зрівноважували темпи економічного зростання. Аналіз тенденцій розвитку людства за останні десятиліття дозволяє стверджувати, що сьогодні реалізується перший сценарій. Потрібно визнати, що у світі немає спільної політичної волі та дієвих економічних важелів, які б змінили напрямок розвитку. Прогнозуючи існуючі тенденції розвитку людства приходимо до глобального колапсу у середині ХХІ століття рис. 1.3 [182].



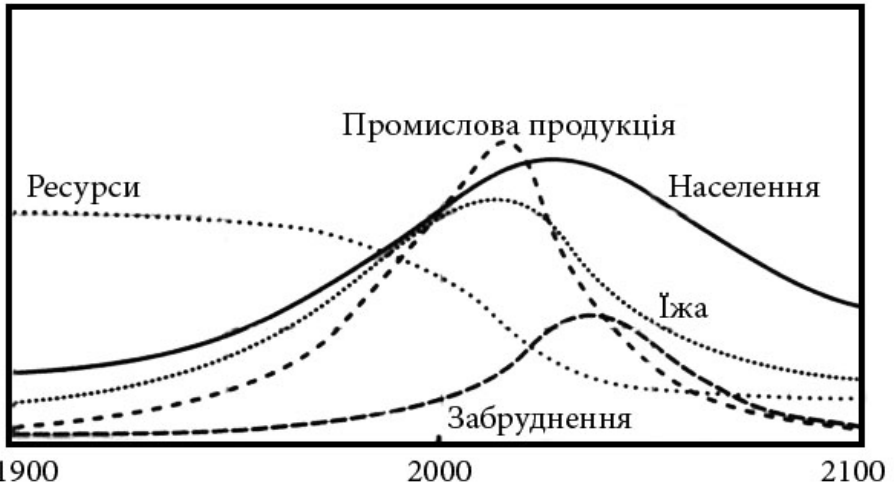


Рис. 1.3. Прогноз глобального колапсу, при умові розвитку людства за сценарієм «стандартного перебігу подій»

Сьогодні людство увійшло у такий період свого розвитку, коли стало реальною передбачення В.І. Вернадського про те, що господарська діяльність людини здатна поставити планету на грань глобальної екологічної катастрофи [66]. Економічний і соціальний розвиток суспільства зайшов у явну суперечність з обмеженими можливостями природи. Тому, при моделюванні екосистем потрібно враховувати що:

- розвиток повинен бути систематичним, багатоаспектним і взаємозалежним, щоб жоден елемент системи не міг зростати за рахунок інших;
- несуперечливість світу повинна бути гарантована координацією цілей;
- головний аспект має зосереджуватися на якості розвитку, забезпеченні зростання добробуту людської особистості [66].

Однак постійне вдосконалення технологій та економік створює «ресурси» з матеріалів та речей, які раніше вважались непотрібними з одного боку та сповільнює темп зростання населення планети з іншого. Тому, на практиці, кількість населення може стабілізуватись, а ресурси можуть виявитись не настільки обмеженими протягом наступних декількох десятиліть.

Розуміння та сприйняття науковцями, політиками та суспільством таких змін у способі мислення та організації систем зазвичай потребує багатьох років. Під час зміни парадигми часто виникає плутанина, тому що різні люди розглядають систему з різними припущеннями (ментальними моделями) та парадигмами.

Деякі науковці та практики розглядають екосистеми виключаючи антропогенний вплив та діяльність або повертаються до «природних» екосистем, як таких які не мають людського впливу. Всі ліси зазнають впливу антропогенних

входів та виходів. Входи містять зростання рівня вуглекислого газу, як результату спалювання викопного палива. На виході отримуємо деревну та недеревну продукцію лісу. Інші ліси, які виключені з головного користування також надають такі виходи як «існування» (цінування того, що деякі ліси все ще існують без очевидного людського втручання) для людей які можливо навіть ніколи і не відвідають їх. Менеджмент у якому виключена людська діяльність буде вимірювати людські входи нулем, але моделювання екосистем повинне забезпечувати ефективне розуміння та управління, включаючи антропогенний вплив.

Останнім часом все більшого поширення набуває поняття *пружності екосистем* (ecosystem resilience), під яким розуміють здатність екосистем реагувати на збурення чи хвилювання, протистояти пошкодженням та швидко відновлюватись (гомеостаз). Такі збурення та хвилювання можуть бути випадковими явищами, такими як пожежі, повені, урагани, зростання популяцій шкідників та антропогенним втручанням (знеліснення та створення екзотичних плантацій і видів тварин). Значні та тривалі збурення можуть спричинити незворотній вплив на екосистему. Внаслідок таких збурень екосистема досягне порогу, за яким у ній почнуть переважати інші режими процесів та структур.

Антропогенна діяльність, така як: зменшення біорозмаїття, експлуатація природних ресурсів, забруднення довкілля, землекористування та зміна клімату негативно впливає на пружність та змін режимів екосистем. Здебільшого такий вплив спричиняє послаблення та деградацію екосистеми.

Міждисциплінарний дискурс щодо пружності сьогодні включає визнання взаємодії людської діяльності та екосистем з допомогою соціо-екологічних систем та необхідності зміни парадигми з досягнення максимального сталого врожаю на такий менеджмент довкілля, який би забезпечував побудову екологічної пружності з допомогою аналізу пружності, адаптивного менеджменту ресурсів та адаптивного управління.

Визначальним принципом сучасних досліджень екосистем повинне бути глобальне бачення досліджуваних проблем з врахуванням зростаючих взаємозв'язків і взаємозалежностей.

#### **1.4. Еколого-економічна ефективність багатоцільового використання лісових ресурсів**

У сучасному індустріальному світі цінність лісів постійно зазнає значних змін. З одного боку ліси та лісова продукція необхідні для задоволення первинних людських потреб. З іншого – цінність благ та послуг лісів зростає разом із збільшенням доходів населення. У розвинених країнах сьогодні лісовий потенціал цінують за послуги рекреації та туризму, воду (кількість та якість), можливості відпочинку, біорізноманіття та лісову продукцію [19].

Усвідомлення важливості послуг лісової екосистеми, таких як виробництво кисню, поглинання вуглецю, гідрологічні цикли, підвищило ступінь занепокоєння людства проблемою збереження лісів до тієї межі, що такі питання роз-

глядають останнім часом на міжнародному рівні під час Всесвітніх самітів, конференцій та форумів.

Різновиди лісових благ і послуг, соціальних цінностей та можливість їх економічної оцінки визначальним чином впливають на вибір лісової політики. Ці детермінанти лісової політики впливають на вибір традиційних лісових політик та відіграють важливу роль для розробки та вибору нових інструментів досягнення цілей сталого лісокористування та багатоцільового використання лісового потенціалу [19].

Сьогодні існує багато класифікацій благ та послуг, які надає ліс. Зокрема, всі блага та послуги екосистем можна розділити на категорії, що базуються на правах споживання (конкурентності) та виключності [238]. Виключні – це інституційна категорія благ, яка базується на державних, релігійних чи інших особливостях, які дають змогу конкретній особі захищати своє право власності. До конкурентних відносять блага, споживання яких однією особою забороняє одночасне споживання цих благ іншою особою. Неконкурентне благо – це благо або послуга, під час споживання якого особа не впливає на можливості споживання цього ж блага іншими особами [185].

Ресурси загального вжитку, такі як відкритий простір, повітря, вода, споживає кожна особа окремо, але важко виключити кого-небудь із споживачів і стягувати плату за користування цими благами (вони є конкурентні, але не виключні). У результаті цього ресурси загального вжитку можна використовувати до моменту їх повного виснаження, або до моменту, коли вартість видобування не досягне рівня корисності індивіда від споживання цього ресурсу.

Колективні блага споживають одночасно багато осіб, вони є неконкурентними і не виключними. Обмеження споживання або стягування плати за споживання цих благ є неможливими або важко здійсненними. Прикладами таких благ є національна оборона, контроль лісових пожеж, краса пейзажів, боротьба з комахами-шкідниками та епідеміями. Загалом ці блага недостатньо забезпечені у чисто ринковій економіці, тому певний рівень їх регулювання покладається на державний сектор.

На вибір механізму розміщення та захисту ресурсів, окрім природи благ, впливає і низка інших факторів (природних чи антропогенних, передбачуваних чи непередбачуваних). Вибір типу лісової політики покладається на ринок або державу.

Найчастіше для оптимального розміщення та захисту ресурсів надають перевагу правам приватної власності. Приватна власність на лісові ділянки є визначальним фактором у визначенні цілей використання лісового потенціалу та ролі ринків і держави у процесі розміщення ресурсів. Сьогодні близько 80% лісів світу перебуває у державній власності. Цей показник суттєво різниться, наприклад: 90% лісів півдня США перебувають у приватній власності; близько 94% лісів Азії та Африки перебувають у державній власності [150].

Право власності передбачає право володіння лісом, тобто можливість використовувати, контролювати та розпоряджатись власністю, земельними ділянками чи продуктами, які є на цій земельній ділянці. Права володіння є часто ексклюзивними, але дуже рідко абсолютними. Право володіння впливає на мож-

ливість ринку розміщувати ресурси та захищати ліси від виснажливої експлуатації, тому воно може допомогти інтерналізувати зовнішні ефекти від виснажливого використання лісів [228].

Фіаско ринку може призвести до втручання з боку держави. Це може також бути пов'язано із природою суспільних та колективних благ і екстерналіями (позитивними і негативними), що створюють ці блага. Екстерналії виникають, коли побічні ефекти від споживання чи виробництва благ не включаються у ринкову ціну продукції [235]. Фіаско ринку також може включати недосконалу конкуренцію, або недостатність інформації, що спотворює результати діяльності ринку. Екстерналії є головною причиною, внаслідок якої необхідним є втручання держави для розвитку регулятивної лісової політики та ініціативних програм. Ці програми включають спроби припинення забруднення та контроль ерозії у процесі ведення лісового господарства, боротьбу з опустеленням шляхом насадження дерев, або запобігання скороченню обсягів деревини та забезпечення поставок промислової деревини за допомогою субсидування процесу лісових насаджень.

Економічна цінність благ та послуг, на наш розсуд, є надзвичайно важливим показником під час визначення обсягів виробництва благ та їх розміщення. Розміщення переважної більшості світових ресурсів визначають ринки. Деревина, недеревна лісова продукція, незаконні лісові продукти, продаж землі, інвестиції у плантації та інші лісові продукти сьогодні регулюються ринками.

Оцінити економічну вартість досить складно, оскільки необхідно врахувати альтернативні варіанти використання лісових земель, переваги лісокористувачів та застосовані методи оцінювання. Економічні цінності можна класифікувати кількома способами. Однією з класифікацій є використання вартості невикористання, яка може включати вартість видобування (сировинну вартість) та вартість невидобування (несировинну вартість) [219].

Сировинна вартість може включати деревину, мисливських тварин, підріст або незначні урожайні насадження. До несировинних вартостей належать *естетичні*: послуги рекреації, краса пейзажу, споглядання природних явищ у лісі та *середовищеві*: фільтрація (очищення) води, поглинання вуглецю – все це називають вартістю «пасивного використання». Вартість невикористання охоплює вартість існування (можна вважати, що сюди також належить вартість вибору та спадщини). Вартості невикористання не відображаються у ринкових цінах. Деякі вартості використання є торговельними або потенційно торговельними, коли всі інші вартості є неринковими. Вартість невикористання включає вартість вибору (готовність платити за майбутнє використання), вартість існування (вартість присвоєна ресурсу щодо факту його існування), або вартість спадщини (вартість збереження лісів для майбутніх поколінь) [219].

Досить часто виникає необхідність державного втручання у вибір інструментів лісової політики, коли природа благ та послуг перешкоджає адекватному ринковому розміщенню. Таке втручання необхідне для захисту лісів від пожеж, шкідників та епідемій (колективні блага), збору недеревної лісової продукції у державних лісах (суспільні блага) тощо. Взаємодія природи лісових благ та суспільних цінностей і можливості ринків забезпечувати ефективно та справедливо

ве ринкове розміщення визначають застосування конкретних інструментів лісової політики.

У наукових колах дедалі ґрунтовніше обговорюють інструменти лісової політики, починаючи з приватних ринків і державної власності до виробництва благ і послуг. Зокрема таких інструментів, як: регулювання, дозволи на торгівлю, податки, субсидії, права власності, закони міжнародної та національної політики і планування [149]. Посеред фінансових інструментів політики виділяють кредитні лінії, фонди довкілля, розвиток ринку, приватний капітал та благодійні гранти. Цей набір інструментів лісової політики можна інтегрувати у традиційні та тимчасові інструменти, що дасть змогу підвищити еколого-економічну ефективність використання ресурсів лісового потенціалу [242].

Надзвичайно важливим для підвищення ефективності багаточільового менеджменту є забезпечення належного рівня державного та приватного фінансування процесу використання лісового потенціалу. Тут можна виділити три типи лісових проектів: комерційні, соціальноспрямовані та довкільні (лісові проекти для захисту довкілля) [242].

Ці проекти класифікують виробництво або комерційні проекти як такі, що здійснюються для отримання прибутків приватним сектором. У минулому такі проекти фінансували здебільшого через державні субсидії, але зараз це не дуже часто відбувається, окрім певних податкових пільг, які отримують лісовласники по всьому світу. Соціальноспрямовані проекти зосереджуються на подоланні бідності та покращенні соціальної рівності через стимулювання росту доходів та зайнятості. Критерії рівності та бідності задовольняють дрібних власників та розвиток інституційного потенціалу громад. Метою довкільних проектів є забезпечення суспільних благ через довкільні послуги лісів. Мета цих проектів покращити процеси консервування та захисту ресурсів, а саме уникнути негативних ринкових екстерналій, або забезпечити ресурси більшим обсягом неринкових вартостей, таких як біорізноманіття, якість води та водно-болотні угіддя. Соціальні, довкільні проекти та політичні інструменти переважно контролює держава, а виробничу політику забезпечує приватний сектор.

Більшість країн мають різні рівні лісового регулювання і стандартів. Регулювання найчастіше спрямоване на лісовідновлення, кращі практики управління, кількість та якість водяних та болотистих угідь, розвиток рибальства та фауни, збереження біорізноманіття та видів, які перебувають під загрозою зникнення, забезпечення належної кількості деревини та інших лісових продуктів та боротьбу з незаконною лісозаготівлею. Регулятивні засоби охоплюють коло таких питань, як: безпека працівників, заробітна плата, перевезення вантажів, національна безпека та міжнародна торгівля. Часто регулювання сприймають як економічний інструмент, але регулювання може стати важким тягарем для деяких країн, спричиняючи витрати держави, істотні витрати власників і втрати ринкової ефективності. Регулювання без примусу рідко дає ефект [19].

Надзвичайно важливу роль серед інструментів лісової політики відіграє професійна освіта громадськості, землевласників, професіоналів, реєстраторів та всіх тих, хто таку політику формує. Загальноприйнятим є те, що переважна більшість витрат на таку освіту забезпечує держава. Державне

фінансування професійної освіти (повністю або частково) є благом, доступним для громадян більшості країн західного світу: США, Європа, Латинська Америка. Для регулювання кількості студентів у деяких країнах застосовують суворі екзамени та критерії для вступу, а в інших країнах – навпаки: поступити легко, але критерії оцінки навчання є досить жорсткими. Освіта та наука створюють інновації та знання і забезпечують основу для професійного управління та формування державної політики, як мінімум у довгостроковому періоді [196]. Лісові дослідження, особливо ті, що стосуються неринкових вартостей, часто виправдовують усі сподівання, оскільки вони є характеристиками колективних благ.

Захист лісів від пожеж є однією із найголовніших цілей лісової політики у країнах, що розвиваються. Захист від комах-шкідників та хвороб деревини став найважливішим моментом лісової політики з активним розвитком міжнародної торгівлі деревиною, у якій можуть бути патогени. У додаток до прямих патогенів інвазивні види стають екологічними суперниками, які можуть загрожувати місцевим видам.

Головним інструментом для підтримки лісових територій та лісового менеджменту в більшості країн є адекватне управління. Необхідним є захист лісів правоохоронними органами кожної держави від незаконного вирубування, продажу деревини та крадіжок. Крім того, для підтримки розвитку лісової галузі широко застосовують субсидії на засадження та вирубку деревини. Сьогодні існує багато типів таких субсидій, зокрема: загальні та часткові платежі (виплати) для засадження дерев, платежі, спрямовані на покращення деревостанів, усунення податку на прибуток із метою залучення інвестицій, коригування податку на власність з метою підвищення ефективності лісового менеджменту, платежі, спрямовані на заохочення консервації лісів і платежі, що заохочують діяльність у сфері ландшафтного та екосистемного менеджменту. Зазвичай ці виплати здійснює держава, але міжнародні банки та агентства з розвитку також забезпечують певні фонди.

Нові інструменти лісової політики здебільшого зосереджуються на багатоцільових елементах лісової політики, включаючи неринкові ресурси, соціальні та державні критерії, колективні та суспільні блага. Водночас, нові багатоцільові інструменти повинні узгоджуватись з обмеженими коштами державних бюджетів та відносно невеликою кількістю фахівців.

Незважаючи на вимоги чіткого розмежування власності, наймогутніший потенціал для економічно ефективного розміщення ресурсів забезпечують ринки збуту, оскільки вони мінімізують використання ресурсів та витрат і дають змогу використовувати лісові ресурси з меншою вартістю.

За останні два десятиліття розвинулось багато нових підходів ринкової політики щодо підвищення еколого-економічної ефективності багатоцільового використання лісового потенціалу з різними рівнями державного втручання. Зокрема, для пошуку та перевірки стану захисту лісів та лісового менеджменту використовують лісову сертифікацію, сертифікати на зменшення впливу від лісозаготівлі, сертифікати походження товару, міжнародний банкінг, перевірки позик та інші підходи [19].

Ринки також використовують для впровадження нових нетрадиційних інструментів політики, таких як: торговельні права розвитку, послаблення консервації, платежі на право захисту, платежі біорозвідки, виробництво недеревної лісової продукції, екотуризм, платежі за викиди вуглецю, за послуги довкілля та за деградацію довкілля. Вуглецеві винагороди є міжнародними субсидіями або фінансовими ініціативами, які допомагають послабити процес зміни клімату шляхом зберігання вуглецю у природних резервуарах. Ринки для зберігання вуглецю (наприклад, плантації дерев або процеси запобігання обезлісненню) є перспективними, відповідно до умов Кіотської протоколу.

Інструментами для оцінювання стану та сталості лісів на національному та регіональному рівнях є критерії та індикатори сталого лісового менеджменту. Міжнародні та регіональні критерії сталого лісового менеджменту і критерії та індикатори процесів використовують для характеристики сталого лісового менеджменту, узгодження процесів збирання, зберігання та поширення даних (інформації), дослідження та оцінювання тенденцій зміни лісових умов, інформаційного супроводу процесів прийняття рішень [149].

Сучасна лісова політика допомагає визначити головні тенденції догляду, використання та захисту лісів. За останні десятиліття управління лісами на засадах сталого розвитку дедалі більше підпорядковується парадигмі, яка стверджує, що ми повинні мати за мету підтримання економічних, екологічних і соціальних цінностей. Це означає, що лісова політика повинна забезпечувати набір багатоцільових благ та послуг. Природа розвитку цілей сталого лісівництва потребує удосконалення інструментів лісової політики для розвитку багатоцільового лісокористування. Нові інструменти лісової політики повинні покращувати можливість захисту суспільних та колективних благ, враховувати та зменшувати фіаско ринку та екстерналій, брати до уваги погляди суспільства та неурядових організацій. Інструменти лісової політики для багатоцільового лісокористування повинні здебільшого покладатись на державу, а менше – на фхівців, оскільки вони є досить обмеженими через дефіцит фінансування. Потрібно чітко визначити, які саме та коли інструменти державної політики потрібно застосовувати.

Вибір відповідних інструментів політики для підвищення еколого-економічної ефективності багатоцільового використання лісового потенціалу повинен залежати від контексту, країни, природи благ, соціальних цінностей, землеволодіння, ринкової ефективності, державного фінансування і владних повноважень. Інструменти лісової політики повинні бути ефективними, справедливими до лісокористувачів і лісовласників, практичними та фінансово доступними [19].

### **1.5. Урахування фактора часу і невизначеності в процесі оцінювання послуг лісових екосистем**

Ліс є надзвичайно складною динамічною системою відкритого типу, яка безперервно розвивається і змінюється у просторі й часі. Значна тривалість виробничого циклу потребує досить точних розрахунків і прогнозів на його початку під

час прийняття управлінських рішень, помилка в яких може мати значні (часто незворотні) наслідки. Тому досить важливим питанням є врахування фактора часу у розрахунках потоку вигід.

Економічну ефективність грошових потоків визначають з урахуванням фактора часу, для її означення використовують два терміни: дисконтування та протилежний за значенням – компаундування. Найпростішим є метод експоненційного дисконтування, значення коефіцієнта дисконтування в якому для року  $t$  ( $d_t$ ) в класичному випадку визначають за формулою складних відсотків, де головним параметром є відсоток дисконтування ( $r$ ), який вважається сталим у часі та визначається нормальною ефективністю суспільного виробництва, темпом інфляції та ризиком [2].

Формула розрахунку коефіцієнта дисконтування за норми дисконту  $r$  буде такою (1.1):

$$d_t = \frac{1}{(1+r)^t}. \quad (1.1)$$

Теперішню вартість ( $TB$ ), наведену на початок кожного року  $t$ , можна розрахувати як різницю між сумами отриманих вигід і вкладень (1.2):

$$TB = \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}, \quad (1.2)$$

де:  $B_t$  – вигоди, які можна отримати у році  $t$ ;  $C_t$  – вкладення, які здійснюють у рік  $t$ .

Чисту теперішню вартість (ЧТВ) із горизонтом часу  $T$  розраховують як суму всіх теперішніх вартостей (1.3):

$$ЧТВ = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}. \quad (1.3)$$

Багато споживачів вважають, що вартість послуг лісу так само як і попит на них та їхня обмеженість, з часом дедалі зростають. Якщо використовувати будь-який позитивний відсоток дисконтування, то вигоди і вкладення майбутніх поколінь просто ігноруються. Цю проблему можна вирішити шляхом розрахунку вартості вигід, від яких потрібно відмовитися сьогодні, щоб зберегти можливість їх отримання у майбутньому [2].

Під час прийняття рішень щодо лісового менеджменту постає питання справедливості розподілу ресурсів між поколіннями, оскільки такі рішення мають досить тривалий часовий горизонт, а також передбачають використання унікальних або невідновних ресурсів (тобто унеможливує споживання цих самих ресурсів у майбутньому).

Сьогодні деякі науковці припускають й можливість зростання одних вартостей з часом відносно інших. Це зумовлено двома причинами:

- якщо частка деревної продукції лісу надалі буде зменшуватись, то її вартість повинна збільшуватись (ефект пропозиції);
- якщо готовність споживачів платити за послуги лісу з часом буде зростати, то будуть збільшуватись і прибутки.



Нажаль, не достатньо відомо про те, як готовність споживачів платити змінюється в часі.

Сьогодні цікавою, на нашу думку, є модифікація звичайного експоненційного дисконтування, яка враховує так званий показник «еластичності доходу готовності платити», який визначається як зміна відсотка у готовності платити за певну відсоткову зміну прибутку [2].

Щодо числового вираження величини такої еластичності, то деякі вчені припускали, що воно має бути меншим від одиниці та дорівнювати 0,2 або 0,3. Але згодом вони ж визнали, що доказів такого низького значення недостатньо, тому приймають за взірць значення 0,5 [220].

Для того, щоб врахувати еластичність у розрахунку чистої теперішньої вартості (ЧТВ), необхідно рівняння (1.3) переписати так (1.4):

$$ЧТВ = \sum_{t=1}^T \frac{B_0 \cdot (1+g)^t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}, \quad (1.4)$$

де:  $B_0$  – вигоди, отримані у початковому році;  $g$  – темп зростання вигод.

Іншими словами, ефект полягає у зменшенні чистого відсотка дисконтування на вигоди, що призведе до збільшення їх значення.

Наприклад, якщо зростання доходів споживачів буде на рівні 4% за рік, а еластичність доходів готовності платити – 0,5, то значення показника  $g$  отримуємо множенням цих двох факторів  $g=2\%$ . Річна норма дисконту 4% стане 2%.

Аналізуючи отримані значення описаного еластичного дисконтування, можна виділити такі властивості:

- якщо  $q < g$ , то теперішня вартість 1 грн із часом збільшується на  $q\%$  (рис. 1.4);
- якщо  $q = g$ , то теперішня вартість 1 грн є незмінна і дорівнює 1 (рис. 1.5);
- якщо  $q > g$ , то теперішня вартість 1 грн із часом зростає (ефект від'ємного коефіцієнта дисконтування) (рис. 1.6).

Для порівняння подамо розраховану теперішню вартість 1 грн вигід на одному графіку (рис. 1.7).

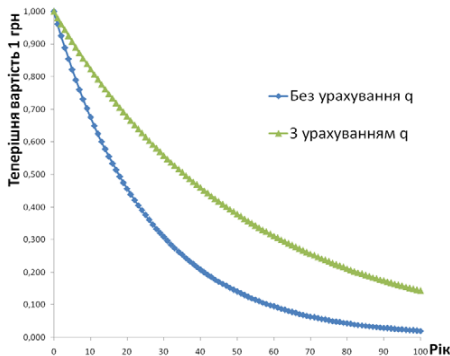


Рис. 1.4. Теперішня вартість 1 грн при  $r=4\%$  та  $q=2\%$

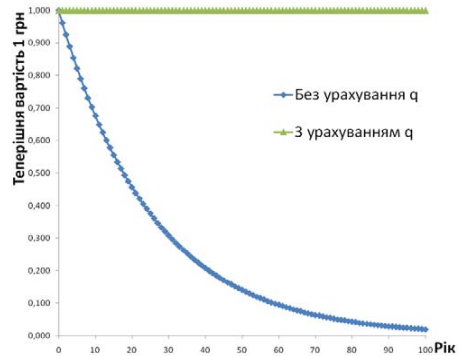


Рис. 1.5. Теперішня вартість 1 грн при  $r=q=4\%$

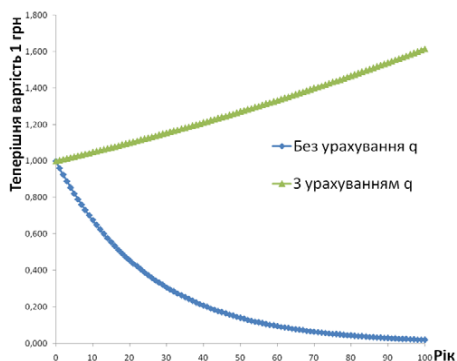


Рис. 1.6. Теперішня вартість 1 грн при  $r=4\%$  та  $q=4,5\%$

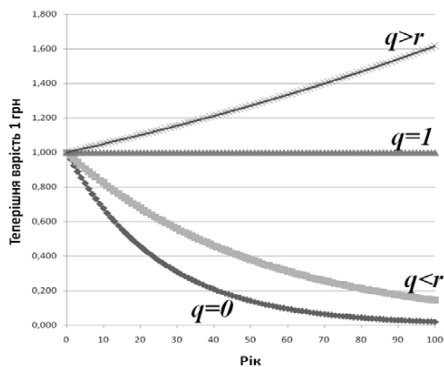


Рис. 1.7. Теперішня вартість 1 грн за різних значень  $q$

Серед недоліків такого дисконтування можна виділити те, що ми передбачаємо постійне пропорційне зростання доходів та еластичності на певному проміжку часу, що в разі великого горизонту досліджуваного проекту є досить суперечливим явищем.

Останні дослідження в галузі психології поведінки людини свідчать про те, що ставка міжчасових уподобань споживачів є різною для різних проміжків часу в майбутньому та різних отримуваних результатів [2, 195]. Це суперечить припущенню про єдину ставку міжчасових уподобань для всіх часових періодів і результатів, що виникають упродовж них. Зазначену обставину не зазначено у жодному з опрацьованих нами джерел на тему економічного оцінювання, зокрема лісів, чи інтегрованого еколого-економічного обліку.

Значної уваги під час прийняття управлінських рішень щодо лісових проєктів заслуговує теорія міжчасового вибору. Рішення, які приймають сьогодні і які містять зіставлення витрат та вигод на великому горизонті часу, є центральними у дослідженні еколого-економічної ефективності ведення лісового господарства, споживчої поведінки, а в підсумку – проблем, пов'язаних із суспільним добробутом нації. Тому зовсім не випадково провідні економісти приділяли значну увагу проблемі теоретичного аналізу факторів, що впливають на поведінку економічних суб'єктів у ситуаціях прийняття рішень, коли наслідки (результати) дій стають відомими тільки через певний проміжок час [2].

Неокласична економічна теорія також не залишила поза увагою цю проблему. Теоретичною основою для подальших більш ніж півсторичних досліджень цього напрямку стала модель дисконтованої корисності (МДК), яку запропонував П. Самуельсон, яка згодом отримала аксіоматичне трактування у праці Т. Купманса.

У своїй найбільш спрощеній формі модель визначає міжчасові переваги особи, яка приймає рішення (ОПР), між різними конфігураціями споживчих планів ( $c_t, \dots, c_T$ ). За умови дотримання певних звичайних передумов (повнота,

транзитивність, неперервність) такі переваги можуть бути представлені у вигляді міжчасової функції корисності  $U^t(c_t, \dots, c_T)$ . Рухаючись далі, МДК припускає, що міжчасова корисність ОПР може бути представлена у вигляді такої функціональної форми (у випадку неперервного часу, МДК може бути представлена в інтегральній формі) (1.5):

$$U^t(c_t, \dots, c_T) = \sum_{k=0}^{T-t} D(k) \cdot u(c_{t+k}), \text{ де } D(k) = \frac{1}{1 + \rho}. \quad (1.5)$$

У такому формулюванні  $u(c_{t+k})$  інтерпретується як кількісна функція корисності ОПР – його добробут у момент часу  $t+k$ , а  $D(k)$  – це функція дисконтування ОПР, тобто та відносна вага, яку він приписує в момент часу  $t$  своєму рівню добробуту в період  $t+k$ . Параметр  $\rho$  у цьому випадку, це – чистий показник часової переваги ОПР (ставка дисконтування).

Отже, у спрощеній моделі П. Самуельсона всі психологічні фактори були зведені до одного параметра – ставки дисконтування.

З часом МДК набула застосування в різних галузях економіки, зокрема й в оцінці лісівничих інвестиційних проєктів. Ця модель забезпечила просту і водночас потужну аналітичну схему для розгляду широкого спектра господарських рішень, наслідки яких не повністю відомі у момент діяння.

За дотримання деяких чітко визначених умов, аксіом, які можливо є нереалістичними, ОПР логічно змушені приймати позитивні часові переваги (ставки дисконтування), при цьому жодних претензій щодо адекватності МДК явищам чи фактам реального світу немає [2].

Існують такі характерні риси МДК, які так чи інакше завжди наявні в практичному застосуванні такого виду функціональної форми:

1. Незалежність за корисністю, тобто сукупна цінність або загальна корисність від відповідної послідовності рівнів споживання дорівнює дисконтованій сумі корисностей від обсягів споживання у кожному періоді.

2. Незалежність за рівнем споживання, тобто добробут ОПР у момент часу  $t+k$  не залежить від рівня споживання благ у будь-якому іншому періоді.

3. Сталість функції корисності, тобто кількісна міжчасова функція корисності  $u(c_{t+k})$  є незмінною.

4. Незалежність операції дисконтування від рівнів споживання, тобто функція дисконтування є незмінна для всіх можливих видів споживання.

5. Сталість у дисконтуванні та часова несуперечність переваг ОПР, за свідчують що її пізні переваги підтверджують та відповідають більш раннім смакам, діям і вподобанням.

Унаслідок великої кількості експериментальних та емпіричних досліджень, які було здійснено з цієї проблематики протягом останніх десятиліть, вчені знайшли та задокументували чимало невідповідностей, аномальних варіантів поведінки ОПР, які заперечують використання МДК як адек-

ватного дескриптивного інструменту аналізу поведінки індивідів у ситуаціях міжчасового вибору. Серед таких парадоксів:

1. Гіперболічне дисконтування (hyperbolic discounting) – ОПР здебільшого характеризуються спадаючою нормою часових переваг (зусилля, вжиті завтра, потребують менших витрат, ніж зусилля над собою сьогодні).

2. Ефект маркування (sign effect) – доходи, виграші дисконтуються ОПР за вищими ставками, ніж втрати.

3. Ефект абсолютної величини (the absolute magnitude effect) – більші за абсолютною величиною виграші, грошові суми дисконтуються ОПР за меншими ставками, ніж малі суми грошей.

4. Ефект асиметрії «уповільнення-прискорення» (the «delay>speedup» asymmetry) – існування несиметричних переваг між відкладеним та прискореним споживанням [2].

Велика кількість прикладних досліджень показала, що в загальному випадку кількість грошей, потрібних для компенсації ОПР відкладеного отримання вигід на період від моменту часу  $t$  до  $t+s$ , становить у 2-4 рази більшу величину від суми, яку суб'єкти згодні витратити на скорочення часу до споживання на той самий інтервал, тобто від періоду  $t+s$  до  $t$ .

Отже, так само як і у випадку з теорією очікуваної корисності, МДК продемонструвала слабкі, недостатні передбачувальні можливості щодо значного обсягу реальних даних. Один із можливих виходів у цьому випадку полягає у спробі врахування зазначених відхилень шляхом введення у модель додаткових параметрів або внаслідок змін початкових передумов аналізу.

За останні 20 років в економічній літературі з'явилась ціла низка праць, у яких досліджено різні розширення, вдосконалення традиційної МДК. На практиці всю сукупність запропонованих сьогодні моделей міжчасового вибору можна поділити на окремі групи, залежно від того, яку з характерних особливостей стандартної МДК намагались послабити чи взагалі позбутись. Серед них такі:

Перша група – це моделі, які містять інші види функцій дисконтування, ніж постійне експоненційне.

Друга – це моделі, які видозмінюють міжчасову функцію корисності. Тут необхідно виділити так звані моделі «формування звичок» (habit formation), які розвивають ідею про те, що корисність, яка асоціюється зі споживанням у поточному періоді, може випробовувати на собі вплив рівня споживання, який був у минулому.

Третю групу створюють різні моделі, які є значним відступленням від МДК. Такі моделі видозмінюють функцію дисконтування або (та) включають нові параметри в стандартну міжчасову функцію корисності, намагаючись тим самим формалізувати різні висунуті гіпотези.

Остаточною метою всіх наукових пошуків щодо модифікації МДК є намагання мати у своєму розпорядженні складніші та змістовніші моделі та теорії, які пояснювали б певні закономірності поведінки міжчасового вибору ОПР. Тому немає необхідності обговорювати питання, наскільки більше значення у цьому випадку має точна інформація щодо схильності ОПР витратити

чи зберігати фінансові ресурси, вкладати кошти в довготермінові проекти. Сьогодні питання не в тому, щоб знайти деяку ідеальну модель, яка пояснювала б усе можливе, а в проясненні нашої уяви про рухомі мотиви психологічного, соціального чи іншого походження, які безумовно впливають на прийняття рішення [2].

Рекомендації для встановлення числових значень норми дисконту для лісового господарства висвітлено у матеріалах Міжурядової групи експертів щодо зміни клімату (IPCC), у яких виокремлено два підходи до дисконтування [207]:

1. Моральний, або вказівний, підхід на базі коефіцієнтів дисконтування, які можна застосовувати (2-3%). Це так звана суспільна ставка дисконтування часу, що дорівнює сумі ставки чистих часових уподобань і ставки приросту добробуту, одержаного від приросту доходу на одну особу в майбутньому.

2. Описовий підхід на основі коефіцієнтів дисконтування, які фактично застосовують люди у повсякденних рішеннях (6% і більше). Цей підхід враховує ринкову ставку доходу від інвестицій, яка в Україні сьогодні в певних галузях сягає 17%.

Рекомендовано для аналізу програм щодо пом'якшення наслідків кліматичних змін принаймні частково використовувати коефіцієнти дисконтування, які відображають альтернативні можливості використання капіталу, що дорівнюють для розвинених країн 4-6%. Такі ставки застосовують у країнах Європейської спільноти для оцінювання проектів у суспільному секторі. Для країн, що розвиваються, рекомендована ставка становить 10-12% і навіть вище. Це – ставка, яку застосовують міжнародні банки для фінансування інвестиційних проектів у цих країнах. Норма прибутку на приватні інвестиції є значно вищою, на рівні 10-25% [2].

Крім того, у звіті IPCC вагому роль надають гіперболічному дисконтуванню: «Наукова література свідчить про те, що сьогодні широкого розповсюдження набувають коефіцієнти дисконтування, які знижуються з часом і в зв'язку з цим надають більшої ваги вигодам, що забезпечуються в довгостроковій перспективі» [207]. В основі гіперболічного дисконтування покладено теоретичне обґрунтування, згідно з яким ставки дисконту, що відповідають фінансовим інструментам, можна застосовувати лише в межах кількох десятиліть, однак вони не придатні для триваліших часових горизонтів. Величина ставок часових уподобань щодо віддаленого майбутнього буде визначатися можливостями, що відкриватимуться у майбутньому, зокрема завдяки економічному зростанню, які на сьогодні залишаються невідомими. Ця невизначеність сприяє зниженню ставок дисконту [207].

У разі гіперболічного дисконтування коефіцієнт розраховують за формулою (1.6)

$$d_t^{\text{rin}} = (1 + \alpha \cdot t)^{-\frac{\gamma}{\alpha}}, \quad (1.6)$$

де:  $\gamma, \alpha > 0$ , а значення  $\alpha = \gamma \rightarrow \infty$  для відображення гіперболічної залежності.

Таку залежність, порівняно з розглянутою вище експоненційною, зображено на рис. 1.8.

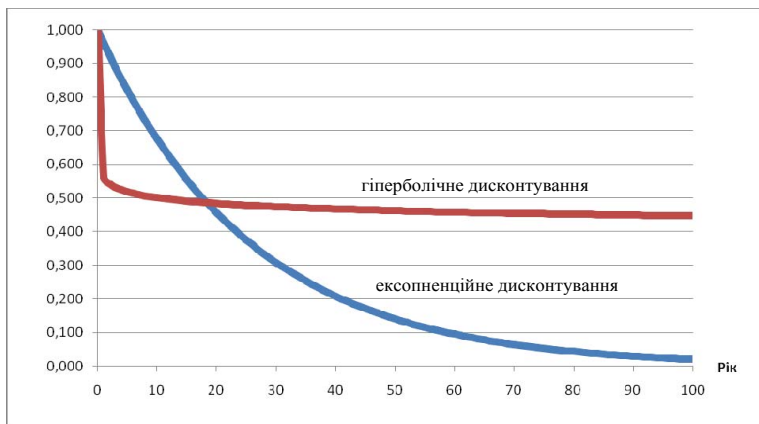


Рис. 1.8. Теперішня вартість 1 грн під час експоненційного та гіперболічного дисконтування ( $r=4\%$ )

Модель гіперболічного дисконтування передбачає зменшення її ставки у майбутньому. За допомогою гіперболічного дисконтування прогнозують, що переваги споживачів динамічно суперечливі, тобто вони припускають конфлікт між оптимальним планом на майбутнє з позиції «сьогоднішньої» перспективи й оптимальним планом на майбутнє з позиції «завтрашньої» перспективи.

За результатами опитування професійних економістів [229], ставки дисконту зменшуються від 4% до 0% в міру поступового зсуву від найближчого (до 5 років) до віддаленого майбутнього (понад 300 років). Як вважають деякі вчені [229], для довготермінових проектів прийнятною є ставка, менша за 2%.

Гіперболічне дисконтування широко обговорювали в теоретичній літературі, але ця ідея мала слабкий вплив на політичні рекомендації більшості економістів. Винятком є рекомендації щодо використання гіперболічного дисконтування для моделювання процесів глобального потепління [180] та у моделі сталого розвитку [179]. Звичайно це не означає, що експоненційне дисконтування потрібно відкинути в усіх рішеннях, які стосуються капітальних інвестицій.

У час змін і переходу до централізованого постачання та появи ринкових відносин і торгівлі у деревній промисловості інвестиційний аналіз стає важливим елементом у прийнятті рішень. Високі відсоткові ставки, порівняно з низькими цінами на заготівлю деревини, змінили погляди на ліс як екологічний фонд. З одного боку, оскільки на економіку часто впливають кризи, людство повинно більше інвестувати у майбутнє. Такий превентив-

ний аргумент схиляє до скорочення рівня дисконтної ставки. Концепція рівності між поколіннями працює так само, як ідея щодо зменшення лісових ресурсів і поняття етичної незахищеності. Вони підтримують низький рівень дисконтної ставки. З іншого боку, фінансові повернення є зазвичай низькими. Ризик під час інвестування у лісове господарство досить високий, наприклад через можливість лісових пожеж або недостатню захищеність права власності [2].

Проте прийняття рішень щодо довготривалих інвестицій у лісовому господарстві, за умов ризику і невизначеності, приводять до отримання вищого рівня дисконтної ставки для забезпечення впевненості у прибутках від заготівлі деревини швидше сьогодні, ніж у майбутньому. У приватних лісах, як наслідок, вибір власника залежить від економічних, а не екологічних чинників.

Для лісового господарства у перехідний період, яке характеризується нестабільністю процесів охорони навколишнього середовища, високими процентними ставками і ризикованими інвестиціями, виникають позитивні дисконтні ставки. Таким чином, застосування позитивної дисконтної ставки повинно здійснюватися разом із врахуванням впливу на навколишнє середовище.

Враховуючи труднощі визначення ставки дисконту, доцільно здійснювати оцінювання чутливості проектів до неї. Загальноприйнятною ставкою, що відповідає етичним міркуванням, під час здійснення звичайного експоненційного дисконтування найпоширенішим у світі рівнем дисконтної ставки є 0–3%.

## **1.6. Еколого-економічні особливості лісокористування у гірських районах Карпат**

Гори є важливим джерелом водної, енергетичної і біологічної різноманітності, а також таких найцінніших ресурсів, як корисні копалини, лісові та сільськогосподарські продукти тощо, сукупність яких відкриває широкі можливості у плані відпочинку. Будучи однією з найбільших екосистем, гори мають велике значення для виживання глобальної екосистеми. Разом із тим, гірські екосистеми швидко змінюються. Вони чутливі до постійно зростаючих ерозії ґрунтів, зсувів, швидкого звуження середовища існування та зменшення генетичного різноманіття. У соціальному плані для населення, яке проживає у гірських районах, характерна повсякденна бідність і втрата традиційних занять, у результаті чого, у більшості гірських районів світу відбувається деградація довкілля. Тому інтереси належного управління гірськими ресурсами і соціально-економічного розвитку населення потребують прийняття невідкладних дій.

Сьогодні близько 10% населення світу залежні від гірських ресурсів. Значно більша частина населення використовує інші гірські ресурси, особливо воду. Гори є скарбницею біологічного різноманіття та зникаючих видів рослин і тварин [126].

Гори досить чутливі до порушень екологічної рівноваги під впливом людської діяльності чи природних процесів. Гірські райони найбільше реагу-

ють на всі атмосферно-кліматичні зміни, тому велике значення має достовірна, постійно контрольована інформація у галузі екології, потенціалу природних ресурсів і соціально-економічної діяльності. У гірських та горбистих місцевостях існує велике різноманіття екосистем. Гірські вертикалі зумовлюють сходинкову зміну температури, опадів та інсоляції. Один гірський схил може мати різні кліматичні системи, включаючи тропіки, субтропіки, зони помірного та альпійського клімату: кожна з них є мікрокосмосом широкого різноманіття природного середовища. Тим не менше, гірські екосистеми сьогодні недостатньо добре досліджені.

Карпати – економічно, екологічно та соціально важливий гірський масив, розташований у центрі Європи, який довше від інших регіонів залишався без втручання людини. Карпати є одним із найважливіших регіонів для збереження біологічного розмаїття у всій Європі. Карпати – єдиний європейський регіон, в якому збереглися великі масиви малопорушених лісів. Тут нараховують 45% всіх європейських вовків, найбільшу популяцію бурих ведмедів, рисі та багатьох інших рідкісних та зникаючих у Європі видів. У Карпатах росте 481 рослин ендемічного виду [39].

До гірських лісів належать ліси, які ростуть у межах гірських систем та окремих гірських масивів із зміною відносних частот місцевості не більше ніж 100 м та середнім нахилом поверхні від підніжжя до вершини гірських хребтів або до границь безлісних просторів більше як 5°, а також на гірських плато та плоскогір'ях, незалежно від величини нахилу місцевості. Гірські ліси України є особливою екологічною системою з чітко вираженою вертикальною зональністю [135]. За стрімкістю схили у лісах Українських Карпат поділяють на пологі (крутизна схилу до 10°), спадисті (покаті) (11°-20°), стрімкі (21°- 30° на південній експозиції та 21°- 35° на північній) та дуже стрімкі (крутизна схилу більш як 31° на південній експозиції та 35° на північній).

В Україні гірські ліси розташовані у Карпатах та Криму. Українські Карпати – центральна, найбільш звужена частина Східних Карпат. Південно-західна частина повністю знаходиться на території Закарпатської області, північно-східна входить до складу Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей. Гори Українських Карпат простягаються з північного заходу на південний схід смугою завдовжки 270 км і завширшки 100-110 км. У межах України – це типові середньовікові гори з пересічною висотою 1000 м, які лише в деяких східних пунктах перевищують позначку 2000 м над рівнем моря [134].

Українські Карпати складаються з декількох майже паралельних хребтів, що тягнуться з північного заходу на південний схід та розділені широкими низинами. Це – Скибовий, Водороздільний, Полонинський та Вулканічний хребти. Абсолютна висота змінюється у межах 1200-1400 м у північно-західній частині та до 2000 м – у південно-східній [43].

Ліси Українських Карпат представлені значною кількістю лісоутворюючих деревних порід, з яких головними є ялина європейська, ялиця біла,



бук лісовий, дуб скельний та літній. Крім цих порід, трапляються сосна звичайна, кедр європейський, явір, клен гостролистий, ясен, в'яз гірський, граб, береза бородавчата, осика, вільха чорна та сіра, липа дрібнолиста, черешня.

У лісах Карпат одні вертикальні пояси вклинюються смугами в інші, або трапляються серед них окремими ділянками.

Породний склад та інші характеристики лісів Українських Карпат залежать від експозиції, крутизни схилів та висоти над рівнем моря. Тому невідповідне ведення лісокористування у гірських районах призводить до змін ґрунтоутворюючих процесів, водного стоку та гідрології, температурного режиму та навіть складу атмосфери. Усе це робить непостійними практично всі показники, які визначають умови росту та розвитку лісу. Основною особливістю всіх природних процесів у горах є їх взаємна узгодженість у вузькому діапазоні умов. Якщо на рівнині зміна умов спричиняє невеликі відхилення у динаміці природних процесів, локалізовані по площі та поступово згасаючі, то у гірських районах невелика зміна обставин може призвести до серйозних наслідків. Так результати досліджень, а також багаторічна практика свідчать про те, що у рівнинних умовах суцільні рубки на обмежених по площі та навіть на відносно великих лісосіках спричиняє відносно короткотермінове, згасаюче протягом 5-7 років, збільшення водного стоку [90].

Перші згадки про унікальні ліси Карпат трапляються у польських літописах ще у XVI столітті. Дослідники вважають, що антропогенне втручання у Карпатах сягає бронзового віку. У середньовіччі надзвичайну популярність мав тис, який з часом почав досить рідко траплятись. З XVII століття розпочинається заготівля й інших дерев. Заготовлені лісоматеріали транспортували з допомогою плотів річками. Ще у 1769 році королева Австро-Угорщини Марія Тереза видала перший закон щодо розумної лісової політики. З побудовою у другій половині XIX ст. в Галичині та Буковині залізниць зі широкими та вузькими коліями, з відкриттям у 1860 році залізничного з'єднання Львів-Будапешт-Відень значно збільшилися обсяги лісозаготівель. З 1885 по 1898 рр. експорт лісоматеріалів із Галичини та Буковини збільшився у 13 разів [75].

Згодом у Карпатах було проведено перше лісовпорядкування та прийнято лісове законодавство, було вивчено та встановлено цінні лісові масиви. Крім державних, приватних та церковних, існували громадські ліси, які належали громадам і населеним пунктам. У деяких лісах забороняли збирати хмиз, гриби і ягоди. Рубки на вершинах та крутих кам'янистих схилах також забороняли. Деревину заготовляли бережно і в невеликих обсягах, які, зазвичай в ті далекі часи не перевищували розрахункову лісосіку. Лісозаготівлю здійснювали тільки взимку з метою уникнення ерозії ґрунтів. Після лісозаготівельних робіт обов'язково проводили лісовідновлювані роботи.

У колишньому СРСР у результаті деструктивної лісової політики ліси Українських Карпат перетворились у гігантську лісосіку. Ліси оцінювали лише за запасами деревини. Суцільні функції лісів використовували незадовільно. У 1944 році тут було заготовлено понад 2 млн м<sup>3</sup> деревини. З 1944 по 1963 рр., було вирубано 100 млн м<sup>3</sup> понад розрахункову лісосіку. У 1950-1952 роках у Карпатах було проведено перше радянське лісовпорядкування,

у результаті якого великі площі на крутих та кам'янистих схилах були переведені у другу групу лісів. Лісозаготівля велася влітку, що призводило до ерозії ґрунтів. На місці зрубленого бука садили менш цінну ялину. Заготівля значно перевищувала відновлення. У післявоєнні роки в Українських Карпатах заготівля велася на площі 279,4 тис. га (заліснень було лише 186,6 тис. га). Постійне збільшення обсягу заготівлі супроводжувалося незадовільною організацією лісокористування загалом. Починаючи з середини 1950-х років, промислові рубки велися і в лісах першої групи. Тільки у 1953 році у Карпатах згнило 160 тис. м<sup>3</sup> невивезених лісоматеріалів. У 1956 році в Карпатах рубали ліси у рахунок 1974 року. Крім того, з 1948 по 1955 рр. згнило більш як 600 тис. м<sup>3</sup> невивезеної деревини. У середньому в Українських Карпатах щорічно залишалось до 30% заготовленого лісу. Звичайно, сьогодні важко встановити реальну потребу в деревині СРСР та України у 50-х роках, адже відомо що на Закарпаття лісоматеріали завозили з Карело-Фінської АРСР, Архангельської та Ленінградської областей і навіть з Хабаровського краю [75].

До 1960 р. у Карпатському регіоні щорічно вирубували 3,2 млн м<sup>3</sup> деревини з недостатнім застосуванням екологічно безпечних технологій лісозаготівлі. Разом із тим, формувалася склад лісових насаджень шляхом створення чистих лісових культур, тобто формувалися лісові монокультури (здебільшого ялини), які є нестійкими у гірських умовах Українських Карпат і погано виконують захисні, водорегулюючі та інші екологічні функції.

Внаслідок різних рубок лісистість Українських Карпат зменшилась приблизно в 1,5 рази, змінився гідрологічний режим. І якщо у минулому ліси покривали 95% території Українських Карпат, то зараз у передгірських районах лісистість становить близько 20%, а у гірських – приблизно 50% [32, 88].

Однак популярна у радянські часи практика проведення необґрунтованих рубок догляду, вибіркових рубок та значних самовільних рубок призвела до того, що сьогоднішні ліси, порівняно з минулими, значно порідшали (за даними Мінекобезпеки, до повноти 0,6), тобто запаси деревини становлять майже половину потенційної продуктивності ґрунтів. Відповідно й захисні функції таких лісів значно знизились.

Безконтрольна вирубка насаджень призводить до негативних екологічних наслідків, серед яких паводки, вітровали та пожежі. Зі середини XIX століття в Карпатах розпочались перші вітровали і паводки (поки що у середньому раз у 20 років). Останні наукові дослідження, що проведені на території Карпат дають підставу стверджувати, що такі стихійні лиха будуть повторюватися через кожні 4-7 років [88].

На думку багатьох учених, паводки у західних областях України є наслідком вирубування лісів. Втративши за останні 40 років значну частину лісового покриву, Українські Карпати не здатні втримувати вологу. Вода швидко стікає у долини, створюючи масштабні екологічні лиха. Густіший ліс затримав би частину дощової води у горах, і вона не потрапила б у річку. Сусідні з Україною Польща, Словаччина та Румунія визнали цю небезпеку та припинили промислову рубку лісу в Татрах та Карпатах. У Швейцарських Альпах повинь, подібна Карпатським, відбулася майже 200 років тому, після чого, зрозумівши

причину лиха, керівництво цієї держави ще тоді відмовилося від суцільних рубок у горах.

Для збереження унікальної природи цього регіону необхідне розширення мережі природних територій, які б охоронялись. Потрібно вдосконалювати методи ведення лісового господарства, дотримуватися наближеного до природи лісокористування на місцевому рівні, розвивати екотуризм та інтеграцію лісового господарства з сільським тощо.

Гірські екосистеми – основа екологічної стабільності сформованих століттями екосистем. Вони такі чутливі до змін, що досить легко деградують, коли переступити грань, за якою починають розвиватися екологічні катаклізми. На думку вітчизняних науковців, які проводили аналіз екологічних наслідків страшних паводків останніх років в Українських Карпатах, необхідно ухвалити спеціальні закони «Про гірські ліси» [90], а також розробити довгострокову державну загальнонаціональну програму «Ліси Українських Карпат», яка включала б, зокрема розширення повноважень лісової охорони та заборону експорту круглого лісу та пиломатеріалів, що сприятиме зменшенню нелегальних рубок і стимулюватиме інвестиції у переробку лісу.

У результаті суцільних рубок у горах погіршуються фізичні властивості ґрунтів, збільшується поверхневий стік, скорочується інфільтрація. Також зі зменшенням потужності ґрунту знижується бонітет насаджень [31, 43]. Шкідливої дії суцільних рубок у гірських районах не можна попередити і подальшим штучним залісненням. Фізичні властивості ґрунту після суцільних рубок у горах відновлюються не повністю навіть через 20 років після посадки лісу. У гірських умовах більшою мірою проявляється дія стихійних сил природи у процесі порушення екологічної рівноваги, яка склалася впродовж тисячоліть [49]. Саме цій рівновазі властива досить низька стійкість. Усе це характеризує гірські райони як природні зони, в яких господарська діяльність повинна здійснюватись методами, скерованими на охорону природи. Особливості клімату, рельєфу та умов лісовирощування у гірських районах значно впливають на формування лісів. Своєю чергою, гірські ліси, як місцевий природний комплекс, безпосередньо впливають на природні процеси, забезпечуючи їх стабілізацію та вирівнювання. Звичайно, загальний ефект від дії гірських лісів на природні процеси залежить від поширення цього екологічного комплексу.

Кліматичні особливості, а також наявність великих перепадів місцевості, що багатократно збільшує кінетичну енергію стічної води, поряд із нерівномірністю опадів та нерідким перетворенням їх у зливи, характеризують гірські райони, як найбільш небезпечні в ерозійному відношенні. Ліс у горах знижує поверхневий стік, запобігаючи ерозійним процесам. Коренева система гірських лісів зв'язує ґрунт, запобігаючи зсувам. Узимку гірські ліси захищають від снігових лавин.

Для гірського лісового господарства головним завданням ведення господарства повинно бути вирощування насаджень з високою продуктивністю та покращення захисних властивостей лісів, підвищення їх стійкості перед стихійними лихами, хворобами та шкідниками, забезпечення сталості лісокористування [57, 59, 67].

Сьогодні лісовідновлення у Карпатах має змішаний характер. Природне відновлення у більшості типів лісів відбувається задовільно.

Щодо засадження вирубаних ділянок, варто зауважити, що високопродуктивні мішані ліси ялиці, ялини та бука, які було зрубано 150-200 років тому, здебільшого замінені нестійкими вторинними ялиновими лісами. Останні два століття такою була практика ведення лісового господарства у всіх країнах Середньої Європи. Крім цього, у радянські часи було багато прихильників монокультур. У підсумку в Українських Карпатах площа букових лісів зменшилась на 272 тис. га, а ялицевих – збільшилась на 298 тис. га [88]. Швидкоросла пориста деревина ялини з поверхневою кореневою системою, яка еволюційно формувалась на багатих ґрунтах, не витримує швидкості гірських вітрів, великих снігів. Сьогодні лісові господарства визнають помилки попередніх поколінь та практикують відновлення лісу на типологічній основі, тобто насаджують властиві конкретно для цієї ділянки породи. Але зміна структури лісових насаджень є процесом надзвичайно тривалим.

Посаджений після війни ліс сьогодні досягнув піввіку. Повне відновлення водорегулюючих функцій лісонасаджень відбувається тільки у 100-річному лісі. Дійсно ж стійкими до будь-яких явищ буде клімаксовий ліс, тобто праліс. Це такий ліс, в якому дерева вільно старіють та падають і де лісовідновлення відбувається тільки природним шляхом.

Сьогодні ліси України за призначенням і розміщенням виконують переважно екологічні функції і мають обмежене експлуатаційне значення. У таких лісах потрібно дбати про відтворення на належному рівні не тільки деревних, але й недеревних ресурсів, оскільки вони виконують ще й надзвичайно важливі суспільні функції. Важливе значення для України мають стиглі насадження, оскільки їх використовують для заготівлі, та вони мають найвищі захисні функції. Захисних лісів у Карпатах значно більше, ніж лісів, призначених головним чином для експлуатації деревини.

Головним розпорядником лісів є Кабінет Міністрів України. Спеціально уповноваженим державним органом лісового господарства є Держлісагентство України. Головним органом з нагляду за використанням лісів та їх головної природоохоронної функції є Міністерство екології та природних ресурсів України. Лісовпорядкування на всій території держави здійснює Українське державне лісовпорядне виробниче об'єднання «Укрдержліспроєкт». Державний облік лісів проводиться кожні 5-8 років. Чинна Концептуальна програма розвитку лісовпорядкування на період до 2015 року полягає у проведенні національної інвентаризації лісів та запровадженні у лісовпорядкуванні та лісовому господарстві сучасних географічних інформаційних технологій (ГІС-технологій). Супутникове спостереження, прилади дистанційного зондування Землі та топографічні карти допоможуть у проведенні моніторингу стану лісів, запобіганні незаконних рубок та контролю за впровадженням проєктів організації і розвитку лісового господарства загалом. Крім того, застосування ГІС-технологій буде сприяти переходу до проведення базового лісовпорядкування за адміністративно-територіальним принципом, тобто одночасно всіх земель лісового фонду на території адміні-

стративної області. Це дає можливість за рік отримувати повну та узгоджену інформацію про стан лісового фонду всіх лісокористувачів області.

До складу Українських Карпат належать гірські райони Львівської, Івано-Франківської, Закарпатської та Чернівецької областей.

Карпатський регіон займає площу 48,5 тис.км<sup>2</sup>, що становить 8% території України. Загальна чисельність населення 6381 тис. осіб, що становить близько 12,4% від загальної чисельності населення України (таблиця 1.3) [90]. Зручні перевали гірських масивів, наявність залізничних і шосейних доріг, сприятливі та різноманітні природні умови та ресурси, вигідне географічне положення відносно розвинених економічних районів і країн Європи засвідчують унікальність Українських Карпат.

Таблиця 1.3  
Частка Українських Карпат у лісовому фонді України

Лісорослинна зона	Загальна площа території		Площа земель лісового фонду		Вкриті лісовою рослинністю землі		Загальний запас насаджень	
	тис. км <sup>2</sup>	%	тис. га	%	тис. га	%	млн м <sup>3</sup>	%
Українські Карпати	56,60	9,38	2267,9	21,03	2076,5	22,09	523,4	30,15
Всього по Україні	603,5	100	10782,2	100	9400,2	100	1736,02	100

Надзвичайно важливою, щодо сталості лісокористування є вікова структура лісів, яка формується протягом значного проміжку часу та переважно залежить від інтенсивності та технологій рубок. Вікова структура лісів Карпатського регіону була суттєво порушена надмірною експлуатацією лісів за радянських часів, особливо з 1946 по 1965 роки. Як результат такої господарської діяльності, загальна площа пристигаючих і стиглих порід є у 1,5 рази нижчою від оптимальної, а твердолистяних – у 1,3 рази [90].

Ліси України характеризуються досить нерівномірною віковою структурою із значною перевагою молодняків і середньовікових деревостанів (76,1%) та недостатньою кількістю стиглих і перестиглих (11,2%). Більшість лісів у наслідок неодноразових рубань мають змінену структуру, видовий склад і зменшили продуктивність. Велика частка площ є насадженнями штучних монокультур. Хвойні деревостани займають 42,2% укритих лісовою рослинністю земель, твердолистяні – 43,3%, м'яколистяні – 13,6%, інші деревні породи – 0,5%, чагарники – 0,4%. З-поміж хвойних порід найпоширенішими та економічно найбільше значущими є сосна звичайна, смерека європейська, ялиця біла. Цінними листяними породами є дуб звичайний, ясен звичайний, бік лісовий, липа серцелиста, клен-явір та ін. [44].

Виснаження лісів Українських Карпат певною мірою знизило й їх захисні функції. Вікова структура твердолистяних порід є кращою, порівняно з хвойними породами. Також необхідно відзначити позитивну зміну вікової

структури лісів за останні десятиліття, в якій простежується тенденція до поступової нормалізації.

За площею лісів та запасами деревини на особу населення Україна належить до лісодефіцитних країн. Тому постає проблема розробки методів та підходів, які сприяли б оптимізації лісокористування. Отже, очевидна необхідність збільшення площі лісів, насамперед це стосується степових (3%) та лісостепових (11%) зон України. Звичайно такі заходи повинні здійснюватись у рамках загальнонаціональної державної програми, яка повинна бути досить добре профінансованою та комплексно відтворювати всю систему лісових ресурсів DMFR. Крім того, необхідно враховувати й те, що Україна має найбільш продуктивні у світі землі. Відповідно, потрібно заліснювати лише непридатні для рентабельного сільськогосподарського виробництва землі. Україні не потрібно заліснювати свою територію до середньоєвропейського рівня, оскільки вона має найродючіші в Європі чорноземи. На землях потрібно розвивати конкурентоспроможне сільськогосподарське виробництво.

Потрібно мати на увазі також те, що через зниження життєвого рівня населення та високий рівень корумпованості чиновницького апарату зростають обсяги самовільних рубок. Сучасна статистична звітність повною мірою не відображає обсяги самовільних рубок [61].

Низька платоспроможність підприємств та населення значно ускладнює можливість здійснення ефективного, раціонального господарювання. Низький життєвий рівень особливо сільського населення у гірських районах Карпат призводить до того, що для окремих груп населення використання лісової продукції (для власних потреб чи для продажу) стало єдиним способом виживання. Тому дедалі більшого поширення набувають самовільні рубки (виявлені та невиявлені), пор що зазначають багато науковців. Однак, у Карпатському регіоні відбувається варварська нелегальна масова лісозаготівля, яка суперечить всім канонам лісової науки. Вона спрямована не на виживання окремих груп населення, а на їх збагачення, що можна зі всією відповідальністю назвати біотероризмом.

Досить швидкими темпами збільшується моральне та фізичне зношення основних виробничих фондів. У результаті низької привабливості для інвесторів (як іноземних, так і вітчизняних) та нестачі інвестицій процеси переобладнання та модернізації підприємств лісового господарства стримуються.

У середньому в Україні за рік заготовляють близько 10 тис. т дикорослих плодів і ягід, 2,2 тис. т грибів, 50 тис. т березового соку, 3 т горіху. Потенційні виходи недеревної продукції лісу з розрахунку на 1 га є такими: мед – 100-200 кг, гриби – 65-70 кг, березовий сік – 10 т, хвойна мука – 6 т, хвойний екстракт – 5 кг, лікарська технічна сировина – 30 кг, хлорофіло-каротинова паста – 20 кг, берест для дьогтекуріння – 6 т, ягоди – 170-450 кг, гілковий корм – до 2 т, трави – 10-12ц, пеньковий осмол – 10-12 м<sup>3</sup>, живиця – до 650 кг [132].

Велике значення для певних галузей промисловості України має і продукція бджільництва. За даними ВАТ «Львівбджолсервіс», у Львівській області налічується 32787 бджолосімей, з них 10312 (31,74%) належить громадському сектору, а 22175 (68,26%) – індивідуальному. Необхідно також зауважити, що,

крім меду, бджільництво приносить такі важливі продукти, як віск, бджолина отрута, маточне молочко та прополіс.

У склад земель лісового господарства входять і сіножаті, і пасовища. У лісовому фонді України налічується 66,7 тис. га сіножатей та 35,2 тис. га пасовищ. Щорічна заготівля сіна з таких земель в Україні становить близько 40 тис. т.

Ліси України є недостатньо повноцінними. У процесі рубок догляду за лісом та санітарно-вибіркових рубок часто заготовлюється промислова сировина, невідповідно зріджуються найцінніші насадження. Цим завдається значна екологічна та економічна шкода. Разом із цим, чпостерігають і позитивний екологічний ефект, оскільки у зріджених насадженнях недеревна лісова рослинність характеризується більшими запасами.

Коефіцієнти інтенсивності користування недеревними рослинними ресурсами лісу на державних лісгосподарських підприємствах Державного комітету лісового господарства можна представити у вигляді рис. 1.9 [93].

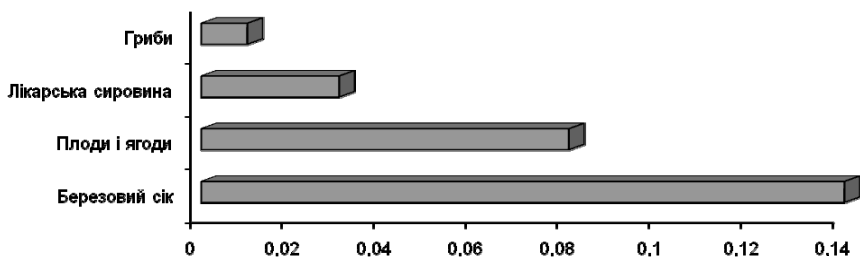


Рис. 1.9. Інтенсивність користування недеревними рослинними ресурсами на ДЛГ підприємствах

Підприємства лісового господарства здійснюють також плантаційне вирощування лікарських рослин. Ресурси лісової недеревної рослинності взаємопов'язані з ресурсами деревної рослинності, при чому цей вплив двосторонній.

Розширене відтворення недеревних рослинних ресурсів сприяє розширеному відтворенню лісової фауни та покращенню санітарного стану лісів, а отже, й утворенню сукупності позитивних екологічних ефектів, які з часом трансформуються в економічні [156].

За останні роки через складну економічну та політичну ситуацію в Україні, жорстку конкуренцію на ринку продовольчих товарів послаблюється контроль за вирощуванням недеревної рослинності. У результаті цього спостерігається тенденція до зростання площ плантацій, на яких заготовляють недеревні продукти лісу, що прямо суперечить принципам сталого розвитку, сформульованих на Конференції Ріо-92, які передбачають насамперед багатопільове лісове користування.

Останнім часом також збільшилась кількість екологічних катастроф на території Карпат. Науковці дедалі частіше схиляються до думки, що причиною цього є не тільки глобальні зміни у навколишньому середовищі, але і трансформації у лісах Українських Карпат. Інтенсивна експлуатація лісів активізувала вітрову та водну ерозію, призвела до забруднення ґрунтів, зменшення водності річок тощо. Отже, постає проблема якісного відтворення лісу як комплексної системи DMFR. Необхідно відмовлятися від суцільних рубок, застосування гусеничних транспортних засобів, переходити на екологічно та економічно ефективніші технології лісокористування. Усе це повинно привести до стабілізації довкілля та виходу його з кризового стану.

Екологічні наслідки застосування різних технологій лісозаготівлі недостатньо вивчені. Недостатньо вивчено і чисельні еколого-економічні зв'язки між компонентами складної системи DMFR.

З кожним роком підприємства лісового господарства західних областей України дедалі більше уваги приділяють побічним користуванням. Так, відтворення лісових ягід, грибів, лікарських рослин, покращення якості лісових сінокосів та лісових пасовищ мають важливе економічне (заготівля конкурентоспроможної екологічно чистої продукції), екологічне (забезпечення лісової фауни цінними кормами, можливість багатоцільового користування лісовими ресурсами) та соціальне (відпочинок під час збору, оздоровлення населення) значення.

Основними завданнями лісового господарства в Україні є відтворення високопродуктивних лісів багатофункціонального призначення, їх захист і охорона. Лісове господарство має обмаль вузькоспеціалізованих підприємств, які займалися б тільки лісовирощуванням, охороною та захистом лісу. Більшість підприємств лісового господарства є комплексними. Крім лісовирощування, вони займаються лісоексплуатацією та переробкою деревини.

Відтворення лісів повинне здійснюватись на всіх землях, призначених для лісовирощування, шляхом створення, формування та збереження цінних насаджень. Повинне також забезпечуватись стале покращення та підтримка на належному рівні якісного складу лісів, підвищення їхньої продуктивності, керуючись останніми досягненнями науки і техніки. Лісове господарство обов'язково повинне здійснювати контроль за збереженням лісів, відповідно до вимог законодавства, виконувати роботи з обробітку ґрунтів, збору та перероблення лісового насіння, вирощування посадкового матеріалу, селекції деревних порід, посіву, посадки та догляду за лісовими культурами. Також в обов'язковому порядку повинні проводитись рубки догляду за лісом, лісозахисні та лісоохоронні заходи. Працівники лісового господарства повинні встановлювати місця щорічної рубки стиглих насаджень і здійснювати контроль за лісокористуванням.

Лісовирощування характеризується великою тривалістю виробничого циклу. Вирощування стиглих березових, грабових, осикових насаджень триває 40-50 років, соснових ялинових і ялицевих – 70-90 років, дубових та буккових – 100-120 років. Це породжує труднощі під час планування та прогнозування основних економічних показників підприємства. Помилки, допущені на початку виробничого циклу, мають довгострокові негативні економічні,



екологічні та соціальні наслідки, тому їх необхідно виявляти й усувати у перші роки лісовирощування.

Однак виробничий процес лісозаготівель характеризується відносно короткою тривалістю виробничого циклу, а також постійно переміщується по території лісового фонду. Предмет праці розосереджений на значній території, на нього постійно й істотно впливає велика кількість природних факторів – клімат, рельєф та ін. Предмет праці у лісозаготівельному виробництві – продукт природного походження, який може поновлюватися природним шляхом.

В умовах незалежності України лісове господарство має особливе значення для підвищення рівня забезпеченості держави та населення продукцією лісового комплексу та покращення, за рахунок збільшення лісових насаджень, довкілля. Нестабільність української економіки та національної валюти, нестача обігових коштів та інших фінансових активів підприємств призводять до постійного зменшення обсягів випущеної продукції, її якості та конкурентоспроможності на ринку. Подальший розвиток галузей лісового сектору потребує повного радикального оновлення, що включає у себе заміну фізично та морально застарілого обладнання, розроблення ефективних технологій, раціональне використання лісових ресурсів і сировини. На превеликий жаль, сьогодні у державі існує значний дефіцит грошових коштів і тому сподіватись на реформування лісового сектору економіки у короткі терміни не доводиться.

Недостатня лісистість території України, незначні запаси стиглого та перестиглого лісу, невисока продуктивність середньовікових і пристигаючих лісів створюють труднощі щодо забезпечення лісового господарства місцевою сировиною, а національної економіки і населення – кінцевою продукцією з деревини. Для успішного вирішення цього завдання необхідно розробити національну довгострокову програму підвищення ефективності відтворення лісових ресурсів і раціонального їх використання.

Ліси України, за своїм призначенням та місцем розташування, виконують переважно екологічні функції і мають обмежене експлуатаційне значення. Це ще актуальніше для гірських лісів, які підлягають особливому обліку та охороні.

Лісівнича наука всі рубки лісу поділяє на такі [30, 121]:

- головні (суцільні, поступові, вибіркові, комбіновані);
- доглядові (освітлення, прочищення, проріджування, прохідна рубка);
- санітарні (вибіркові, суцільні, ліквідація захаращеності, запобігання виникненню та поширенню осередків шкідників і хвороб лісу, захист заготовленої деревини від шкідників та хвороб);
- спеціальні (лісовідновні рубки у деревостанах, що втрачають захисні, водоохоронні та інші природні властивості; рубки, пов'язані з реконструкцією малоцінних молодняків і похідних деревостанів; прокладання кварталних просік і створення протипожежних розривів, догляд за підростом, підліском, узліссям тощо).

Головні рубки проводять у стиглих і перестиглих насадженнях із метою заготівлі деревини для задоволення потреб різних галузей національної економіки; заміни старих чи розладнаних малопродуктивних насаджень, а також на-

саджень з малоцінних порід молодими високопродуктивними насадженнями з господарсько-цінних порід.

У районах, в яких переважають стиглі та перестиглі насадження, рубки лісу є основним методом омолодження лісів, за допомогою якого на місці перестиглих лісів із низьким приростом деревини створюють молоді продуктивні насадження, які активно взаємодіють з довкіллям і ефективно виконують рекреаційні, захисні, охоронні та інші функції.

Ступінь негативного впливу ведення лісового господарства на довкілля залежить від способу рубки і технологій, які застосовують при цьому. У гірських лісах рубки повинні проводитись способами, спрямованими на збереження захисних, протиерозійних, водорегулюючих та інших корисних властивостей лісів.

З метою збереження корисних властивостей лісів та забезпечення запобіганню проявам згубних наслідків природних явищ, у Карпатському регіоні вводиться мораторій на проведення рубок головного користування у лісах, розташованих вище ніж 1100 метрів над рівнем моря, у лавинонебезпечних басейнах (смуги лісу по верхній його межі залежно від довжини безлісного схилу), у селенебезпечних басейнах (усі ліси у зонах формування селі, що встановлює національна гідрометеорологічна служба) та у берегозахисних ділянках лісу [63].

Також введено мораторій (терміном на 10 років) на проведення суцільних рубок головного користування в ялицево-букових деревостанах на стрімких схилах в усіх лісах Івано-Франківської, Закарпатської, Львівської та Чернівецької областей. На пологих і спадистих схилах в ялицево-букових деревостанах проводяться тільки вибіркові, поступові та вузьколісосічні рубки. Площа лісосік поступових рубок не повинна при цьому перевищувати у лісах першої групи – 3 га, а у лісах другої групи – 5 га. Ширина вузьколісосічних рубок не повинна перевищувати 50 метрів.

На стрімких схилах в особливо захисних ділянках лісу забороняють усі способи рубок, крім вибіркових і поступових, а площа лісосік поступових рубок не повинна перевищувати у лісах першої групи – 3 га, у лісах другої групи – 5 га.

На ділянках із штучно створеними лісонасадженнями та природними лісами у смугах відведення каналів, гідротехнічних споруд та інших споруд міжгосподарського значення допускають лише рубки догляду та санітарні рубки, що проводять згідно з рекомендаціями органів лісового господарства.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 929 «Про затвердження правил рубок головного користування в гірських лісах Карпат» обмежують площі лісових ділянок, на яких проводять рубки у Карпатах і західних областях України, майже вдвічі. Якщо за чинними в Україні правилами дозволено вирубку до 40-50 % дерев на 1 га лісу, то для Карпатських лісів цей показник становить понад 30%.

Загальною та вивезення деревини у гірських лісах Карпатського регіону повинні проводити лише з використанням колісних і гужових засобів, повітряно-трельовальних установок, а також із відновленням системи вузькоколієк та оптимізацією мережі лісових доріг. Необхідно також розширювати

мережу лісовозних доріг із твердим покриттям і довести цей показник до 10 км на 1000 га [63].

У Карпатському регіоні мережу природно-заповідних територій та об'єктів передбачено розширити за рахунок збільшення частки та розширення площ природних і біосферних заповідників, національних природних та регіональних ландшафтних парків, заказників, заповідних урочищ, пам'яток природи із забезпеченням рівня заповідності до 20% відповідно до вимог чинного законодавства України [63].

Мережу санітарно-гігієнічних та оздоровчих лісів (ліси населених пунктів, ліси зелених зон навколо населених пунктів і промислових підприємств, ліси першого і другого поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання та ліси зон округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій), а також об'єктів використання мінеральних вод для бальнеологічного лікування необхідно розширити до 15% від загальної площі лісів Карпатського регіону.

У стиглих і пристигаючих соснових насадженнях I-IV класів бонітету заготовляють значні обсяги живиці. Цю сировину заготовляють тоді, коли у складі насадження нараховують понад 40% придатних для підсочування дерев хвойних порід, що після закінчення терміну підсочення будуть призначені до суцільної або останнього прийому поступової рубки головного користування. Також у лісах провадять заготівлю другорядних лісових матеріалів, таких як: пні (осмол та дрова); луб, кора (лікарська та технічна сировина, сировина для виробництва дьогтю); деревна зелень (використовують як корм для тварин, на технічні, ритуальні та інші потреби). Крім заготівлі другорядних лісових матеріалів, здійснюють побічні користування: збирання та заготівлю дикорослих плодів, горіхів, грибів, ягід, лікарських рослин, деревних соків, очерету, лісової підстилки, сіна, розміщення пасік і випасання худоби.

Оскільки не у всіх лісових районах і типах лісу для забезпечення росту цінних порід можливе природне лісовідновлення, у певних випадках виникає необхідність у культурному лісовідновленні. Процес лісовідновлення та лісорозведення є досить затратним, тривалим і складним. Однак він є необхідним.

Вибір виду рубки, особливо у гірських лісах, зумовлений особливостями рельєфу, крутизною схилів, стійкістю ґрунтів проти водної ерозії, економічними умовами лісового підприємства тощо.

Суцільні рубки у гірських лісах невинуваті як в екологічному, так і в економічному плані. Вони спричиняють нищення біорозмаїття. Ці порушення часто невидимі на перший погляд, тому що вони досить малі за розміром (руйнування мікроорганізмів у ґрунті) або досить витончені, щоб їх фіксувати (перехоплення опадів старими деревами). Первинні негативні наслідки суцільних рубок виявляються лише через багато років. Суцільні рубки не зберігають складу та структури лісу на будь-якому рівні функціонування. Щодо економічної недоцільності суцільних рубок, то необхідно зауважити, що такі рубки дають великий прибуток, але тільки тимчасово, вони не дають змоги отримувати прибуток у майбутньому (наступними поколіннями лісокористувачів).

Для того, щоб уникнути екологічних та економічних втрат від суцільних рубок, лісокористувачі повинні розцінювати їх не тільки як процес зрізу прямо-

стійних дерев. Для прийняття правильних управлінських рішень відносно оптимального лісокористування потрібно враховувати майбутній стан економіки та екології лісу, причому потрібно враховувати прибутки від усіх компонент лісової екосистеми DMFR [157]. Екологія та економіка у лісі – взаємопов'язані поняття. У разі погіршення чи покращення одного з них через певний проміжок часу відповідно пропорційно зміниться й стан іншого.

Ефективними рубками у горах є поступові із застосуванням кінного підвезення і трелювання підвісними канатними установками, їх застосування сприяє успішному природному поновленню та збереженню ґрунтів від ерозії. Суцільні рубки доцільно проводити у зимовий період, оскільки внаслідок глибокого снігового покриття наземне трелювання забезпечує мінімальне пошкодження ґрунтового покриву. Канатними установками трелюють ліс у підвісному та напівпідвісному положенні, тому шкода, яка завдається ґрунтовому покриву, менша, ніж під час використання тракторів, особливо гусеничних, оскільки привід установки не руйнує ґрунту і не пошкоджує підросту.

Внаслідок вичерпання експлуатаційного фонду за останнє десятиріччя величина розрахункової лісосіки зменшилась. Але навіть і в таких умовах її використовують не повністю.

Серед найпоширеніших порушень під час рубок головного користування можна відзначити: погане очищення лісосік; пошкодження рубками дерев, не відведених під рубки; залишення пнів висотою вище встановленої норми. Облік кількості знищеного підросту і пошкоджених лісових ґрунтів не ведеться. Стаються випадки невикористання лісокористувачами лісосічного фонду протягом тривалого періоду, або несвочасне його освоєння; недбале ставлення до очищення місць рубок від порубкових решток призводить до витрат деревини, пожеж, економічної шкоди.

Таким чином, найважливішою проблемою під час заготівель лісу є не кількість заготовленої щорічно деревини, а те, якими способами і з застосуванням яких технологій деревину заготовлюють і транспортують з гір. Отже, майбутнє за технологіями і способами рубок, що мають екологічну та енергозберігаючу спрямованість.

В умовах розвитку економіки України та виходячи з екологічних, економічних і соціальних цілей, держлісгоспи повинні забезпечувати:

- покращення якості лісів та наближення їх характеристик до ознак нормальних лісів;
  - збільшення запасів деревини на корені;
  - підвищення ефективності екологічних функцій лісу;
  - збільшення товарності лісів, враховуючи всі компоненти системи DMFR;
  - роботою та доходами не тільки працівників ДЛГ, але й місцеве населення;
  - сприяти сталому розвитку території;
  - рекреаційне збереження лісу та розвиток туризму.
- Для виконання цих вимог держлісгосп повинен:
- переглянути політику рубок догляду у пристигаючих, стиглих і перестиглих лісах;
  - підвищити якість посадки, посіву та догляду за молодим лісом;

- вести незбиткове господарювання;
- впроваджувати менш руйнівні методи та технології лісокористування;
- проводити планування лісокористування з урахуванням системи природоохоронних обмежень;
- орієнтувати лісокористування та лісопереробку на місцеві потреби та можливості;
- використовувати недеревні корисності лісу;
- інформувати місцеве населення про лісогосподарську активність у лісі.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

### 2.1. Об'єкти оптимізації

Оптимізація комплексного лісокористування передбачає насамперед оптимальний рівень використання всіх компонент лісової системи DMFR, зокрема: збільшення відсотка використання приросту, зростання питомої ваги поступових і вибіркових рубок, впровадження ландшафтно-водозбірних принципів під час планування та ведення лісового господарства, вдосконалення методів догляду за лісами, спрямованих на формування стійких деревостанів із високою якістю деревини, розвиток рекреаційної, туристичної та мисливської галузей тощо.

У процесі моделювання комплексного лісокористування лісівничих процесів на основі еколого-економічних критеріїв насамперед потрібно визначитись з об'єктом оптимізації. Об'єктами оптимізації зокрема можуть бути: *розмір лісокористування* або *оборот рубки* (час використання лісових ресурсів, «збирання врожаю»).

Згідно з Лісовим кодексом України, *розрахункова лісосіка* – це щорічна науково обґрунтована норма заготівлі деревини в порядку рубок головного користування, яку затверджують для кожного власника, постійного користувача лісів окремо за групами порід, виходячи з принципів безперервності та невишнужливості використання лісових ресурсів [89].

Сьогодні у зарубіжній та вітчизняній практиці методи встановлення розрахункової лісосіки можна умовно поділити на три основні групи:

- за площею (радянська та вітчизняна практика);
- за запасом (США та Канада, але досить значну увагу приділяють і приросту) [193];
- за приростом (Фінляндія, Норвегія, Швеція, Німеччина, Чехія).

Середня зміна запасу не може бути визначальною для встановлення розрахункової лісосіки. Для стиглих і перестиглих насаджень вона дає у 1,2-1,5 рази завищені обсяги приросту, порівняно з методикою, що базується на прирості. Однак правильною ознакою зміни запасу є поточна зміна запасу, тому жодна методика зокрема не може надати оптимальний результат. Вихід повинен полягати у поєднанні вищезазначених методик.

Сьогодні в Україні для вибору лісосіки (за суцільного способу рубки) здійснюється обчислення таких видів лісосік:

1) лісосіка за станом, яка є мінімальною нормою лісокористування

$$L_c = \frac{S_c}{t}; \quad (2.1)$$

2) лісосіка рівномірного користування (поточний приріст різко змінюється з класами віку)

$$L_n = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{m} \cdot \Delta; \quad (2.2)$$

3) перша вікова лісосіка

$$L_1 = \frac{\sum_{i=l_{np}}^n S_i}{m - l_{np} + 1} \cdot \Delta; \quad (2.3)$$

4) друга вікова лісосіка

$$L_2 = \frac{\sum_{i=l_{cpe}}^n S_i}{m - l_{cpe} + 1} \cdot \Delta; \quad (2.4)$$

5) раціональна лісосіка

$$L_r = \min \left\{ \frac{5S_{m-k}}{\Delta} + \frac{\sum_{i=m-k+1}^n S_i}{k\Delta}; L_n \right\}, \quad (2.5)$$

де:  $S_c$  – загальна площа деревостанів, які потребують головної рубки за станом внаслідок втрати цими насадженнями біологічної стійкості через пошкодження пожежами, хворобами та стихійними природними явищами;

$t$  – виробничо можливий термін вирубування пошкоджених насаджень;

$i=1, 2, \dots, m, \dots, n$  – класи віку;

$m$  – початковий клас віку стиглих насаджень;

$S_i$  – площа насаджень  $i$ -го класу віку;

$\Delta$  – тривалість класу віку;

$l_{np}$  – початковий клас віку пристигаючих насаджень;

$l_{cpe}$  – початковий клас віку середньовікових насаджень, включених у розрахунок другої вікової лісосіки;

$k=1, 2, \dots, m$  – кількість циклів розрахунку.

Загальним недоліком зазначеної методики є неврахування поточного приросту, повноти насаджень тощо. Звичайно, цю методику потрібно використовувати для кожного окремого лісового господарства, для кожної окремої господарської секції, враховуючи їх фактичний стан і певні особливості.

Стиглість лісу, на нашу думку, є головною, але не єдиною величиною, якою можна керуватись під час встановлення лімітів і термінів лісокористування. Сьогодні розрізняють такі види стиглості лісу [42, 43]:

- *природна* (стан насадження або окремих дерев, при якому вони переходять у стадію відмирання);
- *відновлювальна* або фізична (найкраще природне поновлення насаджень). Розрізняють порослеву (той максимальний вік, при якому дерево чи лісостан ще спроможні на достатню кількість порослі) та насінневу (той найменший вік, при якому дерева або лісостан уже дають достатній урожай насіння для заліснення зрубів) відновлювальну стиглість;
- *фізіологічно* стиглим вважають такий лісостан, у якому спостерігається найбільший поточний приріст деревної маси (максимальний ефект оздоровлення навколишнього середовища);

- *кількісна* (максимальний середній об'ємний приріст, тобто однаковість поточного та середнього приростів);
- *технічна* (максимальний середній приріст провідного сортименту або групи основних сортиментів);
- *якісна* (середня ціна 1 м<sup>3</sup> деревини, знайдена як середнє з цін окремих сортиментів, досягає найбільшої величини);
- *господарська* (максимальний річний грошовий прибуток);
- *захисна* (період, під час якого максимально проявляються захисні функції лісу);
- *економічна* (найвищий економічний ефект);
- *фінансова* (приріст насадження за вартістю становить не менше дисконтованої суми залучених капіталів).

Узагальнення досвіду вітчизняних і зарубіжних науковців та практиків і врахування екологічної та економічної корисності лісу дає можливість сформулювати такі принципові положення встановлення стиглості лісу [42, 85, 87]:

1. Деревостани, які досягли віку стиглості, повинні найповніше задовольняти потреби національної економіки у деревині відповідно до структури споживання.
2. Ліс можна вважати стиглим не раніше досягнення ним максимальної загальної продуктивності деревостану та максимального виходу основних сортиментів, визначених відповідно до пункту 1.
3. Стиглість лісу повинна відповідати максимальній рентабельності лісовирощування.
4. Стиглий ліс забезпечує максимум прибутку від продажу деревини, відповідно до вимог пунктів 1 та 2, з урахуванням вартості її заготівлі, вивезення та первинної переробки на основні види продукції.
5. Стиглість лісу повинна враховувати здатність до відновлення деревостану та можливості природного лісовідновлення.
6. Зміна віку стиглості, а відповідно й віку та обороту рубки, можлива лише там, де можна організувати лісокористування без зниження його обсягів, забезпечити неперервність та відносну рівномірність лісокористування.
7. Стиглість лісу та вік рубки повинні бути диференційовані залежно від стану деревостану. Під час розрахунку стиглості потрібно враховувати таксаційні показники насадження (середній діаметр, повноту, густоту, клас бонітету, тип лісу та запас).
8. Деревостани не можна вважати стиглими до того часу, поки не відбудеться зменшення їх екологічної корисності (особливо для лісів першої групи).
9. Для стиглостей лісу, що визначають на основі екологічних критеріїв, необхідно вести розрахунок не тільки за динамікою корисності, що досліджується у конкретному насадженні, але й розглядати просторово-часову характеристику об'єкта господарської діяльності.
10. Під час розрахунку стиглості лісу необхідно добиватися оптимуму економічних результатів лісовирощування з отриманням максимуму екологічної користі лісу.



З метою забезпечення вимог неперервності та сталості лісокористування для встановлення стиглості лісу, об'єктом дослідження повинно бути не тільки окремо взяте насадження або дерево, але і просторово-часова структура. Необхідність оптимального поєднання економічних та екологічних факторів сталого лісокористування призводить до виділення трьох головних видів стиглості [85]:

- економічна – досягається максимальна економічна ефективність сталого лісокористування;
- екологічна – досягається максимальна екологічна ефективність сталого лісокористування;
- еколого-економічна – досягається максимальна еколого-економічна ефективність сталого лісокористування.

У кожному виді стиглості, незалежно від виду, повинен бути більшою чи меншою мірою екологічний фактор сталого лісокористування.

Екологічну складову стиглості, яку характеризує максимальна продуктивність лісів, виражають показник середнього приросту, який акумулює процес відновлення лісу, обумовлюючи сталість лісокористування на конкретній території в аспекті «час-простір», та метод встановлення стиглості за загальною продуктивністю деревостану, який відповідає як економічним, так і екологічним критеріям, оскільки включає у запас не тільки основну частину деревостану, але й суму відпадів, які виконують середовищеві роль, включаючи депонування вуглецю.

## 2.2. Критерії оптимізації лісокористування

Зародження та розвиток теорії земельної ренти бере свої початки з XVII-XVIII ст. внаслідок введення податку на землю. Першим ідею єдиного податку на землю ввів відомий філософ Джон Локк, надавши землі статусу першого джерела багатства.

Адам Сміт вказував на те, що плата за працю, рента із землі та прибуток на капітал – три первинних види доходів. Давид Рікардо вважав обмеженість землі та природних ресурсів головним стримуючим фактором економічного розвитку. Також він дійшов висновку, що на ділянці землі витрати на отримання однієї і тієї ж величини додаткової продукції щоразу потребують дедалі більших затрат, що знижує ренту.

Вчення Рікардо розвинув Джон Стюарт Міл, який вважав, що постійне підвищення вартості землі завдяки праці та розвитку суспільства повинне належати суспільству, а не власникам землі. Особливої уваги заслуговують погляди Генрі Джорджа, який вважав, що зростання кількості населення, прогрес суспільства та обмеженість природних ресурсів призводять до постійного підвищення цінності землі та розміру земельної ренти. Теорію диференціальної ренти, згідно з якою власник кращої землі отримує додатковий прибуток, розвинув у своїх працях К. Маркс.

Розвиток теорії лісової ренти тісно пов'язаний з німецькими лісовими економістами Фрідріхом Вільгельмом Леопольдом Пфейлем та Джоаном Крістіаном Хундесагеном. Пізніше цю теорію розвинув Готлоб Конінг, Джоан Хейнріх фон Тхунен, Макс Роберт Преслер, Густав Хесер, Макс Ендрес та, зокрема, Мартін Фаустман. Працю останнього, опубліковану у 1849 році, добре відомо сьогодні у цілому світі, а вперше представлений цій праці формулу можна розглядати як центр теорії земельної ренти, що донині є взірцем сталого лісокористування. Однак застосування цієї концепції потребувало значних змін у практиці лісового менеджменту через зменшення звичних оборотів рубок і повноти насаджень. У підсумку, теорія земельної ренти заперечувала принцип сталого врожаю, який був центральною ідеєю лісівництва у Західній Європі, починаючи з XIX ст. Оскільки ведення лісового господарства майже ніколи не розпочинається як інвестиція у незаліснену ділянку, а повинне керувати існуючими, вже створеними лісовими екосистемами за принципами сталості, невичерпності та самовідновлюваності, то теорія отримання найвищого річного доходу здавалася найбільш придатною. Однак максимізація найвищого доходу не враховувала значно тривалий проміжок часу між входом і виходом у процесі лісовирощування. Разом із тим, цей принцип заперечував реалії лісівництва, тому що не враховував брак фінансових фондів, тобто обидві теорії не давали корисного реального вирішення проблем лісової економіки.

Спроба надати лісівництву раціонального економічного базису така ж давня, як і саме кероване лісівництво. Протягом останніх двох століть багато відомих учених і практиків працювали над цим питанням.

Ще у 1822 році Фрідріх Вільгельм Леопольд Пфейл писав, що метою лісівництва є отримання найвищої земельної ренти, а не продукування найбільшого об'єму ділової деревини. Пфейл дійшов висновку, що оптимальним буде такий оборот рубки, для якого може бути досягнута найвища земельна рента. Однак він не зміг математично довести свого припущення.

Тоді як Пфейл намагався надати лісникам практичні рекомендації на основі найвищої земельної ренти, Джоана Крістіана Хундесагена можна вважати першим, хто створив базис для теорії земельної ренти. У своїх працях він наголошував на природі ростучих деревостанів як капіталу і закликав до застосування у розрахунках оптимального обороту рубки та норми прибутку, описуючи унікальність лісівництва. Отже, він сумував показник прибутку на капітал і землю разом із коштами посадки, вирубки та адміністрування.

Готлоб Конунг значно розвинув елементи теорії земельної ренти і намагався пристосувати її до потреб практичного лісівництва. Він особливо акцентував увагу на аналізі впливу тривалості обороту рубки на збільшення обсягу та вартості лісових ресурсів.

Досить цікавим є те, що добре відомий фермер та економіст Джоан Хейнріх фон Тхунен дослідив лісівництво у третій частині своєї відомої книги «Ізольована держава». Його праця включає принципи визначення земельної ренти, оптимального обороту рубки та вартості різновікових хвойних насаджень.

Мартін Фаустман (напевно найбільш впливова та визначна особа в економіці лісокористування) знайшов правильне рішення оцінки лісової землі. Він

написав 150 років тому свою всесвітньо відому працю «Обчислення вартості, яку мають для лісівництва лісова земля та нестиглі деревостани» [186]. Його відома формула оцінює лісову землю як джерело постійного (перманентного) періодичного доходу від лісової продукції. Цю так звану очікувану вартість землі було також використано як вказівник для встановлення оптимального складу порід деревостанів, найкращого догляду за ними і для знаходження оптимального обороту рубки.

Відомий шведський економіст, лауреат нобелівської премії 1977 року, Бертіл Олін вдосконалив формулу Фаустамана і звів задачу до знаходження періоду ротації, який забезпечував би з максимізацію теперішньої вартості лісових ресурсів (теорема Фаустамана-Оліна).

Розвиваючи далі існуючі основи теорії земельної ренти, Макс Роберт Преслер (1860 р.) дав імпульс для подальшого розвитку вивчення прибутковості у лісівництві – його ім'я особливо близько асоціюється з індексацией відсотком Преслера, який допомагає встановити фінансову зрілість певного конкретного деревостану.

Густав Хеєр намагався поєднати існуючі методи для обчислення прибутковості в лісівництві, він визначає лісову статистику як метод оцінювання рівноваги між витратами і прибутком [203]. Цей метод повинен допомогти визначити допустимість економічної активності у лісівництві, і якщо така можливість існує, то до якого моменту часу.

Взагалі теорія земельної ренти намагається перенести модель «гомо економікус» на лісівництво з позиції ліберальної ринкової економіки. Математичну оптимізацію використовують для визначення найкращого способу лісового менеджменту. Оптимальну стратегію менеджменту визначають максимізацією очікуваної вартості землі [91, 98]. Оптимально вкладаючи дефіцитні ресурси, цей 150-річний метод відповідає принципам неокласичної теорії інвестування. Тому теорію земельної ренти можна розглядати як попередницю економіки лісового менеджменту, базованою на теорії прийняття рішень.

Згідно з Ендресом, застосування теорії земельної ренти зруйнувало доктрину: чим важча деревина виробляється, тим більший економічний успіх досягається у лісівництві. Обчислення потребували, щоб усі заходи лісового менеджменту, граничний рівень прибутку яких є нижчий за лімітуючу норму, були зупинені та всі ростучі деревостани – вирубані. Отже, застосування цього правила закликала до значного зменшення обороту рубки та повноти насадження. Тому лісові підприємства були змушені значно зменшити загальний фонд [183]. Потрібне зменшення обороту рубки та повноти насадження заперечувало принципи сталого врожаю, який став центральною ідеєю німецького лісівництва. Робота кількох поколінь лісників, які перебудували ліси після історичного спустошення Середніх віків, здавалося, піддавалася небезпеці. Отже, вимога ліквідувати значну частину капіталу лісового виробництва зіштовхнулася з сильною опозицією лісових практиків та вчених.

Відомим опонентом теорії земельної ренти був Герхард Боргерв. У 1878 році він написав книгу «Теорія лісової ренти – особливо так звана лісова статика від професора, доктора Густава Хеєра, її наукова незначимість та економічна

небезпека». Уже назва свідчить про те, що дебати були дуже неприємними і боротьба не мала характеру справедливої та нейтральної наукової дискусії. Боргрев писав: «Завдання лісників у першу чергу в підтримці (збереженні) лісу, а не у руйнуванні чи зменшенні його» [199].

Свого часу стрімко розвивалась і претендувала на те, щоб бути головною метою лісівництва антитеза теорії земельної ренти, так звана теорія найвищого річного прибутку. Згідно з цією концепцією, лісокористування повинно було досягати найвищого загального запасу, не беручи до уваги приросту. Оскільки лісокористування Центральної Європи тоді потребувало управління існуючими стиглими та перестиглими лісами згідно з принципами сталості, то допускали, що ренти на землю та ліс можна не брати до уваги. Це обґрунтування прийняли як практики, так і вчені, оскільки, здавалося, було ближчим до наявної ситуації, ніж теорія земельної ренти. Остання зазнавала критики, оскільки була зосереджена лише на вигоді від виробництва деревинної продукції, а недеревинну продукцію лісу, яка почала набувати великої значущості для суспільства, не враховувала. Це призвело до того, що Отто Хаген, тодішній голова Пруської державної лісівничої адміністрації, виголосив так звані «золоті слова»: «Пруська державна лісівнича адміністрація не дотримується принципу отримання найвищого прибутку. На противагу приватним лісовим підприємствам, вона відчуває себе зобов'язаною управляти лісами так, щоб підтримувати рівний потік численних продуктів для загального добробуту та майбутніх поколінь» [246].

Сьогодні світове лісівництво сильно прив'язане до підходу сталого менеджменту для суспільної користі, що не всі схвалюють, оскільки багато вчених вважають, що лісове господарство є або повинне бути скероване на фінансову мету, оскільки це передбачалося теорією земельної ренти, або ще передбачається більшістю сьогоденних інвестиційних моделей.

Але навіть теорія найвищого річного доходу не змогла б вирішити основну економічну проблему в лісівництві. Не можна припускати, що лісівництво має контроль над необмеженими фондами. Карл Абез у 1929 році писав, що спроба максимізувати доходи від лісів є абсурдною, оскільки не враховується нестача фінансових фондів і соціальне забезпечення.

Оскільки ні теорія земельної ренти, ні теорія найвищого річного доходу не змогли, безперечно, розробити методи, придатні для вирішення проблем лісової економіки, сьогодні немає необхідності в обґрунтуванні лісової економіки для практичного лісівництва. Практичне лісівництво керується принципово новими лісівничими та екологічними моделями і намагається втілити у життя наближене до природи лісокористування.

Відмова від економічних критеріїв у лісівництві в підсумку виявилася незадовільною як для лісової науки, так і для практики. Стрімкий розвиток, доступність комп'ютерної техніки та математичних методів призвели до того, що сьогодні з допомогою імітаційних, динамічних моделей ми можемо описати майже всі лісівничі заходи (як станом на сьогодні, так і прогнозування наслідків діяльності). Виникає потреба у визначенні найкращих заходів з урахуванням їх еколого-економічної ефективності.

Встановлювали вартість та оцінювали рівень лісових платежів й українські вчені [37, 55, 60, 93, 102, 138, 146]. Згідно з розробленими методиками, кореневу плату розглядають як мінімальний норматив плати. Такі нормативи кореневої плати диференціюють з урахуванням основних рентоутворювальних факторів: лісові деревні породи; запас ділової деревини і дров; об'єму ділової деревини; середній об'єм хлеста; запас деревини на 1 га; середня віддаль трелювання; віддаль вивезення деревини на кінцеві пункти; тип лісовозної дороги; вид рубки. Ці нормативи дають змогу обґрунтувати його вихідну ціну.

Моделі прийняття рішень тільки здаються корисними, якщо вони враховують багато різних цілей та обмежень. Центральним обмеженням у лісівництві сьогодні, безперечно, є підтримання сталості тобто, підтримка обсягів виробництва існуючих деревостанів усередині лісових підприємств. Тому основною проблемою у лісівництві сьогодні не є необхідність вкладення капіталу в лісове господарство, а проблема знаходження оптимального розміщення існуючого капіталу.

Дотримання сталості має важливе значення й у процесі моделювання комплексного лісокористування. Визначаючи сталість у термінах запасу ростучих стволів, який не повинен зменшуватись, можна зафіксувати нормативні показники у лісовій політиці. Обмеження безумовності сталості веде до визначення внутрішньої маргінальної ставки відсотка.

Протягом усієї історії розвитку виробництва лісового господарства основною ідеєю було і є отримання максимальної кількості деревних продуктів без виснаження наявних деревних запасів та без зниження продуктивності лісів. Як бачимо, ця ідея витримала перевірку часом та отримала назву – принцип безперервного (рівномірного) лісового користування. Загальна суть названого принципу полягає у встановленні рівноваги між розміром щорічної рубки лісу та величиною річного приросту, під час миттєвого відновлення наступного покоління лісу на території рубання. Якщо така рівновага досягається, то лісокористування може повторюватись нескінченну кількість разів, тобто воно є теоретично безмежне (один із критеріїв Фаустмана).

В Україні економічне оцінювання лісових земель сьогодні здійснюється залежно від мети оцінки та наявності інформаційного матеріалу відповідно до двох концепцій: затратної та рентної.

Затратна концепція визначається за критерієм витрат на освоєння і використання нових ресурсів. Її засновано на теорії трудової вартості (потенційної продуктивності) [153].

Рентна концепція визначається за критерієм господарського ефекту. Власне, рентна концепція сьогодні у цілому світі набула широкого застосування, оскільки за її допомогою можна врахувати якісні показники ресурсів, які впливають на продуктивність праці та ефективність виробництва, виявити реальний економічний ефект від лісокористування. За своєю економічною суттю плата за використання лісових ресурсів є лісовою рентою, яка є доходом, що утворюється у власника лісу під час реалізації цих ресурсів за ринковими цінами. Величина лісової ренти найповніше відображає вартість лісових ресурсів.

Разом із тим, рентний підхід має і свої недоліки, серед яких необхідно відзначити нульові оцінки ресурсів лісу за найгірших умов лісового зростання та мінімальні оцінки близьких до них за своїми параметрами. Також рентний підхід потребує наявності прийнятих науково обґрунтованих цін на продукти та корисності лісу, що виключає врахування економії суспільної праці та дефіцитності ресурсу. Економічна оцінка лісових ресурсів за рентним підходом в Україні унеможливується через відсутність нормативів, які характеризують витрати на виробництво лісової продукції. Такі нормативи внаслідок непередбачуваних інфляційних процесів є недосконалими.

Сьогодні під час застосування рентного підходу потрібно враховувати передусім екологічний фактор, особливості вибору господарських рішень у сучасних умовах і технічний прогрес. Врахування екологічного фактора полягає у встановленні екологічних обмежень на будь-яку діяльність, встановленні режимів лісокористування, залежно від статусу природного об'єкта та ступеня його забруднення, а також від платежів за забруднення довкілля та інші види антропогенної діяльності.

Щодо економічної оцінки лісових ресурсів необхідно зазначити, що оцінювати за затратним і рентним підходами можна: лісові землі; лісові насадження; лісоземельні угіддя; другорядні ресурси деревини; ресурси побічного користування; екологічні функції; ліси рекреаційного призначення; мисливську фауну.

За рентного підходу розрізняють *комерційні*, *бюджетні* та *господарські* показники ефективності використання природних ресурсів [153].

Економічну цінність та використання результатів оцінок за затратним та рентним підходами наведено у додатку А.

Бажання оцінювати ліс не тільки як сукупність стовбурової деревини, але й враховуючи інші не менш важливі корисності лісу призводить до збільшення вартості лісу як системи DMFR. Спроби встановити загальну, сумарну економічну вартість всіх лісових ресурсів призвели до того, що виникла необхідність розділяти вартості лісу. Необхідно також враховувати існування вартості невикористання, існування та спадщини лісових ресурсів.

Однак не для всіх корисностей лісу може бути встановлена грошова вартість (етичні, культурні, релігійні), але брати до уваги їх потрібно у вигляді певних відносних величин. Ліс надає додаткові, незалежні та конкуруючі послуги, знаходити суму яких було б математично неправильно. Отже, сьогодні оцінювання певних видів лісокористування повинно здійснюватись так, ніби всі вони існують незалежно, хоч і на одній ділянці лісу [151, 152].

Багато корисностей лісу можуть доповнювати одна одну, інші – конкурувати або й взагалі бути несумісними. Під час багатоцільового використання лісових ресурсів кожна корисність лісу має свою специфіку, деколи для використання однієї корисності потрібно повністю або частково відмовитись від використання іншої. Наприклад, суцільні рубки у лісах негативно впливають на рекреаційні, водоохоронні та інші функції.

Отже, спроби встановлення конкретного значення загальної економічної вартості лісових ресурсів зазнають фіаско, тому виникає потреба у частковій, можливо відносній, оцінці найважливіших корисностей лісу.

Оскільки неможливо встановити загальну сумарну економічну вартість лісових ресурсів, а рентна та затратна концепції не повністю відображають існуючі в Україні економічні та екологічні процеси лісокористування, для забезпечення оптимального лісокористування необхідно розробляти та втілювати у життя принципово нові моделі оптимізації комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв.

### 2.3. Економіко-математичне моделювання та оптимізація лісокористування

Значні резерви підвищення ефективності лісокористування криються в оптимізації технологічних процесів і лісового менеджменту. Швидкий розвиток науки і техніки, розширення масштабів лісогосподарських заходів та їх можливий вплив на лісову екосистему і довкілля значно ускладнюють процес прийняття оптимальних управлінських рішень. У промислово розвинених країнах, особливо у США і Канаді, економіко-математичне моделювання стало повсякденною практикою лісового менеджменту. Їх досвід становить значний інтерес для лісового господарства України. Насамперед перед нами виникає проблема узагальнення досвіду економіко-математичного моделювання у лісовому секторі зарубіжних країн та розробка рекомендацій щодо розвитку наукових досліджень цієї проблеми в Україні.

Моделювання не є новим напрямом досліджень у лісовій науці. Починаючи з кінця 70-х років XX ст., зростає інтерес до економіко-математичного моделювання виробничих процесів у лісовому господарстві. Використання моделювання лісівничих процесів поширилось завдяки розробкам складних моделей та алгоритмів їх обчислення, широкому впровадженню комп'ютерної техніки у всі сфери виробництва, зростанню її обчислювальних потужностей [12].

Сьогодні існує велика кількість різних економіко-математичних моделей лісівничих процесів і робота над створенням нових моделей та вдосконаленням тих, що вже існують, інтенсивно продовжується, особливо за кордоном. Тому виникає необхідність в упорядкуванні всієї різноманітності моделей на основі загальних підходів, їх систематизації та класифікації.

Чіткої та однозначної класифікації моделей сьогодні не існує, та й сумнівно, чи її може бути створено взагалі, оскільки необхідно враховувати та зіставляти між собою надто велику кількість різноманітних факторів та ознак. Найбільш продуктивним, на наш погляд, є такий підхід, при якому за одними ознаками одна і та ж економіко-математична модель може належати до одного класу (групи, виду), а за іншими – до іншого. Всі економіко-математичні моделі лісівничих процесів пропоную розділяти за чотирма ознаками, залежно від: отриманого кінцевого результату (I клас); врахованих економічних особливостей змодельованих процесів (II клас); застосовуваних математичних методів та апарату (III клас); характеру зв'язків між змодельованими явищами (IV клас) [111].

У складі економіко-математичних моделей виділяють: оптимізаційні (екстремальні), імітаційні та змішані [77].

Оптимізаційні моделі – це такі моделі, у результаті реалізації яких відразу отримують оптимальні значення шуканих невідомих (керованих параметрів) [148]. При цьому характер перебігу модельованих економічних процесів або явищ не описують і не моделюють. Оптимальні значення шуканих параметрів завжди пов'язані з досягненням максимальних або мінімальних значень деяких економічних, екологічних чи соціальних показників (такі моделі часто називають екстремальними). Вони, зазвичай, передбачають мінімізацію екологічних витрат або максимізацію прибутків.

Імітаційні моделі – це комплексні математичні та алгоритмічні моделі досліджуваної системи, що досліджуються за допомогою машинної імітації або імітаційного моделювання. Тобто здійснюється копіювання (наслідування) на ЕОМ реальних чи гіпотетичних процесів [147].

На наш погляд, найбільш вдалим у процесі оптимізації лісокористування є застосування змішаних моделей, що надають можливість поєднання імітації лісових процесів з екстремальними критеріями.

Більшість моделей лісового менеджменту розробили вчені США. Їх впроваджувала у життя Американська лісова служба (US Forest Service). Найвизначнішою є робота А.Мартіна та П.Сендака [230], що дала імпульс до написання понад 400 праць з дослідження операцій у лісівництві. Методи досліджень операцій у лісівництві розглянуто у працях Р.Філда [187], Т.Харрісона та С.де Клювера [200], Б.Бара [170]. Але, на жаль, результати досліджень американських учених через свою специфіку не можуть бути повністю використані для європейського, зокрема українського, лісового менеджменту. Значний внесок у розроблення методів дослідження операцій у лісівництві стосовно європейських лісів зробили Л.Валста [249] та Х.Курф [223].

Практично всі моделі лісового менеджменту розроблено для досягнення ефектів від прийнятих рішень лісового менеджменту. Їх класифікують за такими критеріями:

- блоками чи рівнями, які розглядають (окремі дерева, ліси, підприємства, регіони тощо);
- детерміністичними і стохастичними властивостями;
- алгоритмом реалізації моделі (лінійне, динамічне програмування, багатокритеріальні прийняття рішень тощо).

У 1976 році уряд США замовив Американській лісовій службі розробку та впровадження універсальних (багатоваріантних) управлінських планів для кожного з 122 адміністративних блоків. У 1979 році лісова служба завершила розробку інструментарію системи лінійного програмування для використання у лісовому менеджменті (відома під назвою FORPLAN). Досвід Американської лісової служби щодо застосування моделей FORPLAN узагальнили Б.Кент, Дж.Келлі та В.Фловерс [214]. Ця система лінійного програмування охопила 2/3 площі лісів США, її успішно використовували до 1985 року. Застосування детермінованої моделі у системі FORPLAN ускладнювало її практичне використання, тому з'явилися роботи, які пояснювали користувачам отримані результати моделювання в умовах невизначеності росту дерев. Зокрема, С.Ганн розглядає проблему ієрархічного планування лісового менеджменту, приділяючи осо-



бливу увагу моделям тактичних рівнів [197]. Розглядаючи проблему стосовно стохастичного програмування, К.Као висловлює своє розуміння достовірності даних і значення процесу планування [212].

Методи нелінійного програмування Дж. Хоф використовував для пояснення взаємодії різних компонентів екосистеми модельованого лісу в контексті оптимізації [204]. Для вирішення проблем послідовних рішень І.Броді, Д.Адамс, К.Као [174] та Г.Джоебстіл [209, 210] застосовували такі версії детерміністичного стохастичного програмування, як моделі дискретного часу та стану. Динамічне моделювання вони використовували з метою максимізації стійкості фінансового прибутку в результаті вибору найкращої, за принципом Белмана, стратегії [250].

Використання дискретних стохастичних динамічних моделей (моделей прийняття рішень Маркова) ефективно для аналізу політики лісового менеджменту [205, 217]. Навіть результати, отримані завдяки реалізації найпростішого типу такої моделі, надають багато інформації для подальшого аналізу (наприклад, профілювання ландшафтної різноманітності щодо національних катастроф [232]; досягання лісу на різних послідовних стадіях тощо [226]).

Детерміністична модель, яку описав А.Ховард [206], базується на методах, розроблених для прийняття рішень на основі множинних критеріїв та успішно використовується для планування стиглості лісу.

Перші спроби застосувати множинні критерії за допомогою цільового програмування для лісового менеджменту зробив Г.Мендоза [231], які продовжились із використанням багатоцільових методів у багатьох наукових роботах [171, 194, 251]. Під час використання багатоцільової моделі лісового менеджменту значну увагу надають збереженню біорозмаїття [211].

У 1994 році вчені Орегонського державного університету (США) розробили Програму планувального та сітьового аналізу (SNAP), що поєднувала у собі просторовий аналіз і планування дій щодо управління ресурсами на рівні ландшафту [241]. Цього ж року дослідники з аналітичного центру Американської лісової служби розробили систему IMPLAN (Аналіз впливу для планування), яка замінила зазначену вище систему FORPLAN і сьогодні з успіхом використовується в Американських національних лісах для створення регіональних економічних моделей. Вона враховує основні економічні чинники, зокрема: зайнятість, дохід та збут продукції. За допомогою IMPLAN можна також досліджувати економічний вплив таких чинників, як: державна політика, економічний розвиток, туризм, поширення ресурсів.

Нелінійна динамічна модель лісового та сільськогосподарського секторів у США (FASOM) дала можливість вперше врахувати елементи екологічної ефективності шляхом розрахунку вартісної оцінки «ізольованого» вуглекислого газу (кількості вуглекислого газу, непоглинутого вирубанними деревами) [167].

У 1994 році Дж.МакКартером із Вашингтонського університету (Сіетл) розробив Ландшафтну систему менеджменту (LMS). У цій системі передбачено те, що довготривалій лісовий менеджмент потребує врахування великої множини вхідних значень, і спрощення Ландшафтної системи менеджменту можна здійснити за допомогою аналізу комп'ютерними системами технічних аспектів

ландшафтів, координації структури позиції поперек ландшафту та збалансованого компромісу серед різних їх значень. LMS дає змогу менеджерам використовувати інформаційну систему GIS, опис та позиційну проекцію даних, а також відтворювати всі наявні ресурси системи візуально та за допомогою графіків, карт, електронних таблиць.

Іншим комплексом зручних для користувачів систем підтримки рішень є система SPECTRUM, яку розробила Американська лісова служба у 1996 році для менеджменту екосистем [243]. Система SPECTRUM здатна підтримувати адресацію запитів, пов'язаних із документами Американського національного лісового менеджменту. Це є розширена версія системи FORPLAN. В її основі покладено методи лінійного, цільового, цілочислового та стохастичного програмування. Цей комплекс використовує покрокову лінійну апроксимацію для нелінійних відношень.

Особливе місце під час оцінювання ефективності рішень на рівні окремих лісових господарств, фірм та об'єднань посідає маржинальний аналіз [113], який вводить у сферу економічних досліджень елементи диференціального числення – граничні величини (граничні: затрати, дохід, продуктивність і тощо). Джерелом цієї теорії стала теорія граничної корисності, заснована австрійською економічною школою. За допомогою такого аналізу досліджують виробничі функції підприємств. Маржинальні методи використовують також для оцінювання ефективності використання лісових ресурсів, оптимізації розмірів та структур лісопереробних підприємств, визначення попневої плати, аналізу динаміки її розвитку, обґрунтування рубок у лісовому господарстві.

Застосування маржинальних методів для оцінювання ефективності використання лісових ресурсів має тривалу історію [113]. За основу цього методу взяте поняття нульового маржину (*zero margin*). За цим методом із всього запасу деревини вирубують дерева, маржинальна вартість яких  $\geq 0$ . Отже, із деревного запасу на певній ділянці, що відведена для рубки, вирубують лише ті дерева, які забезпечують лісовласнику максимальну величину лісового доходу. Цей метод економічних досліджень приваблює дослідників своєю простотою. Разом із тим, він має чимало недоліків, зокрема:

- орієнтує лісовласника головним чином на поточні інтереси (не враховує потенційні майбутні додаткові доходи);
- не зовсім відповідає принципам сталого розвитку лісового господарства, яке орієнтує лісовласників на комплексне використання всіх компонент системи DMFR;
- не завжди спрямовує лісовласників на застосування екологічно спрямованих технологій у лісозаготівельному виробництві.

Водночас, не варто нехтувати маржинальними методами дослідження, оскільки вони є простими у застосуванні та більш зорієнтованими на потреби ринку. Їх доцільно застосовувати у випадках, коли компоненті D (деревина) належить провідне місце в оцінюванні всіх компонент лісових ресурсів (DMFR). Його доцільно застосовувати також у випадках, коли вилучення компоненту D із системи DMFR істотно не впливає на продуктивність інших компонент системи (M, F та R). Цей метод буде досить ефективним, коли у критерії його за-

стосування ввести екологічні імперативи, зокрема передбачити трансформацію негативних зовнішніх ефектів у економічні витрати. Його застосування є особливо привабливим для приватних лісовласників України, які з'являються разом з оновленою земельною політикою, що відображена у Лісовому кодексі України.

Особливо придатні маржинальні методи економічних досліджень для оптимізації відтворення і використання лісових ресурсів в умовах плантаційного лісовирощування, оскільки основне завдання лісових сировинних плантацій отримання максимального лісового доходу, не беручи до уваги інші послуги лісу.

В основу маржинальних методів покладено співвідношення маржинальних (граничних) доходів та витрат, що призводить до знаходження умов ефективного використання виробничих факторів, тобто досягнення максимального прибутку. Маржинальний метод базується на моделі оптимізації, цільовою функцією якої є максимум прибутку (різниці доходів і витрат), що досягається у точці, в якій зрівнюються граничні доходи з граничними витратами. Такий підхід можливий лише для плантаційних лісів, оскільки досягнення максимального економічного прибутку не може бути метою під час ведення комплексного лісокористування. Встановивши чисту теперішню вартість (ЧТВ) прибутку від лісовирощування, можна розрахувати оптимальний оборот рубки. Звичайно, у разі практичного застосування методика зазнає багато критичних зауважень з боку екологів та біологів усього світу, які піклуються про забезпечення наближеного до природи лісокористування.

Під час застосування маржинального методу на основі вхідних даних (загального запасу лісового ресурсу ( $Q_i$ ) та поточного приросту ( $\Pi_i$ )) можна розрахувати наведені нижче показники.

Середній річний приріст з одиниці площі  $\bar{\Pi}_i$ :

$$\bar{\Pi}_i = \frac{\Pi_i}{t}, \quad (2.6)$$

де  $t$  – вік насадження, років.

На основі показників середнього та поточного приросту насадження будують графік, за яким можна наочно простежити значення оптимального сталого врожаю (MSY), що буде визначатись на перетині двох ліній, які їх характеризують.

Оптимальний вік рубки з метою отримання максимально сталого приросту буде вищим від оптимального віку збирання врожаю, який враховував би економічні фактори, оскільки не враховується вартість землі, а норма дисконту дорівнює нулеві. Внаслідок подальшого збільшення норми дисконту вік збирання врожаю зменшується.

Також можна розрахувати коефіцієнт темпу росту:

$$TR_i = \frac{\Pi_i}{Q_i}. \quad (2.7)$$

Щорічні граничні вигоди від очікування збирання врожаю (у випадку користування деревними ресурсами – додаткове збільшення загального запасу

деревини, яке отримує лісокористувач, збільшуючи вік рубки на одиницю часу) розраховують за формулою

$$W^i_{\text{marg}} = \eta \cdot P_i, \quad (2.8)$$

де  $\eta$  – ціна одиниці лісового ресурсу, грн.

Альтернативна вартість капіталу, втіленого у лісовий ресурс:

$$Z^i_{\text{marg}} = \eta \cdot Q_i \cdot p, \quad (2.9)$$

де  $p$  – банківський відсоток.

ЧТВ одного обороту лісового ресурсу у віці  $i$  будемо розраховувати за формулою

$$чТВ_i = \frac{\eta \cdot Q - C}{(1 + p)^i}. \quad (2.10)$$

Існує два методи подальшої оптимізації (максимізації) ЧТВ лісової землі:

1. Економічно оптимальний вік рубки приймають у тій точці, в якій досягається максимальне значення ЧТВ.
2. Економічно оптимальний вік рубки приймають у тій точці, в якій досягається рівність граничних вигод та затрат протягом додаткового року.

У багатьох випадках у процесі моделювання неможливо побудувати аналітичну (символічну) модель так, щоб вона адекватно пояснювала поведінку досліджуваного об'єкта, через його складність або неможливість математичного опису. Отже, для отримання достовірних результатів необхідно проводити натуральний експеримент, але оскільки лісівничі процеси є надзвичайно довготривалими та затратними, то реалізація експерименту буде неефективною. У таких випадках доцільно застосовувати імітаційне моделювання. Існує багато імітаційних моделей. Їх застосовують переважно як інструмент аналізу в лісовому менеджменті [208]. Серед них необхідно виділити модель FOBSI [209], розроблену в Австрії для точного прогнозу, пов'язаного з планом розвитку лісу головним чином на перехідних стадіях. Використання у плануванні лісового менеджменту імітаційних моделей не виключає подальшої оптимізації отриманих результатів.

Багатокритерійні методи із застосуванням інтуїтивної логіки та інтерактивних процедур, а також багатоваріантний аналіз, були розроблені для передбачення ефектів від різних політик лісового менеджменту, враховуючи екологічні, економічні та соціальні умови [218, 250].

За оптимізації процесів лісокористування, поряд з урахуванням економічного ефекту, останнім часом дедалі більшого значення набуває також екологічний. Сьогодні у практиці багатьох західних лісових підприємств екологічні витрати включають у розрахунки економічної ефективності [196, 224]. У відомих вітчизняних дослідженнях інтегральний еколого-економічний ефект розглядають як алгебраїчну суму двох різних за формами вияву ефектів, що досягаються зазвичай з різним знаком і лише в окремих випадках одночасно: традиційно економічного (зазвичай позитивного) та екологічного (як позитивного, так і негативного). Під екологічним ефектом тут

розуміють такі зміни у навколишньому природному середовищі, які впливають або можуть вплинути на економічні результати виробництва [248].

У процесі виконання розрахунків щодо економічної ефективності діяльності лісових підприємств особливих проблем не виникає, оскільки існує досить багато різних методів, які дають змогу отримати достовірні результати. Дещо інша ситуація з розрахунками екологічної ефективності лісокористування. Сьогодні немає досконалих методів розрахунку, які враховували б достатню кількість факторів впливу виробничої діяльності на екологічний стан лісів.

Управління лісовим господарством – надзвичайно складна та відповідальна діяльність. Складність виникає передусім через значну кількість факторів, які впливають на прийняття управлінських рішень. Іншою проблемою є те, що майже всі фактори мають випадкову природу. Отже, проблема не стільки у виявленні факторів, скільки у правильному їх математичному описі, помилки в якому можуть мати безповоротні наслідки.

Ще однією проблемою є значна тривалість виробничого циклу, що потребує досить точних розрахунків і прогнозів на стадії його планування.

У процесі моделювання комплексного лісокористування моделі мають як теоретичне, так і практичне значення. Вони становлять попередню стадію формулювання загальної теорії лісокористування, слугують корисним пояснювальним інструментом і необхідним засобом для встановлення прогнозів та оцінок. У практичному процесі прийняття рішень головною метою таких моделей є аналіз, оцінка та вибір із великої множини відносно подібних альтернативних варіантів, оптимальних стосовно попереднього встановлення можливих наслідків. Окрім цього, розв'язки таких моделей здебільшого мають не директивний, а тільки рекомендаційний характер.

Незважаючи на розвиток теорій математичного моделювання та використання комп'ютерної техніки, під час розрахунку комплексних завдань лісового господарства розбіжність між теорією і практикою сьогодні є досить значна. Тобто неможливо побудувати універсальну модель чи програму, яка вирішувала б всі проблеми лісокористування за допомогою будь-яких методів чи засобів (математичних, інформаційних, практичних) однозначно, оскільки кожен конкретний ліс та лісове господарство потребують свого, індивідуального підходу, виходячи з певних особистих властивостей.

Як відомо, метою діяльності будь-якого підприємства, також і лісового, є отримання максимального прибутку, але швидкий розвиток науки і техніки, розширення масштабів лісгосподарських робіт та їх можливі наслідки для лісової екосистеми та довкілля значно ускладнюють прийняття правильних управлінських рішень. Виникає потреба у розробленні механізму вибору оптимального рішення зі значної множини відносно подібних, причому під час планування лісокористування первинним повинен бути принцип сталої підтримки всіх екологічних і сировинних функцій лісу. Для прийняття такого рішення потрібен науковий підхід із використанням сучасних математичних методів та моделей дослідження операцій.

Основу лісовпорядкувального проектування становить раціональне (оптимальне) проектування розмірів і співвідношення лісокористування та лісо-

відновлення. Екологічна ситуація в Україні, та й у цілому світі, потребує сьогодні закладення у методи розрахунку розміру лісокористування принципу безперервного сталого користування лісом, який виходить з теорії нормального лісу. В основу теорії нормального лісу покладено чотири вимоги: найвищий середній приріст насаджень; рівномірний розподіл насаджень за віковими класами у межах обороту рубки; нормальний (оптимальний) розподіл насаджень на території; якість приросту і запасу насаджень, які повинні забезпечувати постійний лісовий дохід та рентабельність капіталовкладень [168, 185, 215]. Сьогодні завданням лісовпорядкування є розроблення моделей цільових (оптимальних) деєрєвостанів і лісів, моделей комплексного лісового господарства.

Найпростіші завдання оптимізації лісокористування наводять у вигляді матриць, у яких стовпці відображають певні результати лісогосподарської діяльності, а рядки – можливу стратегію. Такі завдання можна використовувати, наприклад, для вибору способу лісовідновлення у насадженнях, вибору оптимального, з позиції менеджера, складу лісу та ін. Під час вибору оптимальної стратегії розраховують оптимістичні та песимістичні оцінки альтернатив, а також застосовують різні критерії прийняття рішень: максимінний (Вальда), максимумний (оптимістичний), песимізму-оптимізму (Гурвіца), Лапласа (максимум середнього значення), Байєса-Лапласа, Ходжеса-Лемана. Звичайно для кожного лісового підприємства та для кожного менеджера критерії прийняття управлінських рішень суттєво відрізняються.

Оскільки методи лінійного програмування є найпростішими для опису та реалізації, то їх використовують найчастіше. Однак головним недоліком такого моделювання є детермінізм, який суперечить випадковій природі протікання процесів у лісовому господарстві. Іншим недоліком лінійного програмування є те, що воно не може повністю вирішити головних завдань лісокористування, якщо кількість деревини впливає на її ринкову вартість, без додаткового введення величин і взаємопов'язаних моделей [176, 177].

Методи *лінійного* програмування можна застосовувати для знаходження оптимального розділення лісовирощувального господарства, для досягнення максимального річного виробництва сіянців, для знаходження оптимального розподілу виробів за видами обладнання і, звичайно, класична задача лінійного програмування – для досягнення лісогосподарським підприємством максимального прибутку чи мінімізації затрат. Шляхом симетричного, структурного перетворення умов прямої задачі можна використовувати також і двоїсті задачі (зокрема встановлення мінімальної ціни, яка виражала б маржинальну продуктивність землі та трудових ресурсів).

Лінійне програмування також можна використовувати для оптимізації головного лісокористування шляхом оцінювання максимального розміру лісокористування за певних умов та обмежень. Цільова функція – максимум розміру лісокористування ( $Z$ ) [28, 74, 92, 178]. Оптимальне рішення відповідає дії моделі лінійного програмування:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \max, \quad (2.11)$$

за обмеження:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq A_i, \quad (2.12)$$

де:  $M_{ij}$  – запас, що вирубують в  $i$ -му кварталі в  $j$ -му році (лісосіка за масою) з одиниці площі;

$X_{ij}$  – лісосіка за площею в  $i$ -му кварталі в  $j$ -му році;

$A_i$  – загальна площа  $i$ -го кварталу;

$m$  – число кварталів;

$n$  – число періодів рубок.

Розмір головного користування може бути постійним, зростаючим або спадаючим. Якщо спостерігають рівномірний розподіл насаджень за віковими класами, то розмір головного користування може бути постійним, тобто лісосіка за масою в  $(j+1)$ -му році дорівнює лісосіці в  $j$ -му попередньому році:

$$\sum_{i=1}^m M_{i,j+1} \cdot X_{i,j+1} = \sum_{i=1}^m M_{i,j} \cdot X_{i,j}. \quad (2.13)$$

Деколи виникає необхідність збільшити розмір лісокористування в  $(j+1)$ -му році на  $P$  відсотків. У такому випадку отримуємо обмеження цільової функції:

$$\sum_{i=1}^m M_{i,j+1} \cdot X_{i,j+1} = \left( \frac{100+P}{100} \right) \sum_{i=1}^m M_{i,j} \cdot X_{i,j}. \quad (2.14)$$

Для зменшення розміру лісокористування у формулу можна підставити від'ємне значення  $P_{j+1}$ .

Якщо план рубок головного користування складається на  $Y$  років, а оборот рубки у насадженнях дорівнює  $R$ , то у лінійну модель оптимізації вводиться таке обмеження, щоб площа щорічної рубки не перевищувала відношення  $Y/R$ :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{i,j} \leq \left( \frac{Y}{R} \right) \sum_{i=1}^m A_i. \quad (2.15)$$

У моделі можна також передбачити різний оборот рубки для неодноразових ділянок лісу (кварталів, насаджень і тощо), тоді обмеження у лінійній моделі оптимізації лісокористування буде таким:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{i,j} \leq Y \sum_{i=1}^m \frac{A_i}{R_i}, \quad (2.16)$$

де  $R_i$  – оборот рубки в  $i$ -му кварталі.

Якщо об'єм рубки не буде перевищувати приросту, тоді у модель можна ввести обмеження:

$$\sum_{j=1}^n M_{i,j} \cdot X_{i,j} \leq Z_{i,j}, \quad (2.17)$$

де  $Z_{i,j}$  – поточний приріст по  $i$ -му кварталі в  $j$ -му році.

Немалий інтерес у процесі моделювання становлять транспортні задачі, які можна застосовувати для вирішення низки практичних завдань лісового користування: задача управління запасами, складання змінних графіків, призначення працівників на робочі місця, обігом наявного капіталу, транспортом лісу тощо. Транспортна задача та її різновиди становлять єдиний клас

узагальнених задач лісового користування. Для розв'язку задач такого типу використовують класичні методи Фогеля, потенціалів, stepping-stone, північно-західного кута та інші.

Близько 70% задач лінійного програмування можна розглядати як мережеві (сітьові) задачі, чи задачі пов'язані з мережевими моделями. Такі задачі, як: мінімізація сітки, знаходження критичного шляху для зменшення рекреаційного навантаження на лісопаркову зону, максимального потоку, мінімізація вартості потоку, оптимізація процесу прийняття управлінських рішень під час комплексного лісокористування, можна вирішувати як задачі лінійного програмування, але спеціальна структура мережових задач дає змогу розробити ефективніші алгоритми пошуку оптимального рішення.

Американські дослідники розробили систему MAX-million для планування обсягів рубок головного користування та лісовідновлення [196]. Мета лісового управління – наблизити наявні ліси на певній території до цільового (нормального) лісу, тобто розробити оптимальний план рубок лісу. Допускають суцільну рубку з подальшим створенням лісових культур.

Введемо такі позначки:

$i = \overline{1 \dots s}$  – кількість ділянок (кварталів, виділів) рубок головного користування;

$j = \overline{1 \dots n}$  – кількість періодів рубок;

$k = \overline{1 \dots m}$  – кількість методів лісоуправління;

$X_{i,k}$  –  $i$ -та ділянка рубки, що пройшла за планом  $k$ , га;

$D_{i,k}$  – прибуток від  $i$ -тої ділянки за  $k$ -тої схеми рубок;

$Z_{i,j,k}$  – площалісовідновлення  $i$ -тій ділянці лісу в  $j$ -му періоді рубок за  $k$ -го методу лісового управління;

$Y_{i,j,k}$  – продуктивність насаджень на  $i$ -тій ділянці лісу в  $j$ -му періоді рубок за  $k$ -го методу лісового управління, м<sup>3</sup>/га.

Якщо цільова функція – максимум річного прибутку, то модель буде такою:

$$\Pi = \sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m X_{i,k} \cdot D_{i,k} \rightarrow \max, \quad (2.18)$$

за обмежень:

$$\sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m Z_{i,j,k} \cdot X_{i,k} \geq L_j, \quad (2.19)$$

$$\sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m Z_{i,j,k} \cdot X_{i,k} \leq f_j. \quad (2.20)$$

Обмеження на лісовідновлення (площа дорівнює  $L_j$ , але не більша від  $f_j$ ):

$$\sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m Y_{i,j,k} \cdot X_{i,k} > b_j, \quad (2.21)$$

$$\sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m Y_{i,j,k} \cdot X_{i,k} \leq c_j. \quad (2.22)$$

Обмеження на продуктивність насаджень (площа дорівнює  $b_j$ , але не більша від приросту  $c_j$ ):

$$\sum_{k=1}^m X_{i,k} = 1, X_{i,k} = 0. \quad (2.23)$$



Оптимізацію розмірів головного користування на лісовпорядкувальних підприємствах пропонують здійснювати за допомогою такої моделі [29]. Введемо позначки:

$M_i$  – запас деревини потрібної якості в  $i$ -му віковому класі, ( $\text{м}^3/\text{га}$ );

$m = \overline{1 \dots n}$  – номер вікового класу технічної стиглості;

$X_{ij}$  – площа насаджень  $i$ -го вікового класу, призначених для розрахунку в  $j$ -му проміжку часу;

$Z_m$  – середня зміна запасу товарної деревини у віці технічної стиглості,  $\text{м}^3$ ;

$Y_m$  – площа насаджень  $i$ -го вікового класу до кінця обороту рубки;

$\alpha$  – коефіцієнт, який регулює розмір лісокористування (для лісів другої групи  $\alpha=0,15$ );

$L_j$  – лісосіка першого проміжку часу (першого десятиліття);

$L_{cm}$  – лісосіка за стиглістю;

$L_{np}$  – лісосіка пристигання.

Якщо цільова функція – максимум розміру лісокористування, то модель буде такою:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_i \cdot X_{i,j} + \sum_{i=1}^m Z_m \cdot 10 \cdot i \cdot Y_m \rightarrow \max, \quad (2.24)$$

за обмежень

$$X_j - X_{j+1} \leq \alpha \cdot X_j, \quad (2.25)$$

$$L_j \leq L_{cm} + L_{np}. \quad (2.26)$$

Оскільки ліс є складною екосистемою, то користування його ресурсами повинне здійснюватись комплексно, тому модель повинна мати декілька критеріїв. Отже, під час моделювання потрібно застосовувати багатокритерійні методи [173].

Модель регулювання лісів (встановлення цільових лісів) унаслідок багатоцільової функції мети (виращування деревини, інших продуктів лісу, захисні та соціальні функції тощо) може бути складною, тому розв'язати задачу оптимізації багатоцільового лісокористування досить проблематично, а деколи й неможливо. Застосування методів математичного програмування дає можливість оцінювати одночасно декілька змінних у моделях оптимізації. У звичайній моделі лінійного програмування у цільовій функції береться одна змінна (максимум лісокористування, мінімум затрат тощо), а інші змінні є її обмеженнями у цільовій функції. Така структура моделі оптимізації є ефективною, коли змінна цільової функції та змінні обмежень не є взаємозамінними, тобто обмеження накладаються доквіллям (ціни, площі й ін.). Якщо обмеження становлять частину цільової функції, тобто вони взаємозамінні, то отримати оптимальне рішення у моделі практично неможливо.

Одним зі способів вирішення проблеми оптимізації багатоцільового (комплексного) використання лісових ресурсів є узагальнення всіх цілей в одну функцію мети. Кінцева мета лісоуправління – максимізація корисності (практичної вигоди) від вкладення капіталу в лісгосподарське виробництво [190].

Стосовно раціонального використання землі та запасу деревини процес виробництва деревини у такій моделі буде частиною лісового підприємництва. Загальна мета лісоуправління – отримання максимальної користі від процесу лісовирощування. Капіталом є земля та запас деревини у насадженнях. Необхідно так використати капітал, щоб отримати максимум функції корисності.

За допомогою оптимального плану рубок лісу можна контролювати рівень запасу ростучих деревостанів, приріст, вікову та породну структури лісів, обіг капіталу та прибуток підприємства.

*Динамічне* програмування – особливий метод оптимізації рішень задачі за етапами, за кожним з яких асоціюється одна керована змінна. Метод динамічного програмування виник і розвивається під впливом ідей та принципів, які виклав американський математик Річард Белман [172, 192].

За допомогою динамічного програмування можна розв'язувати і мережеві задачі. Зокрема широкого практичного використання набула задача з нарощування виробничих потужностей комплексного лісокористування у лісових господарствах, за наявних фінансових ресурсів і представлених проектів.

Методи динамічного програмування слугують у лісівництві для розв'язку задач встановлення оптимального розміру та обороту рубки. Також із допомогою методів динамічного програмування можна розв'язати нелінійну розподільчу задачу у якій за відомої залежності експлуатаційних затрат кожного виду обладнання від обсягу робіт розподіляють обсяги робіт за групами обладнання так, щоб сумарні затрати були мінімальними.

Методи динамічного програмування використовують також під час: вирішення технологічних задач у лісовому господарстві, розроблення оптимальних рубок лісу, оптимізації повноти деревостанів та обороту рубки, оптимізації планів рубок лісу, розроблення оптимальної програми рубок для насадження. Наприклад, розрахунки останньої задачі виконано для чистих одновікових насаджень III класу бонітету віком від 50 до 100 років [29]. Поточний абсолютний приріст за запасом деревостану оцінюють за моделлю

$$Z_M^n = 11.38A^{-1.23}10^{-0.00131M} M, \quad (2.27)$$

де:  $A$  – середній вік деревостану, років;

$M$  – запас деревостану,  $m^3/га$ .

Такову вартість запасу ростучих деревостанів оцінювали за п'ятирічними періодами залежно від запасу деревостану  $M$ ,  $m^3/га$ . У насадженні можна проводити рубки догляду (низовий або верховий метод) або головну суцільну рубку. Вартість лісозаготівель представлено як функцію таксової вартості деревостану та запасу рубки.

Під час розроблення програми рубок лісу використовують моделі ходу росту основних деревостанів за запасом, оцінки вартості землі та лісовідновлення (лісові культури) після рубки головного користування, таблиці продуктивності соснових деревостанів, пройдених рубками догляду середньої інтенсивності.

Розв'язок моделі було реалізовано програмно на мові Фортран-IV [29]. Вихід програми складається з матриць, елементи якої відображають оптимальну програму рубок у насадженнях.

Метод динамічного програмування під час оптимізації рубок лісу дає змогу нам відповісти на такі запитання:

1. Який вплив норми дисконту на програму рубок?
2. Чи є відмінність в оптимальних програмах догляду за низовим та верховим методами?
3. Яка рубка догляду (низовий чи верховий метод) вигідніша?
4. Який вплив вартості лісозаготівель на програми рубок?
5. Які будуть втрати, якщо не дотримуватись оптимальної програми рубок у насадженні?

Під час оптимізації комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв необхідно також враховувати, що:

1. Земля та ростучий запас є капіталом.
2. Унаслідок збільшення норми дисконту капіталовкладень у лісогосподарське виробництво зменшуються повнота та оборот рубки.
3. Якщо у програмі рубок застосовують рубки догляду за верховим методом, то повнота насаджень буде вищою, ніж за низового, але поточний приріст за запасом деревостанів, пройдених низовими рубками, буде вищим.
4. Рубки догляду (прорідження, прохідні, освітлення та прочистки) є рентабельними навіть за високої вартості лісозаготівель.
5. Висока повнота насаджень часто призводить до більших втрат в обігу капіталу, ніж низька.
6. Економічну стиглість насадження визначають віком та рівнем (повнотою) ростучого запасу. Низькоповнотне насадження економічно невигідно залишати для майбутнього росту, краще зрубати та посадити новий ліс. Таким чином, вік головної рубки визначається економічною стиглістю насаджень, а не рівномірно якісними характеристиками.

Оптимальний варіант рубок догляду за лісом може бути встановлений, виходячи з отримання максимального прибутку від насадження за оборот рубки (рубки догляду та головні рубки) з урахуванням фактора часу за формулою складних відсотків. Ціну деревини від рубок головного та проміжного користування можна виразити на основі ринкових цін.

За допомогою методів динамічного програмування можна розв'язати задачу знаходження оптимальної інтенсивності рубок взагалі (за запасом, м<sup>3</sup>/га).

Для розв'язання таких задач широко застосовують принцип Белмана, який набуває вигляду функціональних рівнянь, розв'язок яких і дасть нам оптимальний розв'язок.

З розвитком комп'ютерної техніки та програмного забезпечення значного поширення набуло *імітаційне* моделювання комплексного лісокористування. Наявність мов програмування високого рівня та швидкого генерування послідовності випадкових величин із наперед заданим розподілом набагато полегшило розробку та реалізацію таких моделей.

Лісова екосистема, фітоценоз, біогеоценоз, деревостани, дерева – об'єкти дослідження у лісовому господарстві, які можна розглядати як системи. У сучасному трактуванні *імітація* – це вивчення об'єкта шляхом проведення експерименту на ЕОМ з імітаційною моделлю об'єкта.

Імітаційне моделювання нерозривно пов'язане з числовим методом Монте-Карло, до якого відносять групу числових методів, основаних на одержанні великої кількості реалізацій стохастичного (випадкового) процесу, який формується у той спосіб, щоб його ймовірнісні характеристики збігалися з аналогічними величинами задачі, яку потрібно розв'язати. Цей метод широко використовують у всіх випадках симуляції на ЕОМ. Сьогодні немає єдиного методу Монте-Карло, цей термін описує великий і широко використовуваний клас підходів. Проте ці підходи використовують у своїй основі єдиний шаблон: визначити область можливих вхідних даних; випадковим чином згенерувати вхідні дані із визначеної вище області за допомогою деякого заданого розподілу ймовірностей; виконати детерміновані обчислення над вхідними даними; проміжні результати окремих розрахунків звести у кінцевий результат.

У літературі описано багато методів імітаційних моделей росту та відновлення насаджень. У лісовому господарстві методи імітаційного моделювання широко використовують для розв'язання таких задач:

1. Оптимізація складу, росту та продуктивності насаджень.
2. Розробка програм рубок догляду.
3. Імітація природного відновлення лісів.
4. Розробка альтернативних варіантів лісокористування.
5. Моделювання стихійних явищ, пожеж тощо.

Як вже було зазначено, в основі теорії оптимального лісокористування повинен бути закладений принцип неперервності, невичерпності, самовідновлюваності, сталості та відносної рівномірності користування лісовими ресурсами. Звичайно, у процесі розроблення еколого-економічної моделі оптимізації лісокористування ми повинні враховувати екологічні, економічні та соціальні вимоги сьогодення. Тобто лісокористування повинне бути таким, щоб втручання людини у лісові екосистеми щонайменше не погіршувало наявний стан системи, а обсяг користування лісовими ресурсами не перевищував би обсяг його приросту (природного чи штучного).

Щодо моделювання розрахункової лісосіки, то у перспективі цей процес повинен мати за мету пошук такого рішення, яке забезпечило би якнайкраще поєднання користування всіма корисностями лісу як системи DMFR [155] звичайно ранжованих експертами з позиції суспільних пріоритетів [9, 97].

## **2.4. Економічна оцінка лісових ресурсів у контексті оптимізації лісокористування**

Оптимізація лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв тісно пов'язана з оцінкою вигід від використання лісових ресурсів і корисних функцій лісу. Тому постає завдання економічної оцінки різних компонент системи DMFR. Необхідною умовою такої оцінки повинна бути система еко-

логічно грамотного лісокористування, яка враховувала б природні закономірності розвитку лісових ресурсів. Така оцінка повинна використовуватись для:

- відображення цінності лісів у складі національного багатства країни;
- аналізу лісогосподарської діяльності підприємств та лісокористувачів;
- обґрунтування ефективності всіх лісогосподарських заходів;
- ведення державного лісового кадастру;
- встановлення розміру шкоди, що завдається лісам;
- оплати за лісокористування [72].

Виходячи з географічного покриття певних користностей лісу стосовно екологічної вартості, розділяють локальні, національні та глобальні користності лісу. Також ліси є різними за своїм цільовим призначенням, продуктивністю, місцем розташування та доступністю. Відповідно, доходи та методи оцінювання таких лісів також повинні бути різними.

Звичайно необхідно враховувати і те, що споживачі лісової продукції досить часто суб'єктивно надають перевагу одним благам над іншими та одному стану лісу над іншим і, як наслідок, надають лісу різну вартість. Крім того, вартість лісу може досить швидко і різко змінюватись у часі, у результаті природної зміни лісового запасу, проведення лісогосподарських заходів (як запланованих, так і самовільних), мисливства (чи браконьєрства) тощо. Також спеціальне споживання окремих видів лісової продукції у певному обсязі завжди повинне бути безкоштовним або за мінімальну оплату.

Оскільки ліс є складною динамічною системою відкритого типу, яка безперервно розвивається і змінюється у просторі та часі, то досить цікавою, на наш погляд, є концепція еколого-економічної оцінки лісових ресурсів, яка полягає у вартісній оцінці всіх компонент системи DMFR [157]. У системі DMFR ліс розглядають, як еколого-економічну систему взаємопов'язаних між собою та зовнішнім середовищем компонент деревного запасу (**D**), ресурсів недеревного походження (**M**), тваринних ресурсів (**F**) та різнобічних корисних функцій лісу (**R**). Така оцінка, на наш погляд, є прогресивною, тому що вона враховує не тільки величину ренти (внутрішнього ефекту), але і зовнішні економічні, екологічні та соціальні ефекти. Не можна погоджуватися з тими методами, які здійснюють оцінку лісу лише шляхом економічного оцінювання деревного запасу, тим самим минаючи повний і комплексний облік та використання всіх ресурсів системи DMFR.

Виходячи з цієї концепції, а також із вимог сталості розвитку лісового господарства, суспільна праця повинна вкладатись не тільки у відтворення деревних запасів, але й у відтворення та підвищення рівня та безпеки використання недеревної рослинності лісу, ресурсів тваринного походження та рекреаційних функцій лісу.

Властивості лісового біогеоценозу, як цілісної системи DMFR, визначаються не тільки і не стільки сумуванням окремих компонент, скільки властивостями її структури (системотвірними зв'язками). Отже, постає складне завдання: з'єднати в єдине ціле різні компоненти та виробити на цій основі принципи еколого-економічної оцінки комплексного використання та охорони лісових

ресурсів, яка повинна сприяти підвищенню еколого-економічної ефективності лісочористування. Планування використання лісових ресурсів доцільно здійснювати на таких принципах [157]:

- принцип комплексності кількісного обліку та вартісної оцінки всіх компонент системи DMFR;
- принцип пріоритетності або врахування дефіцитності окремих компонент системи DMFR (полягає в тому, що незамінні, немобільні та більш дефіцитні компоненти оцінюють вище, ніж менш дефіцитні);
- принцип врахування та вартісної оцінки взаємовпливу будь-якої господарської діяльності в лісі та довкілля, який потребує одночасного розрахунку розміру прямого ефекту від використання компоненти системи DMFR та величини збитку (від'ємного ефекту). Величина збитку може проявлятися відразу після господарської діяльності чи у результаті прямих втрат або зниження якості інших компонент системи (включаючи збитку від можливого послаблення різноманітних корисних функцій лісу);
- принцип регіональної диференціації оцінок (полягає у різній оцінці якісно однорідних компонент системи DMFR залежно від природно-географічних та економічних умов розміщення);
- принцип динамічності абсолютних оцінок у часі (полягає у розробці таких прогнозних оцінок, які враховували б можливі майбутні зміни еколого-економічних умов, які впливають на ступінь дефіцитності як окремих компонент, так і системи загалом).

Отож, логічно було б припустити, що загальне уявлення про цінність лісу, як засобу і предмета праці, нам могла б дати сумарна еколого-економічна оцінка вартості лісу, знайдена як пряма сума вартостей всіх компонент системи DMFR (можливо з ваговими коефіцієнтами). Але така позиція є оманливою, оскільки сумування якісно різних і незіставних категорій (сировинні та несировинні функції лісу) необгрунтоване. На наш погляд економічне оцінювання функцій лісу потрібно здійснювати за домінують ознакою.

Комплексна еколого-економічна оцінка лісової ділянки повинна повно та об'єктивно враховувати вартість товарів і послуг лісу, які отримуються або можуть бути отримані з певної ділянки лісу за різних способів засобів її використання. Така оцінка повинна враховувати економічні, екологічні та соціальні аспекти функціонування лісу. Серед економічних аспектів необхідно відзначити можливість вартісної оцінки ресурсів деревного, недеревного та тваринного походження. Досить важким завданням є кількісна оцінка екологічних та соціальних аспектів еколого-економічної оцінки ділянки лісу.

Розділяють цінності *прямого*, *непрямого* та *можливого* використання лісових ресурсів, а також *цінності успадкування та спадщини* (табл. 2.1).

## Класифікація лісових цінностей

Цінності використання	Цінності прямого використання	Споживчі цінності	Комерційні (промислові) ринкові товари (деревина, недеревні рослинні ресурси, тварини тощо)
			Товари і послуги, що споживає місцеве населення (некомерційне використання деревини, недеревних рослинних ресурсів, тварин тощо), продовольча безпека
		Неспоживчі цінності	Рекреація
			Наукові дослідження та освіта
	Цінності непрямого використання	Захист водозборів	
		Захист та збагачення ґрунту, покращення продуктивності у сільському господарстві	
		Регулювання газообміну, стабілізація клімату і нагромадження вуглецю	
		Забезпечення місць існування і збереження біорозмаїття і видів	
		Естетичні, культурні та духовні цінності	
	Цінності невикористання	Цінності можливого використання	Можливість використовувати ліс у майбутньому
Цінності існування і спадщини		Цінність існування лісу (внутрішня цінність)	
		Цінність успадкування лісу	

Посеред цінностей *прямого* використання виділяють споживчі та неспоживчі цінності. Споживчі цінності (комерційні та некомерційні) містять товари та послуги що, продають на ринку чи споживає місцеве населення. Неспоживчі цінності (рекреаційні послуги лісу) забезпечують освітні, рекреаційні та наукові послуги.

Цінності *непрямого* використання забезпечують захист водозборів, захист та збагачення ґрунтів, регулювання газообміну, стабілізацію клімату, нагромадження вуглецю, забезпечення місць існування і збереження біорозмаїття і видів, естетичні, культурні та духовні цінності.

Цінності *можливого використання* передбачають можливість використовувати ліс у майбутньому.

Цінність *існування* (внутрішня цінність) і *спадщини* наголошує на тому, що будь-яка ділянка лісу має певну вартість тільки тому, що вона існує, як спадок від попередніх поколінь, який повинен бути переданий наступним поколінням (соціальна вартість існування).

Що до *економічної* оцінки деревних ресурсів, необхідно зауважити, що сьогодні в Україні постійно зростають виробництво продукції деревного походження, експлуатація лісу та обсяги лісозаготівель, що не можна розцінювати як позитивний факт, оскільки згідно з принципами ведення сталого господарства та дефіцитністю лісових ресурсів в Україні доцільніше було б надавати більше уваги його відродженню та догляду. Також необхідно відмітити, що постійною та домінуючою є частка продукції підприємств державної форми власності у загальних обсягах продукції лісового господарства, яка протягом останніх років становила близько 90%.

Сьогодні інтенсивність лісокористування в Україні сягає 1,2 м<sup>3</sup>/га (для порівняння цей показник становить 2,0 м<sup>3</sup>/га для Фінляндії та 0,19 м<sup>3</sup>/га для Росії) [66, 172]. Економічно оцінюють й другорядні ресурси деревини, але тільки ті, яким властива споживча вартість і які у господарському відношенні доступні для використання [114, 118, 120, 128].

Для оптимального комплексного використання деревних ресурсів лісу на нашу думку, необхідно розраховувати системи показників (табл. 2.2) [143].

Таблиця 2.2

Системи показників для оцінки використання деревних ресурсів лісу

<i><b>Завдання</b></i>	<i><b>Система показників</b></i>
Планування і прогнозування використання	об'єм відпуску; обсяги використання; повнота та ефективність використання; екологічність і деструктивність користування
Оцінка об'ємів відпуску	об'єми відпуску деревини у рубку головного та проміжного користування лісом, кори, деревної зелені, деревної маси
Оцінка обсягів використання	об'єми вивезення деревини, виробництва ділової деревини, заготівлі деревини в лісі, вивезення осмолу, деревної зелені, біомаси, використання ресурсів деревини; товарна продукція лісозаготівельного виробництва
Оцінка повноти використання	коефіцієнт використання лісосічного фонду, деревини від рубок проміжного користування, осмолу, деревної зелені та біомаси
Оцінка інтенсивності використання	відношення об'ємів головного або (та) проміжного користування до лісової площі; відношення об'ємів використаної деревної зелені до лісової площі; відношення товарної продукції лісозаготівельного виробництва до лісової площі

Оскільки внаслідок домінування стиглих і перестиглих насаджень річний приріст є зниженим, то господарства з нагромадженими запасами стиглого і перестиглого лісу зацікавлені підвищити продуктивність деревостанів шляхом встановлення поправочного коефіцієнта до розрахунку користування за приростом встановлюють підвищений обсяг користування лісом [124].

Якщо не проводити обов'язкової щорічної рубки, то рівномірний віковий розподіл деревостанів буде втрачений, оскільки невирубані стиглі деревос-



тани перейдуть у категорію перестійних, які перевищують за віком оборот рубки [130, 131]. Отож, в оптимальному (цільовому) лісі щорічна його рубка не тільки допустима, але й необхідна.

Згідно з чинним законодавством України, сьогодні лісову таксу сплачують заготівельники за фіксованими нормативами, які затверджує Кабінет Міністрів України. Частка кореневої плати в собівартості лісоматеріалів в Україні значно нижча, ніж в інших країнах (становить 10-12% від собівартості вивезеної деревини або 6-9% від оптової [143]).

Чинні лісові такси мають низкувад, зокрема не забезпечують вилучення ренти. Також фіксованість нормативів плати в умовах інфляції виключає не тільки стимулятивну функцію, але і планово-облікову, що призводить до дефіциту коштів на відтворення і охорону лісових ресурсів. Недостатньо обґрунтовано та пояснено диференціацію лісових такс за деревними породами, занижено рівень кореневої плати на дрова, не враховано доступу деревини для транспортування та якості лісовозних доріг, а також попиту на деревину на внутрішньому і зовнішньому ринках. Також не враховано витратина заготівлю деревини і живиці [146].

У більшості європейських країн лісові такси на деревину залежать переважно від таких факторів: розміру лісових ділянок, способу і характеру рубок, запасу деревини та середнього об'єму стовбура, масштабу дорожнього будівництва, тривалості ведення лісозаготівель та обсягів заготовленої деревини.

На відміну від європейських країн, сьогодні в Україні використовують такси на деревину залежно від двох лісотаксових поясів, п'яти розрядів такс і від породи. У лісах із гірським рельєфом лісотаксові розряди збільшені на 50%. На нашу думку, ці такси враховують досить малу кількість факторів лісокористування.

Загальну вартість сировинних ресурсів деревного походження, яка припадає на  $1 \text{ м}^3$  отриманої деревини, грн/м<sup>3</sup> потрібно знаходити за формулою (2.28):

$$D = Q(t) \sum_i \left( K_i - \frac{\sum V}{Q(t)} \right) d_i, \quad (2.28)$$

де:  $d_i$  – ринкова вартість  $i$ -го виду чи сортименту лісоматеріалів, які можуть бути заготовлені на лісосіці (круглі лісоматеріали, стовбурна деревина, гілки, сучки, верхівки, деревна зелень, пнева та коренева деревина, кора, інші потенційні продукти деревинного походження), грн/м<sup>3</sup>;

$Q(t)$  – функція запасу ділової деревини, м<sup>3</sup>/га;

$t$  – вік насадження, років;

$K_i$  – табличний коефіцієнт максимального виходу  $i$ -го сортименту;

$\sum V$  – сумарний вихід сортиментів, які передують заданому в табличній послідовності.

Звичайно, методика розрахунків повинна бути дещо інша у випадках, коли ділянка лісу пошкоджена вогнем, вітром, шкідниками.

Згідно з Лісовим кодексом України, побічні лісові користування потрібно здійснювати без заподіяння шкоди лісу, заготівлю (збирання) дикорослих плодів, горіхів, грибів, ягід, лікарських рослин і технічної сировини потрібно здійс-

новати способами та методами, які виключають виснаження наявних ресурсів і заподіяння шкоди лісовому господарству [89]. Якщо розглядати господарське значення лісових недеревних ресурсів лісу, то прибуток від заготівлі та їх реалізації може бути більшим ніж від заготівлі деревини. Особливо це стосується лісів I групи. Також необхідно зауважити, що збір громадянами у лісах дикорослих трав'янистих рослин, квітів, грибів, ягід, горіхів та інших плодів для власного споживання належить до загального використання лісових ресурсів і провадиться безкоштовно.

Для оптимального комплексного використання недеревних ресурсів лісу необхідно розраховувати системи показників (табл. 2.3) [143].

Таблиця 2.3

Системи показників для комплексного використання недеревних ресурсів

<i>Завдання</i>	<i>Система показників</i>
Оцінка обсягів заготівлі	Обсяги заготівлі ягід, горіхів, грибів, лікарських рослин, рослинних кормів і технічної сировини; товарна продукція побічного користування лісом. Через реалізацію частини продукції без глибокої переробки доцільно застосовувати зівставлені натуральні одиниці з перевідними коефіцієнтами.
Оцінка інтенсивності використання	Обсяги заготівлі ягід, горіхів, грибів, лікарських рослин, рослинних кормів і технічної сировини з розрахунку на 1 га лісової площі. Як узагальнювальний показник – відношення продукції побічного користування лісом до лісової площі.

Формули розрахунків максимально та мінімально допустимих нормативів плати потрібно розраховувати для встановлення граничних меж плати за спеціальне використання лісових плодів, грибів та лікарських рослин, тому фактичні нормативи такої плати доцільно встановлювати у цих межах залежно від попиту [93, 99, 102].

Плату за спеціальне використання лісових пасовищ та сінокосів потрібно знімати у випадках, коли наявні економічні оцінки лісових сінокосів і пасовищ, а також зрівноважені попит і пропозиція, оскільки випас худоби на території лісового фонду призводить до негативних екологічних наслідків: пошкодження лісових дерев, переуцільнення ґрунтів тощо.

Економічну оцінку сировинних ресурсів рослинного походження (грн/га) можна розраховувати за такою формулою:

$$M = \sum_i Q_i(t) \cdot m_i + C, \quad (2.29)$$

де:  $m_i$  – ринкова вартість  $i$ -го ресурсу рослинного походження, грн/кг (грибів, ягід, плодів, лікарської та технічної сировини, кормових ресурсів, бджільництва, інших потенційних продуктів рослинного походження);

$Q_i(t)$  – функція залежності кількості недеревних ресурсів  $i$ -го виду, грн/га;

$C$  – економічна оцінка лісових пасовищ та сінокосів (грн/га).

В Україні зосереджено близько 400 видів звірів і птахів. Основними видами мисливської фауни є зубри, лосі, олені, козулі, лисиці, зайці, дикі качки, куріпки та інші. Ліси України забезпечують повноцінне функціонування мисливської фауни.

Використання ресурсів мисливської фауни має загальнодержавне, естетичне та виховне значення. Право на ведення мисливського господарства в Україні з загальною площею 47,2 млн га надано 910 юридичним особам, з них 35 млн га (73,9%) надано у користування організаціям Українського товариства мисливців та рибалок (УТМР), на 6,4 млн га (13,5%) господарюють підприємства Держлісагентства України, на 860 тис.га (1,8%) – Товариство військових мисливців і рибалок, на решті 5,1 млн га (10,8%) – 225 інших користувачів (переважно приватні підприємства та громадські мисливські організації). В Україні налічують понад 520 тис. мисливців.

Відсутність нормативів плати та недосконалий економічний механізм відтворення, охорони та використання лісових мисливських угідь і ресурсів фауни призвели до того, що мисливське господарство в Україні є збитковим [102]. Окупність мисливських господарств сьогодні в Україні залишається на рівні близько 50% (надходження – 35,2 млн грн, витрати – 70,1 млн грн). Ведення мисливського господарства у більшості користувачів є збиткове. Основними джерелами прибутків є надходження від реалізації на ринку права на полювання.

На розсуд деяких учених [34], більшість видів мисливської фауни нечисельна, а відповідно, не має промислового значення. Тому мисливську фауну варто оцінювати (тобто, робити її еколого-економічне оцінювання). Втручання людини у функціонування екосистеми навіть досить незначне повинне бути передбачуваним та облікованим.

Оптимальна кількість мисливської фауни повинна досягатися з допомогою обмежень, заборони відстрілу, поступового природного зростання кількості представників лісової фауни, штучного розведення, біотехнічних заходів тощо.

Для оптимального комплексного використання лісових ресурсів тваринного походження, на наш погляд, необхідно встановлювати мінімальні та максимальні рівні плати за спеціальне використання ресурсів мисливських тварин та розраховувати системи показників (табл. 2.4) [143].

Таблиця 2.4

Система показників для оптимального комплексного використання тваринних ресурсів лісу

<i>Завдання</i>	<i>Системи показників</i>
Встановлення обсягів використання	Кількість відловлених і відстріляних тварин; вага м'яса відловлених і відстріляних мисливських тварин; товарна продукція мисливського господарства
Оцінка повноти використання	Відношення числа відстріляних і відловлених мисливських тварин до норми відстрілу і відлову (пріоритет здебільшого надають переважному знаменнику)
Оцінка інтенсивності використання	Відношення кількості чи живої ваги відстріляних та відловлених мисливських тварин до лісової площі; відношення товарної продукції мисливського господарства до лісової площі

Такий підхід буде дієвим лише тоді, коли нормативи плати за спеціальне використання мисливських угідь будуть встановлюватися з урахуванням їх бонітету, а за спеціальне використання мисливських тварин – з урахуванням їх економічної доступності. Також в обов'язковому порядку повинні здійснюватись планування і калькулювання собівартості вирощування окремих мисливських тварин.

Нормативи плати за спеціальне використання лісових мисливських угідь та фауни – важливий інструмент реалізації екологічної політики. Для забезпечення сталого розвитку мисливського господарства постійно потрібно здійснювати планування діяльності та сертифікацію продукції, яка повинна бути обов'язковою та контролюватись відповідними державними органами.

Загальну вартість ресурсів тваринного походження з врахуванням корисної і шкідливої фауни (грн/га) потрібно знаходити так:

$$F = \sum_i Q_i(t) \cdot f_i \cdot V_i \cdot k_i, \quad (2.30)$$

де:  $f_i$  – ринкова вартість  $i$ -го ресурсу тваринного походження (грн/шт.) (звірів, птахів, риб, інших представників фауни);

$Q_i(t)$  – функція кількості  $i$ -го виду ресурсу тваринного походження, шт./га;

$V_i$  – коефіцієнт відстрілу мисливських тварин;

$k_i$  – коефіцієнт шкідливості.

Віднедавна через зростання попиту на рекреаційні ресурси лісу дедалі більшого значення набуває організація масового відпочинку населення, підвищуються вимоги щодо якісних параметрів цих ресурсів. З кожним роком унаслідок розвитку інфраструктури міста, мережі доріг, зростанням кількості автомобільного транспорту рекреаційна діяльність охоплює дедалі більше віддалених лісових масивів. На жаль, багато лісів України, внаслідок їх інтенсивної експлуатації, частіше деградують. Виснаження лісів України певною мірою знизило їх захисні функції. Усе це призводить до того, що кількість та якість рекреаційних ресурсів лісу постійно зменшується. Однак кількість міського населення та його мобільність постійно зростає, а отже, збільшується чисельність потенційних відпочивальників на одиницю площі рекреаційних ресурсів. Наприклад, в Українських Карпатах за рік може перебувати до 3 млн відпочивальників [55, 58].

У рекреаційному лісокористуванні в Україні можна виокремити такі взаємопов'язані аспекти: соціальний, оздоровчий, екологічний, економічний, інформаційний, лісівничий, географічний, юридичний, освітній та архітектурний [54, 55]. На інтенсивність рекреаційного лісокористування впливають такі фактори: тривалість неробочого часу, віддаленість рекреаційних ресурсів від населених пунктів, наявність, кількість та якість доріг, благоустрій територій, повнота деревостану тощо. Зокрема рекреаційні ресурси Львівської області здатні задовольнити рекреаційні потреби населення регіону.

Вигідне географічне положення відносно розвинених економічних районів та країн Європи підвищує попит на рекреаційні ресурси України.

Аналіз методів економічного оцінювання рекреаційних ресурсів [21, 27, 38, 47] наводить на думку, що найкращою є використання концепції, базованої на основі оцінки втраченої вигоди, коли величину диференціальної ренти важко розрахувати [55]. Споживчу вартість рекреаційного лісокористування можна визначити кількістю втраченої праці на підтримку його у сталому стані [34, 46]. Звичайно така вартість прямує до нуля внаслідок зменшення потреби на рекреаційне лісокористування на певній ділянці лісу.

Окрім рекреаційних функцій лісу, існує ще досить велика кількість екологічних. Отже, виникає потреба у певній їх комплексній інтегрованій оцінці. Наявність багатьох екологічних критеріїв в інтегрованому підході до екологічної оцінки лісу, особливо у лісах I групи, значно її ускладнює. Щодо рекреаційних функцій лісу, тут можна виділити максимально допустиме з екологічного погляду рекреаційне навантаження на одиницю площі залежно від вологості ґрунтів та породного складу насадження [55]. Зі всіх екологічних корисностей лісу, на відміну від локальних корисних функцій лісу (санітарно-гігієнічні, протиерозійні, водоохоронні), депонування діоксиду вуглецю має надзвичайно важливе планетарне значення. Кореляційний аналіз (табл. 2.5) показав, що тіснота зв'язку депонування діоксиду вуглецю з іншими корисними функціями лісу досить висока, в окремих випадках доходить до функціональної. Дещо нижча кореляція з виділенням фітонцидів, але якщо ввести аргумент «деревна порода», то коефіцієнт значно зростає. Оскільки за наявності високої кореляції між аргументами необхідно залишати мінімальну їх кількість, то достатньо мати зв'язок між депонуванням діоксиду вуглецю та коефіцієнтом екологічної ефективності деревостану. Отже, інтегральну екологічну оцінку можна встановлювати за величиною депонування діоксиду вуглецю, «накриваючи» тим самим усі інші екологічні корисні функції лісу [85].

Таблиця 2.5

Кореляція між кількістю зв'язаного діоксиду вуглецю та іншими екологічними функціями

Функція	Коефіцієнти кореляції для аргументів					
	1	2	3	4	5	6
1. Поглинання діоксиду вуглецю	1	–	–	–	–	–
2. Виділення кисню	0,996	1	–	–	–	–
3. Виділення біологічно активних речовин (санітарно-гігієнічна функція)	0,681	0,699	1	–	–	–
4. Затримка пилу, протиерозійні функції	0,963	0,984	0,701	1	–	–
5. Приріст, м <sup>3</sup>	0,991	0,981	0,656	0,939	1	–
6. Коефіцієнт екологічної ефективності деревостану	0,990	0,995	0,748	0,978	0,981	1

Важливе екологічне значення мають захисні насадження у сільськогосподарському виробництві, завдяки яким врожайність зернових культур збільшу-

ється на 3-5 ц/га, а собівартість продукції рослинництва знижується. Тому сьогоднішні захисні насадження приймають на баланс колективних сільськогосподарських підприємств та відносять до основних виробничих фондів [71].

Регулювання стоку річок та охорона водних джерел від забруднення – також одна з найважливіших екологічних функцій лісу, яка певною мірою переважає за ефективністю будівництво водогосподарських споруд і комплексів.

Досить складною сьогодні є проблема кількісного вираження економічної ефективності використання екологічних функцій лісу (грунтозахисні, водоохоронні, водорегулятивні, рекреаційні тощо). Таке використання не залучене до сфери економічних (товарних) відносин, тому не має визначеної вартості. Незважаючи на це, для прийняття ефективних управлінських рішень у лісовому господарстві все ж потрібно встановлювати критерії, які виражали б екологічні функції лісу через економічні показники. Виникає також необхідність поєднання екологічних економічних і соціальних процесів. Цінність різних функцій лісу може бути встановлена на основі теорії вартості та споживчої вартості лісів.

Економічну оцінку різноманітних корисних функцій (послуг) лісу, його вплив на довкілля (грн/га) потрібно знаходити за такою формулою:

$$B = \sum_i Q_i(t) \cdot b_i, \quad (2.31)$$

де:  $b_i$  – ринкова ціна  $i$ -тої функції лісу (гіпотетична вартість рекреаційних функцій лісових ресурсів; вплив лісу на захист ґрунтів від ерозії; підвищення врожайності сільськогосподарських культур, вплив на рівень ґрунтових вод; регулювання водостоку; продукування кисню та насичення повітря фітонцидами; очищення повітря від шкідливих газів; підтримання дебету мінеральних джерел; інші корисні функції лісу), грн/га;

$Q_i(t)$  – функція кількості (об'єму) корисних функцій лісу  $i$ -го виду з розрахунку на 1 га лісової площі.

Сьогодні світова спільнота на найвищому рівні визнає, що перед людством постали нові завдання, серед яких велике значення надають соціальним функціям лісу, якими не можна нехтувати. Тому для забезпечення сталого лісокористування протягом максимального проміжку часу, крім зазначених вищевартостей лісу, на наш погляд, необхідно виділити в окрему групу соціальні фактори. Серед них найважливішими, на наш погляд, є: можливість використання наявних лісових ресурсів майбутніми поколіннями та необхідне для цього бережливе ставлення і збереження спадщини цих ресурсів. Як вже було зазначено, будь-яке антропогенне втручання у лісову екосистему призводить через відносно невеликий проміжок часу до певних незворотних, шкідливих для людини наслідків, тому що лісокористування, насамперед не повинне погіршувати ситуації в лісовій екосистемі а ні сьогодні, а ні в майбутньому. Оскільки ці вартості неможливо виразити у грошовому еквіваленті, то на наш погляд, можливе використання відносних або булевих коефіцієнтів [9, 74].

Отож, соціальну відносну вартість лісу або насадження (у певних випадках й окремого дерева) потрібно знаходити за такою формулою:

$$S = \sum_{i=1}^m s_i, \quad (2.32)$$

де:  $i = \overline{1 \dots m}$  – індекс виду соціальних послуг лісу;

$s_i$  – значення коефіцієнта виду соціальних послуг лісу (використання лісових ресурсів іншими лісокористувачами, коефіцієнт необхідності збереження спадщини лісових ресурсів тощо).

Після забезпечення належного рівня соціальних функцій значення  $S$  буде прямувати до  $m$ , а внаслідок незадовільного – до 0. Значення коефіцієнтів практично неможливо розрахувати кількісними методами чи моделями, тому знаходити їх рекомендують за допомогою комбінації методів експертних оцінок, булевих функцій та соціологічних досліджень.

В Україні виникла потреба у комплексній оцінці всіх корисностей лісу. Тому необхідно оцінювати всі компоненти системи DMFR.

## 2.5. Методи багатокритеріальної оптимізації лісокористування

Однією з важливих проблем, які виникають у лісокористувачів будь-якої форми власності, котрі прагнуть забезпечити стале, наближене до природи лісокористування, є різне бачення мети, це значно ускладнює процес прийняття управлінських рішень і є складним різновидом невизначеності. Така невизначеність проявляється через багато розбіжностей у підходах до лісокористування, зумовлених необхідністю:

- визнання соціально-економічної та екологічної ролі лісів, зокрема суспільної шкоди, пов'язаної з відсутністю лісів на малозаліснених або безлісних територіях;
- залучення соціально-економічної та екологічної вартості лісів до системи національного економічного обліку, забезпечення їх раціонального використання відповідно до цілей землекористування і потреб сталого розвитку;
- ефективного, раціонального та сталого використання всіх видів лісів та лісових ресурсів шляхом розвитку ефективної лісопереробної промисловості, яка забезпечує підвищення вартості вторинної обробки і торгівлі лісовою продукцією, враховуючи вартість всієї деревини та недеревної лісової продукції;
- ефективного та раціонального використання лісів як палива та джерела енергії;
- більш комплексного використання і підвищення економічної віддачі від лісових масивів в економічних цілях [126].

Необхідність досягнення одночасно двох суперечливих цілей (економічної та екологічної) виникає насамперед через те, що для забезпечення

сталого розвитку лісокористувачам необхідно постійно вести лісове господарство таким чином, щоб досягати максимального еколого-економічного ефекту [11].

Процес прийняття оптимального (щодо забезпечення ведення сталого лісового господарства) управлінського рішення ускладнює і те, що ліс є надзвичайно складною динамічною екосистемою відкритого типу, яка неперервно розвивається і швидко змінюється у просторі та часі, тому описується складними нелінійними математичними залежностями.

У формальному вигляді задачу забезпечення максимального еколого-економічного ефекту щодо ведення лісового господарства доцільно відображати за допомогою множини двох критеріїв (двокритерійну задачу математичного програмування).

Лісовим власникам необхідно знайти таке рішення щодо оптимального лісокористування, яке одночасно б забезпечувало максимальний екологічний ( $ECOL(a, x) \Rightarrow \max$ ) та економічний ( $ECON(a, x) \Rightarrow \max$ ) ефекти, що є неможливим, оскільки покращення значення одного з критеріїв неминуче призводить до погіршення значення іншого [5]. Тому розв'язком такої двокритерійної задачі здебільшого є множина недомінованих (Парето-оптимальних) розв'язків.

Однак побудова такої множини у більшості випадків є неможливою внаслідок складних обчислювальних процесів. Тому для розв'язування таких задач доцільно використовувати як методи згортання критеріїв, так і гнучкіші діалогові методи.

Отже, для забезпечення максимального еколого-економічного ефекту від прийняття управлінських рішень щодо ведення лісового господарства виникає потреба у розв'язку двокритерійної задачі математичного програмування, загальний вигляд якої такий (2.33)[5]:

$$ECOL(a, x) \Rightarrow \max, ECON(a, x) \Rightarrow \max, x \in X. \quad (2.33)$$

Тобто лісокористувачам чи лісовласникам необхідно приймати такі рішення щодо ведення лісового господарства, які одночасно були б найкращими за екологічними та економічними критеріями. Необхідно постійно знаходити певний компроміс між екологічними та економічними цілями.

Проілюструємо сформульовану двокритерійну задачу геометрично. Припустимо, що ми знайшли  $n$  можливих розв'язків зі всієї множини допустимих. Зобразимо область допустимих розв'язків у просторі змінних  $(x_1, x_2)$ , значення критеріїв, що відповідають цим розв'язкам, відобразимо відповідно у просторі критеріїв ( $ECOL, ECON$ ). Кожній конкретній точці множини припустимих рішень  $(x_1^{(i)}, x_2^{(i)})$  відповідатиме одне і лише одне значення кожного з критеріїв  $ECOL(x_1^{(i)}, x_2^{(i)})$ ,  $ECON(x_1^{(i)}, x_2^{(i)})$ , (при  $i = \overline{1, n}$ ) хоча обернене твердження не завжди буде відповідати дійсності (декілька розв'язків можуть бути рівноцінними стосовно значень критеріїв), тобто відповідне відображення буде гомоморфним. Здійснивши таку операцію для всіх точок припустимої області у просторі змінних, отримаємо її образ у просторі критеріїв (рис. 2.1) [5].



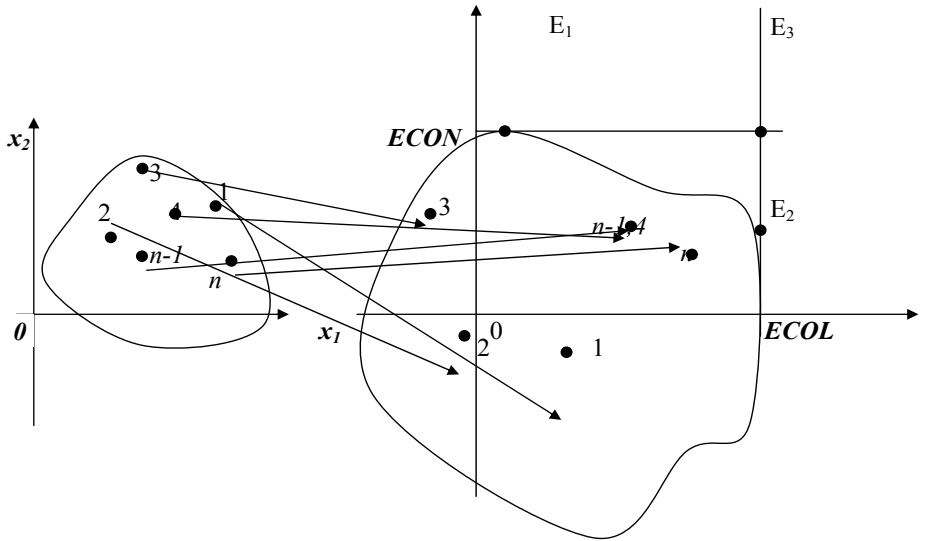


Рис. 2.1. Відображення припустимої області з простору змінних у простір критеріїв еколого-економічного ефекту

На рис. 2.1 розв'язки  $n-1$  та  $4$  відображаються в одну й ту саму точку в просторі критеріїв, тобто є ідентичними стосовно їх якості. Крім того, вони є гіршими, ніж розв'язки  $1$  та  $n$ , у яких значення кожного з критеріїв є більші, ніж у  $n-1$  та  $2$ . Розв'язки  $1$ ,  $2$ ,  $n-1$  та  $n$  є непорівняльними, тобто без додаткової інформації неможливо визначити, який із них є кращий – значення за одним із критеріїв для них є більші, а за іншим – менші.

Водночас, аналізуючи розв'язки, що знаходяться на кривій  $E_1E_2$ , можна зробити висновок, що вони є множиною «найкращих» розв'язків: для будь-якого іншого розв'язку з множини припустимих завжди знайдеться хоча б один із розв'язків, що знаходяться на  $E_1E_2$  та кращий за нього (тобто такий, що домінує). Отже розв'язки, що лежать на  $E_1E_2$ , не домінуються жодними іншими розв'язками, що належать до припустимої області (Парето-оптимальні розв'язки) [122] і є у загальному випадку розв'язком задачі багатокритерійної оптимізації (multi-objective optimization).

Одним із найпоширеніших способів розв'язку багатокритерійних задач є зведення множини критеріїв до одного глобального та розв'язування класичної однокритерійної задачі [163]. Однак застосування цього підходу має суттєві вади, і однією з них є те, що отриманий розв'язок для деяких специфічних задач може навіть не належати до множини Парето-оптимальних.

Методи згортання критеріїв приводять первісну задачу до однокритерійної задачі такого вигляду:  $Q(ECOL(a, x), ECON(a, x)) \Rightarrow \max, x \in X$ .

Найживанішими є:

- лінійне згортання (2.34)

$$Q = c_1 \cdot ECOL(a, x) + c_2 \cdot ECON(a, x) \Rightarrow \max, \quad (2.34)$$

- та лінійне згортання нормованих критеріїв

$$Q = c_1 \cdot \frac{ECOL(a, x) - ECOL^{\min}}{ECOL^{\max} - ECOL^{\min}} + c_2 \cdot \frac{ECON(a, x) - ECON^{\min}}{ECON^{\max} - ECON^{\min}} \Rightarrow \max. \quad (2.35)$$

Для цільових функцій (2.34) та (2.35) застосовують обмеження:

$$x \in X, \quad c_1 + c_2 = 1, \quad c_1 > 0, \quad c_2 > 0.$$

У цих методах  $c_1$  та  $c_2$  – вагові коефіцієнти екологічного та економічного критеріїв, які повинні відображати їх важливість,  $ECOL^{\min}$ ,  $ECOL^{\max}$ ,  $ECON^{\min}$ ,  $ECON^{\max}$  – мінімальне та максимальне значення відповідно екологічного та економічного критеріїв.

Основною вадою цих методів є складність виявлення точних значень вагових коефіцієнтів – ця процедура в більшості випадків є суб'єктивною. Окрім того, коефіцієнти в методі лінійного згортання повинні бути розмірними величинами, тому що критерії переважно мають різну розмірність. З метою уникнення цієї вади в згортанні нормованих критеріїв, окремі критерії спочатку нормуються (нормовані критерії є безрозмірними та змінюються в інтервалі від 0 до 1). Однак у наслідок такого «вдосконалення» з'являються нормовані критерії, які не мають змістовного навантаження, і тому об'єктивне визначення вагових коефіцієнтів ще більше ускладнюється. Таким чином довільність (спричинена багатокритерійністю) переноситься в іншу інстанцію (встановлення значень вагових коефіцієнтів).

Інший підхід до вирішення проблеми багатокритерійності – аксіоматичний – полягає у формулюванні множини аксіом із подальшим формальним виведенням виду функції корисності (глобального критерію), за допомогою якого й здійснюється остаточний вибір. У цьому випадку виявляють всі обмеження, які побічно накладаються у разі евристичного застосування того чи іншого методу. Отже, лінійне згортання обґрунтоване за достатньо жорстких аксіоматичних умов, які в багатьох випадках не виконуються.

Окрім того, існують й інші методи згортання, а саме – метод *ідеальної точки*. Так, на рис. 2.1 ідеальною є точка  $E_3$  у просторі критеріїв, якій не відповідає жоден припустимий розв'язок простору змінних. Оскільки ідеальна точка здебільшого не знаходиться серед припустимих, виникає проблема знаходження точки, що розташована «найближче» до ідеальної і належить до множини припустимих. Для розв'язання задачі за допомогою методу «ідеальної точки» необхідно насамперед визначити її координати, і надалі визначити метрику, за допомогою якої можна було б виміряти віддалю до оптимальної точки. Для визначення координат «ідеальної точки» необхідно розв'язати дві однокритерійні задачі за кожним із критеріїв оптимізації  $ECOL(a, x) \Rightarrow \max$  та  $ECON(a, x) \Rightarrow \max, x \in X$ .

Сукупність оптимальних значень критеріїв двох однокритерійних задач  $ECOL^* = \max ECOL(a, x)$ ,  $ECON^* = \max ECON(a, x)$ ,  $x \in X$  і визначить координати ідеальної точки  $Q^* = (ECOL^*, ECON^*)$  у просторі критеріїв. Якщо «ідеальна точка»

належить до множини припустимих (що трапляється вкрай рідко), то розв'язок поставленої задачі отримано.

В іншому випадку встановлюють «віддаль» до ідеальної точки, вводять метрику, і розв'язують при цьому однокритерійну задачу знаходження точки з числа припустимих, яка є найменш віддалена від ідеальної.

Одним із найрозуміліших змістовно є метод *переведення критеріїв в обмеження*, що полягає у виділенні головного критерію  $ECOL(x)$  (або  $ECON(x)$ ), за яким проводитиметься оптимізація, нормативного значення  $ECON(x)$  (або  $ECOL(x)$ ) для кожного з критеріїв, що залишилися (значення критерію не може бути меншим за нормативне), та розв'язуванні отриманої таким чином однокритерійної задачі оптимізації[5]:

$$ECOL(x) \Rightarrow \max, ECON(x) \geq ECON^N, x \in X, \quad (2.36)$$

$$\text{або } ECON(x) \Rightarrow \max, ECOL(x) \geq ECOL^N, x \in X. \quad (2.37)$$

Основними проблемами у разі застосування цього методу є труднощі з визначенням головного критерію та нормативних значень для інших критеріїв. Якщо нормативні значення обрано недостатньо великими, то не всі резерви покращення їх значень будуть використані; якщо ж ці значення будуть завеликими, то задача взагалі не буде мати розв'язків, оскільки область припустимих розв'язків виявиться пустою.

Метод *контрольних показників* дає змогу позбутися деяких проблем, при цьому метод переведення критеріїв в обмеження. Застосовуючи цей метод, система нормативів задається для всіх критеріїв, і критерій якості такий [5]:

$$Q(x) = \min_{ECON, ECOL} \left\{ \frac{ECOL}{ECON^N}; \frac{ECON}{ECON^N} \right\} \Rightarrow \max_{x \in X}. \quad (2.38)$$

Але й у цьому випадку залишається проблема обґрунтування значень нормативів і додається інша, а саме – знаходження розв'язку максимінної задачі.

Метод *послідовних поступок* одним із найобґрунтованіших змістовно, і за умови відсутності суперечностей у перевагах особи, що приймає рішення (ОПР), може дати добрий результат. Насамперед критерії впорядковуються ОПР за важливістю в порядку їх спадання:  $ECOL \succ ECON$  чи  $ECON \succ ECOL$ .

Якщо під час вибору оптимального рішення лісокористувачі екологічний критерій розглядають як домінуючий ( $ECOL \succ ECON$ ), то на першому кроці алгоритму розв'язується задача оптимізації за критерієм  $ECOL$  та вводять поступку  $\Delta ECOL$ , на яку лісокористувач готовий зменшити отримане оптимальне значення критерію  $ECOL^*$ , щоб покращити значення менш важливого економічного критерію ( $ECON$ ). Значення економічного критерію розраховують за відомими координатами оптимуму  $x^*$ . Призначення поступки потребує введення ще одного додаткового обмеження  $ECOL \geq ECOL^* - \Delta ECOL$ , і таким чином розв'язуватиметься задача [5]:

$$ECON(x) \Rightarrow \max, x \in X, ECOL(x) \geq ECOL^* - \Delta ECOL(x). \quad (2.39)$$

Якщо ж лісокористувачі вважають, що важливіший економічний критерій ( $ECON \succ ECOL$ ), то задача матиме такий вигляд:

$$ECON(x) \Rightarrow \max, x \in X, ECON(x) \geq ECON^* - \Delta ECON(x). \quad (2.40)$$

Процес розв'язування задачі закінчується тоді, коли призначення поступки буде недоцільним. У разі необхідності процес можна повторити, здійснивши аналіз попередніх результатів. Таким чином, метод послідовних поступок є достатньо гнучким і дає змогу вирішити багато проблем, властивих іншим методам. Для його реалізації достатньо мати ефективний метод розв'язування однокритерійної задачі необхідного типу.

Найгнучкішими методами, які можна застосовувати у таких задачах, є діалоги. Важливою рисою таких методів є можливість безпосередньої участі у процесі розв'язування задачі самого лісокористувача, який приймає необхідне для нього рішення, а це дає змогу скоригувати перебіг розв'язку та врахувати при цьому деякі неформальні моменти. У принципі, момент діалогу присутній вже за методу послідовних поступок. Адже за цього методу на кожному кроці алгоритму звертаються до ОПР (лісокористувача), з метою отримання значення поступки для того чи іншого критерію.

Також для прийняття оптимального рішення можна застосувати алгоритм розв'язування, який запропонував Джофріон та модифікували багато дослідників, у якому використовуються ідеї добре відомого градієнтного методу [163]. Робота алгоритму починається з будь-якої точки припустимої області. На кожному етапі зі залученням ОПР визначають напрямок руху у просторі критеріїв та довжину кроку в цьому напрямку. Напрямок руху (еквівалент градієнту) встановлюють шляхом опитування ОПР щодо значень коефіцієнтів заміщення критеріїв у поточній точці (проводять опитування – яким значенням зміни по одному з критеріїв можна скомпенсувати зміну іншого критерію). Звичайно, що напрямок руху залежатиме від координат точки у просторі критеріїв. Після цього ОПР задає величину кроку в заданому напрямку і здійснюється крок – якщо його значення приводить до виходу за межі припустимої області в просторі змінних, величина кроку зменшується, щоб отримана точка належала до області припустимих значень. Процедуру повторюють доти, поки ОПР не зупинить її виконання, або не будуть виконані формальні умови зупинки. Цей метод висуває високі вимоги до ОПР щодо виявлення значень коефіцієнтів заміщення критеріїв.

Іншу групу методів утворюють методи поступового звуження кількості розв'язків, що належать до множини Парето-оптимальних.

Діалоговий алгоритм розв'язування двокритерійної задачі оптимізації еколого-економічних критеріїв (2.33) матиме вигляд:

$$ECON(x_1, x_2) \Rightarrow \max, ECOL(x_1, x_2) \Rightarrow \max, x = (x_1, x_2), x \in X. \quad (2.41)$$

Розв'яжемо пару однокритерійних задач оптимізації за кожним з критеріїв і підставленням відповідних оптимальних значень змінних визначимо іншу координату у просторі критеріїв[5]:

$$ECON(x_1, x_2) \Rightarrow \max, x = (x_1, x_2), x \in X. \quad (2.42)$$

Результат – координати оптимальної точки  $x^{(1)} = (x_1^{(1)}, x_2^{(1)})$ , оптимальне значення критерію  $ECOL^{(1)} = ECOL(x^{(1)})$  і обчислене значення критерію  $ECON^{(1)} = ECON(x^{(1)})$ .

Аналогічно для другого критерію

$$ECON(x_1, x_2) \Rightarrow \max, x = (x_1, x_2), x \in X. \quad (2.43)$$

Результат – координати оптимальної точки  $x^{(2)} = (x_1^{(2)}, x_2^{(2)})$ , оптимальне значення критерію  $ECON^{(2)} = ECON(x^{(2)})$  і обчислене значення критерію  $ECOL^{(2)} = ECOL(x^{(2)})$ .

Отже, отримуємо дві граничні точки множини Парето-оптимальних розв'язків у просторі критеріїв:

$$Q^{(1)} = (ECON(x^{(1)}), ECOL(x^{(1)})); Q^{(2)} = (ECON(x^{(2)}), ECOL(x^{(2)})). \quad (2.44)$$

Надалі обираємо середину відрізка  $(ECON(x^{(1)}), ECOL(x^{(2)}))$ :

$$ECON^{(3)} = \frac{ECON(x^{(1)}) + ECOL(x^{(2)})}{2} \quad (2.45)$$

і вирішуємо задачу:  $ECON(x_1, x_2) \Rightarrow \max, x = (x_1, x_2), ECOL(x_1, x_2) \geq ECOL^{(3)}$ .

Розв'язавши її і підставивши координати оптимальної точки у просторі змінних у вирази для критеріїв, отримаємо координати середньої точки:  $Q^{(3)} = (ECON(x^{(3)}), ECOL(x^{(3)}))$ .

Перевага останнього методу полягає у тому, що описані дії виконуються без втручання ОПР, йому подається лише графічне зображення з координатами трьох точок в області критеріїв, а також задається запитання: «В якому напрямку від середньої точки необхідно рухатися по осі критерію ECOL?» Залежно від відповіді, інтервал пошуку звужується, переіндексовуються крайні точки, визначаються координати середньої точки і процедура опитування повторюється. У цьому випадку по суті звужується область Парето-оптимальних розв'язків, але при цьому сам лісовласник не повинен знати її конфігурацію [5, 163].

Використання наведених моделей дуже ефективно для аналізу політики лісового менеджменту. Навіть результати, отримані у разі реалізації найпростішого типу такої моделі, надають багато інформації для подальшого аналізу [12].

Багатокритерійні методи із застосуванням інтуїтивної логіки та інтерактивних процедур, а також багатоваріантний аналіз надають змогу передбачати ефективність різних варіантів політик лісового менеджменту, враховуючи екологічні, економічні та соціальні умови.

## РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

### 3.1. Принципи лісового менеджменту

#### 3.1.1. Принципи екологічного лісівництва

Екологічне лісівництво як правило розглядає лісові ресурси з точки зору збереження біорозмаїття та екологічної продуктивності (здатності організмів та лісової екосистеми виробляти органічну речовину). Екологічне лісівництво вирізняється акцентуванням уваги на природних процесах та явищах, глибоким розумінням їх гармонії, підтримці їх цілісності, навіть якщо ведення лісового господарства за такими принципами є фінансово збитковим або незручним для реалізації на практиці.

Центральна аксіома екологічного лісівництва твердить, що всі операції з лісовою екосистемою повинні відбуватись в межах, встановлених природних моделей, які передували екстенсивній антропогенній зміні ландшафтів. Ключовим припущенням є те, що аборигенні види розвивалися в таких умовах і таким чином, що менеджмент лісів, який би забезпечував підтримку повного спектру аналогічних умов призводить до мінімального рівня втрат біорозмаїття. Це схоже на підхід «грубого фільтра» (тобто збереження різних екосистем та ландшафтів) в якому він повинен підтримувати місце поширення переважної більшості видів.

Екологи розглядають збурення як будь-яку, відносно дискретну в часі подію, яка руйнує екосистему, біоценоз або структуру популяції, а також змінює ресурси, наявність субстрату або фізичного доквілля. Наслідками таких збурень можуть бути лісові пожежі, збільшення кількості шкідливих комах, вітровали, повені, лавини, снігові бурі, зсуви та виверження вулканів.

Для опису певного режиму збурень необхідно оцінювати принаймні три параметри:

1. *Інтервал повернення* (return interval): середній час між подіями в екосистемі, який можна виразити як частоту, яка є зворотнім показником до інтервалу повернення. Наприклад, режим зі сторічним інтервалом повернення припускає, що 1% (частота) ландшафту буде порушений протягом будь-якого досліджуваного року.

2. *Строгість* (severity): інтенсивність збурень.

3. *Просторова структура* (spatial pattern): розподіл збурень в різних просторових масштабах від окремого дерева до ландшафту.

Велика кількість збурень теоретично може впливати на окремі дерева або ліс в цілому. При розгляді високої мінливості, яка часто асоціюється зі збуреннями, ми можемо зіткнутися з майже нескінченно великою кількістю можливих режимів збурень. Однак, зазвичай домінує лише кілька груп збурень, які формують тип лісу. Наприклад, пожежі, вітровали та зсуви можуть бути основними групами збурень однієї частини лісу, в той час як пожежі та шкідники домінують в іншій.

Сучасний лісовий менеджмент у провідних країнах світу розглядають з точки зору наслідування (емуляції) процесів збурення та їх наслідків. У той час, як ми очікуємо, що лісовласники будуть адаптувати менеджмент до своїх власних цілей, загальна стратегія емуляції ефектів від процесів збурень надає широкий набір готових шаблонів управління, в яких аборигенні види та екологічна продуктивність є важливими цінностями.

*Вибір систем лісівництва.* Системи лісівництва, як правило, описані в термінах їх вікової структури (одно- та різновікові). Одновікові насадження складаються з дерев більш-менш одного віку, а різновікові – містять принаймні три вікові класи. Майже всі наукові праці у світі зосереджені на дослідженнях цих двох систем, які виникають природнім шляхом внаслідок різних режимів збурень. Одновікові ліси відображають заміщення деревостанів в результаті збурень, в яких більшість або всі дерева на певній ділянці були знищені одночасно. З іншого боку, різновікові деревостани відображають більш вибіркові події збурень, які створюють проміжки між зникненням ділянки лісу чи окремими деревами. Сьогодні, екологічний базис наведених концепцій був посилений такими двома напрямками розвитку:

1. Визнання того, що насадження, в яких залишені після рубок живі та мертві дерева фрагментарно відображають неповну природу лісових пожеж та інших збурень, історично створили одновікові деревостани. Тобто збереження біологічної спадщини живих і мертвих дерев є ключовим фактором відображення збурень, які зустрічаються в природі і є важливим компонентом підтримки великої кількості видів.

2. Для опису систем лісівництва, замість класів віку використовують когорти, популяції дерев які виникають після певних типів збурень і утворюють простір для їх росту. Тоді одновікові деревостани утворюють однокортні деревостани, а різновікові – багатокортні. Однак ця концепція передбачає утворення і двокортних деревостанів, в яких деякі застарілі дерева переживають збурення та широкий спектр інших конфігурацій. Крім того, поняття когорт передбачає те, що багато деревостанів складаються з невеликих ділянок різновікових дерев, а не сукупності окремих дерев різного віку на одній ділянці. У тих лісах, де переважають часткові збурення, з часом ми отримуємо багатокортні деревостани з невеликими різновіковими ділянками та розкиданими по всьому лісі деревами різного віку. Ключовими показниками питань менеджменту таких лісів є: середня частота збурень (площа річної регенерації), ступінь скупчення, розмір та просторовий розподіл прогалин.

*Вибір обороту рубки та розподілу вікових класів.* З екологічної точки зору, вікова структура лісу повинна відображати структуру яка б утворювалась під дією домінуючих режимів збурень, які зазвичай відбуваються на досліджуваній території.

Для коректної імітації природнього режиму збурень одного лише встановлення обороту рубки у різновіковому лісі на рівні інтервалу збурень не достатньо. Якщо нам необхідно відтворити вікову структуру аборигенних лісів, ми можемо:

1. Розробляти лісові плани, в результаті реалізації яких відбувалося б координування рубок з досягненням та підтримкою бажаної негативної експоненційної вікової структури. З часом розташування лісів різного віку зміниться, але сукупна кількість лісу у кожному віковому класі буде наближуватись до цільової.

2. Ділянкам лісу встановлювати різні обороти рубки (50-350 років), для коректного відображення неоднакових пропорційних областей, які повинні змінюватись з часом.

При застосуванні першого підходу з плином часу розташування старшого лісу буде зміщуватись, а другого – зробить його більш стійким. У той час як мозаїчне зміщення краще відображає режими природнього збурення, його практичне застосування не завжди політично можливе. У багатьох розвинутих країнах у державних лісах намагаються досягнути старшого віку деревостанів, у той час, як лісова промисловість та непромислові приватні лісовласники надають перевагу молодшому. У сукупності, різні власники можуть забезпечувати повний розподіл вікових класів, однак розміщення різних вікових класів буде функціонально залежати від права власності на ліси.

До цього часу ми припускали, що таке управління може замінити природні збурення. Однак, на практиці, природні збурення (пожежі, шкідники, вітровали тощо) все одно будуть відбуватися. Завдання лісового менеджменту, з екологічної точки зору, полягає у такому доповненні цих збурень, яке б забезпечило утворення у лісі вікових структур, які б відображували природну картину збурень.

Головне питання екологічного лісівництва полягає у тому, як порівняти вибрані розмір, форму та розподіл врожаю з просторовими характеристиками природних збурень. Розмір ділянки, кількість її ребр та неперервність безперечно впливають на здатність ландшафту підтримувати різні види. Ці питання надзвичайно актуальні для одно- та двокогортних деревостанів. Для багатокогортних деревостанів просторові питання є менш очевидними, але для стійкості біорозмаїття важливим є збереження поєднання прогалин та ділянок з високою повнотою насаджень.

*Історичний діапазон мінливості* (historical range of variability (HRV)) приблизно відповідає концепції мінливості природного ареалу, тобто очікуваній зміні фізичного та біологічного стану, викликаній природними кліматичними коливаннями та режимами збурень. Він є похідним екологічної історії ландшафту і оцінюється швидкістю та ступенем зміни вибраних фізичних та біологічних змінних. Концепцію HRV екологічної системи можна розглядати як набір частот розподілу фізичних та біологічних станів.

Вибір часових рамок для оцінки HRV ускладнює і здебільшого обмежує недостатня кількість інформації щодо стану ландшафтів у минулому. Один з методів встановлення такої оцінки полягає у виборі такого періоду часу минулого, для якого були б подібні з сьогоднішніми клімат, видовий склад і режим збурень. Така HRV оцінка повинна враховувати кліматичні коливання і режими збурень, які впливали на біоту протягом еволюційної історії і до якої вони пристосовані. Визначальним критерієм є те, що обраний HRV призведе до таких умов у майбутньому, які будуть підтримувати природне біорозмаїття та екологічну продуктивність.

Концепцію HRV деколи пропонують використовувати в якості екологіч-



ного дороговказу для менеджменту лісів. Вона ґрунтується на логічному висновку про те що умови навколишнього середовища найкраще зберігають ті природні види, які вижили протягом тривалого періоду часу. Враховуючи велику кількість видів і невизначеність потреб їх проживання, необхідно застосовувати такі стратегії менеджменту, які б створювали умови для збереження наборів видів, не розглядаючи їх по одному. Крім того, ті лісовласники, які нехтують концепцією HRV не можуть забезпечити системи раннього попередження ландшафтних умов, що може знизити їх екологічну стійкість.

Концепція HRV після свого виникнення відразу викликала багато суперечок у суспільстві. Перш за все через пересторогу того, що вона може призводити до поступового приведення ландшафтів до середовічного вигляду з подальшим витісненням з них людей. На наш погляд, можна виділити такі переваги та недоліки застосування концепції HRV на практиці:

1. HRV не передбачає особливого загального стану, швидше мається на увазі розподіл станів для кожного ресурсу, який цікавить лісовласників.

2. HRV найкраще застосовувати до укрупнених атрибутів ландшафту: стану потоків; розподілу різних типів лісу; кількості та розподілу великих мертвих дерев та розмір, частоти та інтенсивності збурень.

3. Межі застосування HRV залежать, зокрема, від здатності глибоко зрозуміти стани лісової екосистеми у минулому. Зазвичай ми маємо достатньо інформації (через спостереження та наукові дослідження) про загальні особливості лісової екосистеми, спричинені історичними процесами та їх зовнішні та внутрішні ефекти, зокрема, як ці процеси утворювали одно- або різновікові насадження. Отримання достовірного історичного кількісного розподілу деяких головних довкільних змінних є надзвичайно складним процесом.

4. Використання минулих станів екосистеми, наосліп, для забезпечення низького рівня екологічних ризиків в майбутньому може привести й до проблем. Сьогодні наша планета переживає зміни клімату, викликані потеплінням атмосфери. Якщо така тенденція буде продовжуватись, то історичні умови, взяті в цілому, не зможуть бути кращим дороговказом у напрямку безпечного середовища для корінного біорозмаїття.

5. Використання концепції HRV не передбачає заборони проживання людей на ландшафті. По-перше, антропогенний вплив часто потрібний для зсуву змінених систем назад у межах HRV. По-друге, HRV може допомогти встановити цільовий розподіл станів довкілля, в рамках якого дії людини можуть здійснюватися без значного ризику для цілісності видів і екосистем. Стани, які перевищують HRV забезпечують набір попереджень щодо ландшафтів за межами станів за яких корінне біорозмаїття існувало протягом тривалого періоду часу, однак прийняття рішень щодо стратегій подальшого розвитку лісових екосистем було виключно соціальним. Крім того, багато сучасних ландшафтів є результатом їх перетворення за межами HRV відповідно до потреб суспільства та стандартів життя (міста, с/г угіддя, плантації тощо). Враховуючи те, що ми намагаємося досягти максимального як екологічного (корінне біорозмаїття) так і соціального (життєвий рівень) ефектів, концепцію HRV доцільно використовувати для домоволодінь на великих ландшафтах в усвідомленні екологічного

ризикі і створенні ефективної політики управління.

6. Використання концепції HRV вимагає також розуміння того, що протягом багатьох тисяч років зі змінюю кліматичних умов та геологічних подій, деякі види вимирають, а нові з'являються та домінують. Крім того, той факт що у будь-який момент часу види перебувають у певній рівновазі з навколишнім середовищем ставиться під сумнів. Еволюцію рослин, тварин і екологічних умов часто розглядають починаючи з останнього льодовикового періоду. Використовуючи ідею довгострокового кліматичного циклу, деякі науковці стверджують, що рослини і тварини постійно перебувають у нерівноважному з навколишнім середовищем стані. Повільна реакція рослинності на кліматичні зміни має цікаві наслідки. Якщо клімат постійно змінюється, то рослинність, можливо, ніколи його не наздожене. В результаті, порушення рівноваги в біоценозах повинні бути більш поширені, ніж рівноваги. Додаючи до ідей викладених вище постійне прискорення змін клімату, спричинене очевидним антропогенним впливом, ми стикаємося з низкою складних питань щодо підтримки корінного біорозмаїття та екологічної продуктивності. Тим не менш, концепція HRV забезпечує початкову точку в підході ландшафтного масштабу до екологічної стійкості. З допомогою концепції HRV або інших подібних підходів до управління лісами в майбутньому необхідно обов'язково враховувати природні режими збурень та процеси.

*Ареал окремих видів в якості орієнтиру для менеджменту.* Акцентування на складі, структурі та процесах в рамках екологічних систем концентрує увагу на великих просторових масштабах та ландшафтах. Однак, важливо також проводити оцінку стану окремих видів, яка допоможе перевірити гіпотезу про те, що ландшафти фактично виконують функцію підтримки різноманітності видів, що призводить до підтримки біорозмаїття. Крім того, дуже часто особливої уваги заслуговують рідкісні, зникаючі або ті, які мають загрозу зникнення види.

Цей аналіз фокусує увагу на «життєздатності» аборигенних видів. Життєздатні види можна описати як самопідтримувані популяції, які добре розподілені у діапазоні видів. Самопідтримувані популяції, в свою чергу, можна розглядати як такі, які мають достатню чисельність та різноманіття для відображення масиву стратегій історичного розвитку та форм, які будуть забезпечувати їх стійкість і адаптивність на досліджуваній ділянці з плином часу.

Однак, моніторинг стану всіх видів та оцінка їх життєздатності є неможливою з практичної точки зору. Тому виникає необхідність зосередити увагу на підмножині видів (так звані «фокусні види», *focal species*). Ключовою характеристикою фокусних видів є те, що їх велика кількість, розподіл, здоров'я і активність у просторі і часі дають нам можливість судити про функціонування більшої екологічної системи в цілому. Термін «фокусний» включає в себе кілька існуючих категорій видів які використовують для оцінки природного біорозмаїття:

1. *Показові види* (*indicator species*): види, які обирають тому, що їхній статус, як вважають, буде:

- показовим для статусу більшої функціональної групи видів;
- відображати статус ключового типу місця поширення видів, або

- виступати в якості раннього попередження очікуваного стресора екологічної цілісності (наприклад, присутність певних видів у річках свідчить про якість води).

2. *Ключові види* (keystone species): види, чий вплив на один чи більше критичний екологічний процес або біологічні системи набагато значніші ніж можна передбачити на основі їх кількості або біомаси (наприклад, кокардовий дятел створює порожнини у живих деревах, які слугують притулком для великої кількості інших видів).

3. *Екологічні інженери* (ecological engineers): види, які пристосовуючи середовище проживання до своїх потреб, змінюють доступність енергії (їжа, вода або сонячне світло) та долі і можливості інших видів (наприклад, бобри).

4. *Парасолькові види* (umbrella species): види, які через потребу у значній території або використанні декількох середовищ проживання враховують вимоги середовища проживання багатьох інших видів (наприклад, олені).

5. *З'єднувальні види* (link species): види, які відіграють вирішальну роль у передачі речовини та енергії поперек трофічних рівнів або забезпечують вирішальний зв'язок для передачі енергії у складних харчових мережах (наприклад, ховрахи у польових екосистемах).

Накопичені знання екології видів та їх функціональної ролі в екосистемах настільки обмежені, що не завжди можливо, апріорі, однозначно ідентифікувати фокусні види. Отже, вибір фокусних видів, оснований на наявній інформації та критерії їх включення, потрібно розглядати як гіпотезу, а не факт.

Крім того, можуть бути й інші види, стан та кількість яких необхідно контролювати через правові або суспільні вимоги (наприклад, рідкісні, вимираючі, зникаючі або мисливські види).

При плануванні та моніторингу спочатку необхідно здійснити аналіз необхідних для існування фокусних видів умов навколишнього середовища. На основі результатів такого аналізу можна зробити такий перелік необхідних вимог до довкілля, щоб ці види можна було вважати «життєздатним». Середовище проживання, яке буде створене при будь-якому сценарії управління, порівнюється з середовищем існування, необхідним для життєздатності обраних видів. Чим менш адекватне середовище проживання для кожного виду, тим вищий ризик природних видів та екологічної продуктивності.

### 3.1.2. Принципи економічного лісівництва

Головною метою економічного лісівництва є максимізація чистої вигоди для суспільства від використання лісових ресурсів. Така вигода аналізується на двох рівнях: мікро- (підприємство) та макро- (регіони, держави, біологічні регіони). Мікроекономіка аналізує вигоди з точки зору окремого підприємства та зосереджує увагу на накопиченні багатства. Макроекономіка аналізує вигоди з точки зору економіки та зосереджується на скупних показниках стану економіки: рівень зайнятості, дохід, ВВП тощо.

*Макроекономіка: зайнятість та дохід як міра вигід.* На регіональному та державному рівнях економісти часто вимірюють вигоду від використання лісових ресурсів у термінах зайнятості, яку вони надають та доходу, який вони приносять людям. Ефект лісової політики в області зайнятості часто застосову-

ють як показник сукупного економічного ефекту, зокрема тому, що і політики і виборці можуть використовувати його для оцінки збільшення чи зменшення безробіття в певному регіоні в результаті політичних змін. Однак, показник кількості зайнятих у лісовій галузі людей не відображає рівень їх оплати. Тому для збільшення значимості показника зайнятості як міри сукупного економічного ефекту, часто використовують особистий дохід. Крім того, економісти оцінюють економічні умови з точки зору стабільності і привабливості інвестиційного клімату. Для інвестицій в лісопереробну промисловість горизонти проєктів становлять 10-20 років, а для інвестицій у самі ліси – 20-100 років. Тому питання довгострокових інвестицій у лісівництві та виробництві деревної продукції часто надзвичайно складні та постійно викликають багато суперечок. Економічне лісівництво намагається дати відповідь на такі питання: чи буде деревна сировина доступна на постійній основі? Чи будуть довкільні норми перешкоджати отриманню комерційного врожаю? Чи зробить податкова політика такі інвестиції збитковими?

*Мікроекономіка: пошук ефективних рішень проблем лісових ресурсів.* Економіка робить акцент на пошуку ефективних рішень, тобто управлінських заходів, націлених на досягнення найвищої чистої вигоди, надаючи оцінки які власник або менеджер може використати в інших розрахунках та результатах, витрати які повинні бути здійснені та доступні варіанти вибору.

Приватні лісовласники здебільшого зацікавлені у знаходженні ефективних прибуткових рішень для вирішення проблем менеджменту лісових екосистем. З іншого боку, державні ліси повинні мати ефективний менеджмент у контексті досягнення інших цілей. Державні лісові підприємства не зобов'язані забезпечувати прибутковість ведення лісового господарства на цих землях, однак вони повинні застосовувати такі методи планування та управління, які б мінімізували компроміс у досягненні різних цілей і демонстрували раціональне використання державних коштів, намагаючись якнайкраще забезпечити всі доступні альтернативні комбінації станів та виходів лісової екосистеми.

Більшість економістів використовують методи *аналізу ефективності*, тобто методів пошуку максимально можливого досягнення цілей. Багато захисників природи негативно сприймають такий підхід до аналізу ресурсів, аргументуючи це головним чином тим, що такий вид аналізу слугує лише для оцінки товарного виробництва. Економісти їм заперечують, аргументуючи тим, що аналіз ефективності виконує важливу функцію у менеджменті лісових екосистем, незалежно від бажаних цілей, оскільки його можна використовувати для зменшення суперечностей цілей, які б могли бути значними в іншому випадку. Також, зі зростаючою деталізацією майбутніх доходів бюджету для лісового менеджменту, стає все більш важливою демонстрація менеджерами того, що вони не втрачають ресурси.

Для кращого розуміння значення аналізу ефективності та оптимізації у прийнятті рішень щодо ресурсів лісової екосистеми, розглянемо питання збереження рідкісних місць проживання диких тварин та екосистем на Тихоокеанському Північному Заході. Аналізом цих питань займалися Клара Монтгомері (Claire A. Montgomery) та Дж. Томас (J. Thomas). Монтгомері синтезувала низ-

ку аналізів в компромісну криву, яка відображає одночасне прагнення досягнути двох результатів (виходів): захист північної плямистої сови та обсяг лісозаготівлі (рис.3.1). Дискусії про те, «скільки» захисту необхідно надавати північній плямистій сові на північному заході США, тривають протягом багатьох років. Інтенсивність таких дискусій тісно пов'язана з вартістю такого захисту, при цьому таку вартість головним чином вимірюють у термінах зменшення лісозаготівлі.

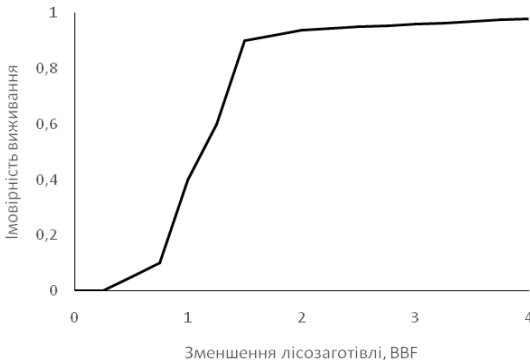


Рис.3.1. Ймовірність виживання північної плямистої сови залежно від зменшення лісозаготівлі у державних лісах США

Для кожного рівня захисту плямистої сови аналіз ефективності може допомогти знайти найменш витратний спосіб (найвищий рівень лісозаготівлі) з одночасним досягненням встановленого рівня захисту сови.

Розроблену Монтгомері криву часто називають «*межа ефективності*» (efficiency frontier) оскільки, вона, в ідеалі, відображає сукупність точок, для яких неможливо досягти більше одного стану або виходу (захисту сови), не зменшуючи кількості іншого (лісозаготівлі). Теоретично безмежна кількість точок всередині (південний схід) кривої неефективні тому, що можна досягнути більш ніж один стан або вихід без зменшення іншого. З іншого боку всі точки зовні кривої (північний захід) є нездійсненними, оскільки їх неможливо досягти. Таким чином, ефективні рішення знаходяться на «екстремальних» точках, які дають нам максимальний стан чи вихід одного ресурсу за певного встановленого рівня іншого.

Існують також методики знаходження меж ефективності для більшої кількості благ та послуг лісових екосистем.

Пошук найменш затратного шляху досягнення цілей важливий для створення лісової політики та планування менеджменту оскільки:

1. Прийняття неефективних рішень може призвести до небажаного конфлікту, коли протагоністи часто вірять, що компроміси або витративіщі ніж вони є насправді.

2. Чим вищі витрати на досягнення цілі (у випадку зменшення досягнення іншої цілі), тим менша ймовірність того, що суспільство вибере високий рівень

цієї цілі. Поки ефективна поверхня компромісу не може дати відповідь на питання скільки захисту достатньо, доти вона буде зручною відправною точкою для дискусій.

Усвідомлюючи те, що плямиста сова є недостатньою мірою лісових екосистем в умовах ризику, у 1993 році Дж. Томас (J. Thomas) створив та очолив Команду оцінювачів менеджменту лісових екосистем (Forest Ecosystem Management Assessment Team, FEMAT). Команда розробила аналітичну структуру, яка встановила ключові види, необхідні сотням хребетним та безхребетним мешканцям перестійних лісів. Потім Команда розробила сумарну криву компромісів (summsrytrade-off curve), яка відображала одночасне переслідування двох цілей: захист місць поширення великої кількості видів що проживають в перестійних лісах та акри перестійних лісів, які з часом будуть доступні для лісозаготівлі. Для громадських обговорень та державних органів управління надзвичайно важливим є обґрунтований вибір такого рішення у кожному випадку, яке б забезпечувало найвищий рівень одночасного досягнення двох цілей для кожної альтернативи.

Поки розглянуті підходи приділяли особливу увагу аналізу компромісів між захистом та продукуванням лісу, одночасно виникали дослідження компромісів та ефективності встановлення найкращих шляхів захисту лісів. Проведений у 1998 Джонсоном аналіз лісів Сієра Невадиприпускає потенційні конфлікти двох природоохоронних цілей: зниження ризику лісових пожеж та пришвидшення sukcesії лісів. Попередній менеджмент цих лісів призвів до сповільнення sukcesії лісів та нарощування потенційного палива в порівнянні з історичними рівнями. Разом з тим, повернення цих тенденцій може бути надзвичайно складним; аналіз ефективності та компромісів може допомогти знайти найбільше зниження ймовірності появи лісових пожеж яке б, водночас, забезпечувало певний рівень пришвидшення sukcesії або найбільший рівень sukcesії лісів, який би забезпечував певний рівень лісових пожеж.

Застосування такого аналізу також корисне й при виборі різних сировинних цілей, таких як продукція мисливської фауни та лісозаготівля, різні типи деревної чи недревної продукції тощо.

Серед основних концепцій та технік, які допомагають менеджерам лісового господарства знаходити ефективні рішення можна виділити: аналіз вигід і витрат (benefit-costanalysis), маржинальний аналіз (marginalanalysis) та оптимізація (optimization).

*Аналіз вигід і витрат* полягає у порівнянні вигід та витрат для низки альтернатив з метою обрання з них тієї, яка приносить найбільшу вигоду. На перший погляд, цей підхід виглядає досить просто, однак при розгляді проектів менеджменту лісових екосистем з тривалими горизонтами, великою кількістю ймовірнісних величин, факторів, входів та виходів (багато з яких важко описати кількісно) цей підхід стає досить складним та громіздким.

*Маржинальний аналіз* є ітеративним різновидом аналізу вигід і витрат в якому на кожному кроці по мірі руху між альтернативами порівнюється зміна у вигодах і витратах. При переході від однієї альтернативи до іншої дається відповідь на питання: чи будуть в цій альтернативі додаткові вигоди які б переви-

щували додаткові витрати? Так як і при аналізі витрат і вигід ця концепція виглядає простою, однак, вона надзвичайно ускладнюється при розгляді складних лісових екосистем.

Вирішення багатьох задач менеджменту лісових екосистем має майже нескінчену кількість альтернатив. Типові задачі лісового планування повинні враховувати зміну в часі стану та характеристик великої кількості параметрів, в результаті застосування рішень для досягнення певних цілей. Загальна кількість альтернатив досягнення цілей може вимірюватися сотнями, тисячами або мільйонами. З іншого боку, можна встановити велику кількість цілей (досягнення рівномірного потоку деревини, розподілу за віковими класами або обмеження сукупної величини певних видів діяльності з часом). Для вирішення такого типу проблеми, зазвичай, використовуємо техніку *оптимізації*. Одним з розділів оптимізації є лінійне програмування, яке може допомогти нам встановити кількість використання кожного дефіцитного ресурсу, вплив кожної альтернативи на ступінь досягнення цілі, завдання для досягнення всіх цілей крім однієї, а потім досягнення максимального значення тієї цілі що залишилась. Цей підхід є надзвичайно популярним для аналізу та вирішення широкого спектру завдань лісового планування.

*Чиста теперішня вартість (ЧТВ) якголовний показникцінності.* Економічний аналіз у лісівництві здебільшого розглядає використання лісівпротягом тривалого періоду часу. Тому, методи такого аналізу повинні зіставляти витрати та вигоди, які виникають у різні проміжки часу. Центральною аксіомою економічного лісівництва є те, що дисконтована чиста вартість вимірює чисту вигоду від використання лісових ресурсів для людства. Показник ЧТВдисконтованої вартості доходів і витратвід використання лісових ресурсів протягом певного періоду часу часто використовують для оцінки чистих вигід. Цей підхід дозволяє інвестору порівняти прибутковість інвестування у лісові ресурси з прибутковістю інвестицій в інші галузі (альтернативна вартість). Таким чином, максимізацію ЧТВ часто застосовують як загальну економічну ціль менеджменту лісів.

Розрахунок ЧТВ базується на використанні складних відсотків (compound interest) для витрат та доходів,які виникають у різні періоди часута порівнюванні. Складні відсотки часто спантеличують лісників через значні стягнення на інвестиції і, як виглядає з першого погляду, повертаються через значний проміжок часу.

У лісівництві зазвичай використовують ставку дисконтування у на рівні 3-6%. Оборот рубки, який би максимізував ЧТВ, залежно від таксаційних характеристик деревостану, знаходиться у діапазоні 30-70 років. Такий оборот рубки набагато коротший від того, який встановлюють при екологічному лісівництві з багатьох причин. По-перше, обсяг деревини, як правило, єдина вигода яку враховують при розрахунку. Через складність розрахунків, оцінка багатьох інших видів та екосистем зазвичай ігнорується. По-друге, дисконтування, яке асоціюється з розрахунком ЧТВ, знецінює повернення, яківідбуваються у майбутньому.

При економічно обґрунтованих рівнях ставках дисконтування, деревостани досягають фінансової зрілості значно раніше ніж екологічної. Тому власни-

ки, які бажають досягти фінансових цілей здебільшого не можуть чекати поки деревостани досягнуть цілей, які б враховувались при екологічному лісівництві. Крім того, зазвичай існує низький економічний стимул залишати перестійні дерева під час лісозаготівлі.

Також, максимізація ЧТВ прагне привести лісовий менеджмент до декількох оборотів рубки та лісорослинних умов. Комплекс всіх компонент та послуг лісової екосистеми при такому аналізі оцінюють неповністю, оскільки вони не мають чітко визначеної ринкової ціни як, наприклад, пиломатеріали. Зазвичай складно встановлювати вартості певних компонент лісової екосистеми, на відміну від товарів які продаються на ринку.

*Оцінка вартості альтернативних заходів для підтримки біорозмаїття.* Як правило, чисті вигоди розраховують як різницю між отриманими вигодами та витратами на використання лісових ресурсів. Теоретично такі розрахунки можуть охоплювати велику кількість послуг лісових екосистем від лісозаготівлі до оцінки зникаючих видів. На практиці, однак, аналіз вигід і витрат викремлює ті ресурси, які продаються на ринку або для яких можна встановити квазі-ринкову оцінку. Таким чином, дуже складно враховувати збереження видів та екосистем у таких розрахунках.

У тих випадках коли неможливо знайти грошову оцінку неринкових вигід (наприклад, біорозмаїття), можна оцінити витрати на їх отримання. Крім того, деякі засоби досягнення довгільних вигід можна показати як більш ефективні ніж інші з точки зору вартості вкладень або втрат ринкової вартості.

### *3.1.3. Принципи соціального лісівництва*

Останнім часом, все частіше до вже розглянутих екологічного та економічного лісівництва додають третій набір інтелектуальних конструкцій менеджменту лісів. Цей відносно новий підхід відомий під назвою «соціальне лісівництво», який розглядає та аналізує послуги лісових екосистем з точки зору забезпечення ними благополуччя людей, спільнот та суспільства в цілому.

Концепція соціальної сталості отримала підтримку Світової комісії з навколишнього середовища і розвитку (Комісія Брундтланд, 1987 р.), яка відзначила часті невдачі економічного зростання (за даними економістів) у розвитку сільських районів. Крім того, зросло усвідомлення значення соціальних факторів у деградації довкілля.

Центральна аксіома соціального лісівництва полягає у тому, що використання лісових ресурсів повинне прямо винагороджувати людину та підвищувати благополуччя громади. Ключові елементи цих вигід включають розподіл лісових вигід, здатність громади пристосовуватись до змін, соціальну прийнятність рішень та процес прийняття рішень базований на принципах учасницької демократії (як свідомої, активної політичної участі громадян у формуванні, виробленні та реалізації політичних та інших життєвоважливих рішень).

*Розподіл лісових вигід.* Значна увага соціального лісівництва приділяється ефектам лісового менеджменту, які впливають безпосередньо на місцеві громади. Цей аналіз особливо зосереджується на розмірі місцевого реінвестування, який спричинений активністю у лісі та розподілі вигід між працівниками ліс-



госпів і місцевими громадами. До типових показників розподілу вигід відносять рівень бідності, безробіття та міграції населення.

*Здатність громад пристосовуватись до змін.* Традиційна соціальна політика намагалася забезпечити «стабільність громад» за рахунок використання лісових ресурсів. Однак, все більше менеджерів лісового господарства почало усвідомлювати той факт, що лісова політика сама по собі не може стабілізувати громади у сучасних реаліях світових ринків та динамічної економіки. Крім того, громади зазвичай прагнуть розвиватися, а не просто підтримувати себе. З плином часу, пріоритети роботи з громадськістю змістилися від спроб стабілізувати громади до допомоги їм у пристосуванні до змін і капіталізації економічних та соціальних можливостей, які утворюються внаслідок цих змін. Показники здатності громад пристосовуватись до змін включають: рівень освіти, згуртованість громади та лідерство, обсяг та тип інфраструктури (шкільна система, дороги, каналізація).

В результаті зміщення пріоритетів роботи з громадськістю, змістилось і розуміння політиками того, що вони не завжди глибоко розуміють найкращі цілі місцевих громади. Сьогодні політики усвідомлюють те, що вони повинні допомагати громадам перш за все у самовизначенні, а не нав'язувати їм свої рішення. Органи влади повинні бути впевненими, що місцеві громади повністю усвідомлюють та розуміють вибір перед яким вони стоять і здатність лісового менеджменту забезпечити необхідний рівень вигід. Таким чином, все більшого значення набуває освітня роль лісового планування та глибоке його розуміння всіма заінтересованими сторонами.

*Соціальна прийнятність.* Певні рішення можуть бути екологічно та економічно обґрунтованими, але соціально неприйнятними. Наприклад, великі площі суцільних рубокзалишенням цінних багаторічних дерев (veterantrees) можуть відтворювати історію пожеж території та бути найбільш економічно вигідним способом лісозаготівлі. Тим не менш, отриманий пейзаж може бути соціально неприйнятним. Лісівники не поспішають усвідомлювати, що досягнення лише екологічних та економічних цілей та обмежень недостатньо для забезпечення соціальної життєздатності прийнятих рішень, але вони повинні розуміти, що може виникнути необхідність у прямій оцінці соціальної прийнятності. Соціальне лісівництво намагається встановити граничний рівень до якого пропозиції щодо лісового менеджменту відповідають соціальним цінностям.

*Учасницька демократія.* Сьогодні багатосоціологів займається питанням пошуку шляхів залучення громадськості до прийняття більш осмислених рішень щодо менеджменту лісових ресурсів, особливо у лісах державної власності. У США відбувається перехід від підходу розробленого в рамках Акту національної політики довкілля (National Environmental Policy Act), в якому агенція пропонує певні дії і громада їх критикує, до підходу у якому представники місцевих громад залучаються на початку процесу планування і допомагають виробити результати. Перші наукові дослідження такої співпраці дозволили виділити такі головні принципи участі громадськості:

- побудова довірливих відносин між всіма заінтересованими сторонами,
- сприяння взаєморозумінню,

- врахування конфліктних цінностей,
- надання можливостей для спільного уточнення деталей лісового менеджменту,
- створення стимулів для співпраці та взаємодії.

Перелічені принципи вимагають наявності постійного обговорення яке б допомагало розвивати потенціал інформованого дискурсу та низку механізмів щодо участі громади у прийнятті рішень. Всі вони передбачають, що Агентство поділиться частиною своєї влади при плануванні майбутнього з зацікавленими в цьому людьми.

Розширення ролі громадськості у лісовому менеджменті розширилося на захист, моніторинг та реалізацію планів. Лісники почали вважати себе розпорядниками земель, а бенефіціантами ресурсів стали більш широкі верстви населення, які все частіше виявляють бажання теж приймати участь у такому розпорядженні (особливо у лісах державної власності). Соціальне лісівництво покликане розробити механізми розширення відповідальності лісового менеджменту перед суспільством.

Таке лісівництво підкреслює освітню роль лісового планування з точки зору розширення можливостей громад щодо прийняття рішень, які б сприяли сталому розвитку. До тих пір поки лісове планування не зможе сформулювати повний, чіткий, змістовний та зрозумілий перелік альтернатив лісового менеджменту, разом з їх коротко- та довгостроковими наслідками, суспільству буде надзвичайно важко обрати з цієї множини альтернатив найкращу.

*Інтеграція соціальних перспектив у лісовий менеджмент.* Для того щоб зосередитись безпосередньо на людині та добробуті суспільства соціальне лісівництво виходить за межі сукупного рівня вигід, які розглядає економіка, та підтримки біорозмаїття та екологічної продуктивності, які розглядає екологія. Таким чином, значна частина соціального лісівництва дбає про те, як саме приймаються рішення та як вони впливають на людей і на громади у та навколо лісів. Ці міркування можна розвивати такими інтегрованими напрямками:

1. Обговорення важливості зрозумілих та спільних підходів до розробки управлінських планів.
2. Визнання того, що розподіл вигід може бути настільки важливим як його сукупний рівень.
3. Виділення низки показників потенціалу громадськості і можливості розрахунку ефективності планів лісового менеджменту.

### *3.1.4. Порівняння економічного та екологічного лісівництва*

Більшість наукових досліджень розглядають планування лісового менеджменту з точки зору економічної ефективності, в якій максимізується певна ціль за системи обмежень на інші. При такому підході встановлені цілі змінюються, а процес планування змушує менеджерів кількісно оцінювати відношення та враховувати додаткові обмеження, які виникають при намаганні одночасно досягнути різні цілі.

Сильний економічний та (або) заготівельний вплив на лісове планування має значні негативні наслідки: головним критерієм виділяється лише ефе-

ktivність виробництва, при цьому ігноруються або не враховуються у повній мірі важливі показники екологічного лісівництва (виявлення природних режимів збурень, встановлення основних подій збурень, коригування стратегій відповідно до екологічних обмежень тощо).

Інтеграція принципів екологічного лісівництва у лісове планування зазвичай відбувається так:

1. До переліку виходів, які потрібно отримати під час ведення лісового господарства додають нове «благо», назване «біорозмаїття».
2. Для цього блага задають науково обґрунтований цільовий рівень.
3. Проблема реоптимізується з новим обмеженням, яке враховує бажаний рівень біорозмаїття.

Багато економістів сприймають такий підхід як інноваційний та надзвичайно компромісний. Екологи ж належно оцінюють зусилля економістів, однак не завжди їх підтримують, вказуючи на те, що такий підхід вирішує лише частину суперечностей між економістами та екологами.

Можна з впевненістю стверджувати, що світогляд економістів та екологів різний, тому їхнє бачення лісового планування та менеджменту також відрізняється. Порівняння головних аспектів різних перспектив подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

#### Порівняння перспектив економічного та екологічного лісівництва

<i>Економічне лісівництво</i>	<i>Екологічне лісівництво</i>
Зосереджується на входах та виходах	Зосереджується на станах та процесах
Виділяє те, що ми знаємо	Виділяє те, чого ми не знаємо
Орієнтується на відносно короткострокову перспективу (дисконтування)	Орієнтується на довгострокову перспективу
Шукає плани, які забезпечують максимальне досягнення цілей (близькі до граничних)	Шукає плани, які забезпечують врівноважене досягнення цілей (далеко від граничних) для забезпечення невизначеності
Можливі результати формуються на основі на цілей менеджменту	Можливі результати формуються на основі історії збурень
Має тенденцію до ігнорування катастрофічних подій (пожежі, повені)	Має тенденцію до зосередження на катастрофічних подіях
Вірить у технологічні вдосконалення	Недовірливо ставиться до технологічного вдосконалення та прогресу

Якщо припустити, що існує певна закономірність у відмінностях перспектив економічного та екологічного лісівництва (див. табл.3.1), можна виділити певні рекомендації для довгострокового лісового планування.

По-перше, ми не можемо враховувати екологічні перспективи виключно через «блага» які ми потім будемо включати в економічні моделі ефективності. Залучення екологів для врахування довкільних аспектів у розробці «виробничих функцій» призводить до розширення кількості та врівноваження якості додаткових обмежень.

По-друге, імплементація всіх цих обмежень в аналіз єдиної моделі планування менеджменту лісів має важливе значення для менеджерів у майбутньому. Без такої імплементації буде продовжуватись словесна та інтелектуальна війна

міжпотужними силами, на які покладається суспільство при менеджменті лісів.

Інтегруючи наведені вище перспективи необхідно відмітити, що найважливішим у цьому процесі є визнання законності та важливості соціальних, економічних та екологічних перспектив у довгостроковому менеджменті лісів.

Визнання та врахування екологічних перспектив у лісовому менеджменті передбачає:

1. Врахування екологічних цінностей (оцінка місця поширення дерев, корчів та чагарників) у лісовому менеджменті.

2. Врахування режимів збурень, які забезпечують важливий контекст та дороговказ для лісового менеджменту.

3. При розробці стратегій лісового менеджменту необхідно враховувати масштабні катастрофічні події, які будуть відбуватись при будь-якому розвитку подій у майбутньому.

4. Вироблення рекомендацій щодо розробки планів, які б містили низку стратегій, узгоджених з невизначеностями. Зокрема, як використовувати інструментарій оптимізації, щоб він не призводив до ненадійних стратегій які було складно реалізувати та підтримувати.

### **3.2. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність лісокористування**

Ліси належать до відновлюваних природних ресурсів з певною межею експлуатації. Тому їх експлуатацію потрібно здійснювати так, щоб не втрачалась можливість їх постійного відтворення господарськоцінними породами з виконанням широкого спектра соціальних функцій. Порушення цього принципу ведення лісового господарства, спричинені надмірною експлуатацією лісових ресурсів, виконавці виправдовують різними кон'юнктурним міркуваннями. Але надмірна експлуатація українських лісів, яка проводилась у післявоєнні роки і трапляється й сьогодні з розрахунком на те, що вони самі відтворяться, призводить до небажаних наслідків.

Ліси, як природний тип рослинного покриву, підтримують екологічну стабільність більшості ландшафтів, мають багатофункціональне значення і вагомий економічний вплив на природно-ресурсний потенціал регіонів [44].

Лісові ресурси як предмет загального користування відрізняються низкою специфічних особливостей. Передусім – досить тривалий (десятки років) період відновлення і взаємозалежність компонент лісових ресурсів.

Вплив природних факторів на ріст і розвиток лісових насаджень надзвичайно ускладнює встановлення частки впливу людської праці на продуктивність лісу. Ліс – об'єкт користування не тільки у зрілому віці, але й протягом всього виробничого циклу [136].

У процесі моделювання комплексного лісокористування необхідно враховувати досить велику кількість факторів. Звичайно неможливо врахувати всі біологічні, економічні, таксаційні та лісоексплуатаційні фактори через те, що з додаванням у модель кожного, хоч і незначного фактора, вона ускладнюється у декілька разів. Урешті-решт модель ускладниться так, що її розв'язок буде гро-

мізким і тривалим, а отримані результати – мізерними. Отже, виникає необхідність у включенні у модель тільки тих факторів, які суттєво впливають на процес лісокористування, та виключення або нехтування тими, які не мають безпосереднього впливу на поставлене завдання комплексного лісокористування.

Усі фактори, що впливають на еколого-економічну ефективність комплексного лісокористування, доцільно розділяти за декількома ознаками. Насамперед за ступенем прогнозованості (передбачувані та непередбачувані). Також їх можна розрізнити за характером впливу на природні (кількість опадів, паводки тощо) та антропогенні (технології та обсяги лісокористування тощо). Процес лісовирощування відбувається здебільшого під впливом природних факторів (родючість ґрунтів, клімат та ін.), і цей вплив на лісовирощування значно більший, ніж у сільському господарстві, а тому їх необхідно особливо поглиблено досліджувати.

До *передбачуваних* (прогнозованих) факторів можна віднести такі:

1. Обсяг лісокористування.
2. Запас деревини на один гектар вкритих лісовою рослинністю земель.
3. Середні об'єми стовбура.
4. Величина річного приросту.
5. Рельєф і місцевість (рівнина, гірська, висота над рівнем моря).
6. Види деревних порід.
7. Можливість удосконалення біологічного розвитку.
8. Вікова структура лісу (що характеризується розподілом деревостанів за класами віку).
9. Специфіка конкретного деревостану.
10. Вид та інтенсивність рубки.
11. Відстань трелювання.
12. Сезон лісозаготівель.
13. Вихід лісової продукції.
14. Відходи виробництва.
15. Ринковий попит на лісову продукцію.
16. Особливості споживання деревини.

Відстань трелювання є одним із вирішальних факторів. Моделюючи лісокористування, потрібно враховувати механізацію технологічного процесу і насамперед транспортування деревини. Місця та чергування рубок передусім залежать від наявності лісовозних доріг, придатних для автомобільного та інших видів транспортування. Оскільки ліси України представлені здебільшого лісами тих категорій, які мають відповідну мережу лісових доріг, обмежені лісові ресурси та відносно промислово освоєні, то у таких порівняно малих господарствах, вибір місця рубок, розміру лісосік та розміщення їх у просторі повинен зумовлюватися лише лісогосподарським вимогами.

Розмір розрахункової лісосіки залежить переважно від наявних запасів деревини у лісовому масиві, а не від економічних умов, ступеня освоєності лісів та наявності транспортних зв'язків. Отже, розмір розрахункової лісосіки не може встановлюватись за потребою у лісовій продукції.

Для отримання дрібних лісових сортиментів потрібно орієнтуватись на вік кількісної стиглості, який залежить від виду панівної породи та лісорослинних умов і настає у 20-60 років. Завеликотоварної форми господарства необхідно орієнтуватись на технічну стиглість для заданого сортименту чи групи сортиментів, яка може настати у віці 40 років (модрина японська 1б класу бонітету) чи у віці 81-110 років для соснових, дубових чи букових деревостанів другого і вищих класів бонітетів.

Екологічна шкода у лісі пов'язана з пошкодженням ґрунтів та дерев. На її рівень впливають: тип рубки, спосіб трелювання, сезон заготівель, крутизна схилу та породи (табл. 3.2) [37].

Таблиця 3.2

## Характеристика екологічної шкоди у процесі лісокористування

Фактор	Рівень пошкоджень			
	Ґрунтів		Дерев	
	Мінімальні	Максимальні	Мінімальні	Максимальні
<i>Тип рубок</i>	Групово-вибіркові, поступові	Суцільно-лісосічні	Добровільно-вибіркові	Поступові
<i>Спосіб трелювання</i>	Підвісними канатними установками	Гусеничними тракторами	Підвісне, Кінне	Безсистемний спуск, тракторне, напівпідвісне лебідками
<i>Сезон лісозаготівель</i>	Зимовий	Літній	Зимовий	Літній
<i>Частина схилу</i>	Верхня	Нижня	Верхня	Нижня
<i>Група порід</i>	Хвойні	Листяні	-----	-----

До *непередбачуваних* факторів можна віднести:

1. Стихійні явища (пожежі, буреломи, вітровали, повені, паводки).
2. Несанкціоновані рубки деревини.
3. Пошкодження лісу комахами.
4. Хвороби лісу.
5. Політичні та економічні фактори.

### 3.3. Функції потенціалу лісових ресурсів

Для розв'язання задач щодо оптимізації комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв доцільно використовувати таблиці ходу росту насаджень та сортиментні таблиці. Таблиці ходу росту містять інформацію про те, як залежно від часу (з градацією 10 років) [78, 154], породи та місця вирощування змінюються основні таксаційні показники насаджень (середня висота, діаметр, кількість дерев на 1 га, запас ствольової деревини тощо), тобто враховують основні природні передбачувані фактори впливу на ріст насадження. Сортиментні таблиці, що діють сьогодні в Україні, містять інформацію про вихід промислових сортиментів у відсотку від запасу ділової деревини залежно від середнього діаметра деревостану, тобто надають інформацію про можливе

економічне використання насаджень і враховують більшість економічних факторів. Існують також таблиці розподілу дров'яної деревини за призначенням (технологічна, паливна, екстрактна сировини). Використання, аналіз та зіставлення існуючого попиту на певні конкретні сортименти з сортиментними таблицями може надати, крім економічного ефекту (максимальний прибуток від заготівлі деревини), ще й екологічний (економія та уникнення надмірного використання ресурсів).

На основі цих таблиць ходу росту можна побудувати функцію запасу насаджень, яку можна використовувати для дослідження поведінки певних конкретних насаджень залежно від віку. Значення такої функції будуть вказувати на обсяг деревини (продукції лісокористування), який можна отримати у будь-який момент її віку з га.

Введемо позначення:

$D_t = D(t)$  – функція запасу деревини у певний момент часу,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Тоді функції запасу насадження наведемо такою формулою [35]:

$$D(t) = a_0 t^{a_1} e^{a_2 t + a_3 t^2}, \quad (3.1)$$

де:  $t$  – вік насадження, років;

$a_0, a_1, a_2, a_3$  – параметри функції.

Графічне представлення цієї функції у загальному вигляді подано на рис. 3.2.

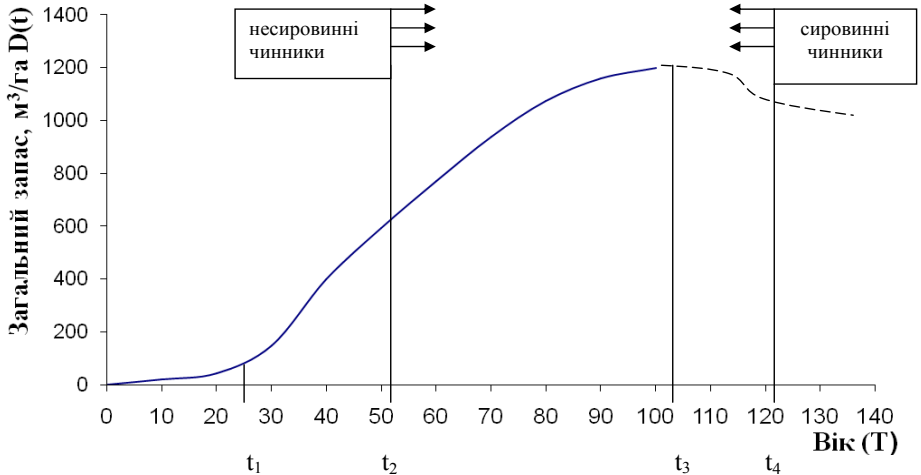


Рис. 3.2. Функція росту мішаних деревостанів ялиці білої  
 ————— за таблицями ходу росту (5Яц4Бк1Яле) [45]  
 - - - - - імітація ходу росту

Варто зауважити, що деревина, яку можна реалізувати, з'являється тільки після того, як насадження досягнуть певного мінімального віку  $t_1$ . Також, виходячи з екологічних міркувань, у лісі обов'язково повинна бути певна кіль-

кість деревної рослинності, яка забезпечувала б нормальне функціонування лісу як складної екологічної системи. Тобто не рекомендують здійснювати вирубування, поки вік насаджень не досягне якогось певного значення  $t_2$ . Однак на проміжку  $[0, t_2]$  ринкова вартість вирубаного деревини є досить низькою [3].

Ріст насадження може продовжуватись протягом багатьох років, що правда, упідсумку функція росту дерев  $D(t)$  досягає точки перегину (максимуму запасу ростучої частини)  $t_3$ , після чого починає повільно знижуватися, тобто відбувається природне відмирання деревостанів. З досягненням певного віку  $t_4$  деревина на корені втрачає свою якість внаслідок впливу біотичних та інших чинників. Цей вік вважають віком природної стиглості, ознакою його настання є припинення росту у висоту, формування кроною «парасолькоподібної» форми, наявність сухих верхівок, хворобливий стан і розвиток гниття [23, 24]. Крім того, внаслідок досягнення деревостанів віку масового відмирання дерев, збільшується загроза заселення відмерлих дерев шкідниками та хворобами, що може призвести до виникнення багатьох інфекцій, які будуть загрозою для інших, молодших за віком насаджень. Це явище негативно впливає на загальну екологічну ситуацію та санітарний стан усієї екосистеми регіону. Також поступово знижується ринкова вартість та кількість ліквідної деревини. Отже, оптимальний (як екологічно, так й економічно) вік вирубування повинен знаходитись на проміжку  $[t_2; t_4]$ . Цей вік можна вважати віком екологічної стиглості.

Як видно з рис. 3.2, сировинні чинники будуть зменшувати величину оптимального віку насаджень (зміщувати величину вліво), а несировинні навпаки – збільшувати (зміщувати вправо). Тобто досягнення максимально-го еколого-економічного ефекту буде полягати у забезпеченні рівноваги між сировинними та несировинними чинниками.

Необхідно також зауважити, що оскільки об'єм деревини з часом (до  $t_3$ ) зростає, то похідна від функції росту дерев  $D(t)$  внаслідок такого зростання буде більшою від нуля, тобто  $D'(t) > 0$ .

Звичайно лісокористування не повинне обмежуватись тільки використанням деревної продукції. Ми повинні використовувати й інші компоненти лісу та намагатись зробити комплексне оцінювання. Важливо також зауважити, що кількість та об'єми недеревної продукції лісу будуть залежати від функції запасу насаджень.

Виходячи із взаємопов'язаності компонент лісової системи DMFR, окрім відомої та дослідженої функції запасу  $D(t)$ , для забезпечення наближеного до природи комплексного лісокористування потрібно ввести та дослідити ще такі взаємопов'язані функції, які залежать від часу та природних умов:

- $M\{D(t); F(t); R(t)\}$  – функція залежності обсягів недеревних ресурсів лісу від запасу насадження, ресурсів лісової фауни та інших корисних послуг лісу;



- $F\{D(t); M(t); R(t)\}$  – функція залежності кількості та об'ємів ресурсів лісової фауни лісу від запасу насадження, недревних ресурсів та інших корисних послуг лісу;
- $R\{D(t); M(t); F(t)\}$  – функція залежності кількості та якості корисних послуг лісу від запасу насадження, недревних ресурсів та ресурсів лісової фауни.

Звичайно запропоновані функції не мають універсального математичного опису і сьогодні ще недостатньо досліджені. Такі функції можуть бути побудовані не тільки для окремого регіону, але й для всіх лісів України. Також, у майбутньому доцільно вивести загальні формули, які описували б ці залежності.

Під час оптимізації лісокористування необхідно розв'язувати задачу для кожного виду лісового ресурсу зокрема. Для цього введемо функцію (3.2)

$$Q(t) = \begin{cases} D(t) \\ M\{D(t); F(t); R(t)\} \\ F\{D(t); M(t); R(t)\} \\ R\{D(t); M(t); F(t)\} \end{cases} \quad (3.2)$$

яка набуде вигляду однієї із запропонованих функцій, залежно від ресурсу, для якого розв'язується конкретна задача.

У процесі оптимізації комплексного лісокористування лісовласникам потрібно визначитись з пріоритетами щодо вибору компонент системи DMFR, оскільки кожна послуга лісу має свою специфіку. Деколи для використання однієї з них потрібно повністю або частково відмовитися від використання іншої, тому виникає необхідність розв'язку задачі для окремих компонент лісових ресурсів. Пріоритети повинні встановлюватись залежно від соціальної, екологічної та економічної значущості окремих компонент системи DMFR згідно з порядком, зображеним на рис. 3.3.

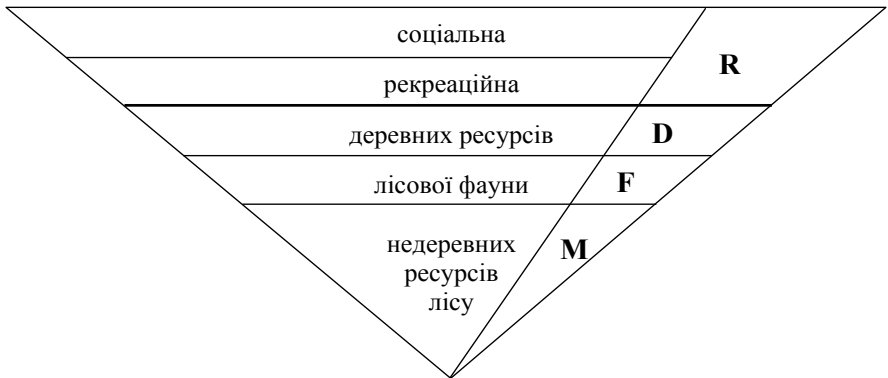


Рис. 3.3. Пріоритетність компонент лісової системи DMFR залежно від їх соціальної, екологічної та економічної значущості

Необхідно зауважити, що згідно з цим порядком не можна використовувати ту чи іншу компоненту лісу, якщо значущості одної з попередніх компонент є вища.

Об'єктом оптимізації обирається процес використання того лісового ресурсу (компоненти системи DMFR), економічна цінність якого є максимальною.

У процесі оцінювання деревних ресурсів потрібно виконати такі дії:

1. Згідно з таблицями ходу росту побудувати функцію запасу насаджень.
2. На основі сортиментних таблиць, визначити вихід лісоматеріалів та їх чисту теперішню вартість протягом періоду росту насадження.
3. Встановити щорічну собівартість лісоматеріалів, які можуть бути заготовлені на ділянці, що досліджується.
4. Прийняти критерій для оптимізації комплексного лісокористування.
5. На основі отриманої інформації (п.п. 1-4) розв'язати задачу щодо оптимізації використання деревного запасу.
6. Розробити пропозиції щодо подальшої оптимізації лісокористування.

Оскільки в основу такої оптимізації закладено динамічну імітаційну модель, то розв'язок задачі буде виглядати як процес імітації росту насадження протягом усього його життєвого циклу. Перевагою запропонованої методики є можливість імітувати процес росту насадження до заліснення та рубки, а також аналізувати існуючі насадження у будь-який момент часу.

### 3.4. Оптимізація лісочористування на основі вибору альтернативних варіантів

Схему оптимізації комплексного лісочористування на основі еколого-економічного критерію охарактеризовано на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Схему оптимізації лісочористування на основі еколого-економічних критеріїв

Одними з найважливіших і найменш формалізованих є перший та другий етапи моделювання [74]. На цих етапах виникають складності зі встановленням кінцевої мети дослідження та критеріїв досягнення мети (екологічні, соціальні та економічні). Важливе значення має також й інформаційне забезпечення, яке повинне забезпечувати вимоги повноти, необхідності, точності та своєчасності.

Для об'єктивної оцінки потрібно здійснити обов'язковий контроль вхідної інформації лісогосподарського і лісозаготівельного виробництва.

У процесі реалізації моделі складається програма рішень, яка визначається попередніми етапами моделювання. Модель можна функціонально розділити на підмоделі, підмоделі – на блоки, а блоки – на підблоки.

Для вибору одного з альтернативних критеріїв лісокористувачам треба оцінити та проаналізувати отриману інформацію. На основі такого аналізу необхідно видати рекомендації щодо оптимальних строків і технологій лісокористування, повідомити про невідомі раніше факти. У кінці останнього етапу потрібно скласти змістовний, зрозумілий, точний та повний звіт, який містив би числові значення вхідних даних, вихідні дані за всіма циклами обчислень, короткий виклад, аналіз та оцінку результатів, висновки та рекомендації.

У процесі оптимізації комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв в Україні необхідно враховувати те, що не всі лісові ресурси є економічно доступними, тобто враховувати класифікацію рекреаційних ресурсів зображену на рис. 3.5 [140].



Рис. 3.5. Класифікація лісових ресурсів

Потенційні лісові ресурси – це сукупність рослин, тварин та корисних властивостей лісу, які можна використати для потреб лісокористувачів і населення в умовах, коли сприятливі кліматичні умови та застосовуються ефективні технологічні процеси використання лісових ресурсів. Екологічно доступні лісові ресурси розглядають, як частину потенційних ресурсів, що може бути використана для потреб національної економіки та населення без шкоди довкіллю. Мобільні ресурси є тою частиною екологічно доступних, які залишається після вилучення втрат, пов'язаних із технологічними про-

цесами використання лісосировинних ресурсів. Економічно доступні лісові ресурси – це та частина мобільних, з якої можна виготовити продукцію за ціною, що не перевищує максимально допустимої [140]. Ця концепція отримала подальший розвиток у багатьох наукових роботах [60, 93, 102].

Економіко-математичні моделі для оптимізації комплексного лісокористування, які передбачають використання лише економічно доступних лісових ресурсів, не завжди можна використовувати на практиці, оскільки лісова політика в багатьох європейських країнах, зокрема в Україні, зобов'язує використовувати весь лісосічний фонд. Через невикористання навіть економічно недоступних ресурсів деревини на лісокористувачів накладають штрафи. Зокрема штрафи накладають у випадках: залишення недорубів у вигляді груп дерев площею до 0,1 га (штраф становить трикратну таксову вартість залишеної деревини); залишення недорубів у вигляді груп дерев площею понад 0,1 га (штраф становить таксову вартість деревини); залишення пнів понад третину діаметра зрізу (а за діаметра менше ніж 30 см – заввишки понад 10 см): штраф становить половину таксової вартості зрубаної деревини [145].

Подібна лісова політика проводиться в Україні щодо підсочування соснових насаджень. Так, за неповне охоплення придатних для підсочування дерев на відведених для цього ділянках накладають штрафи у розмірі п'ятикратної таксової вартості цих дерев.

Для теоретичного опису розробленої нами динамічної моделі оптимізації лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв введемо такі позначення:

$\eta$  – ринкова ціна одиниці лісової продукції, грн;

$\delta$  – норма дисконту, %;

$t$  – період відтворення і використання лісових ресурсів, років;

$Q(t)$  – функція запасу певного виду лісових ресурсів на 1 га ( $m^3$ , т, шт. тощо).

Звідси, загальний дохід від реалізації певного виду лісової продукції, отриманої з 1 га в  $t$ -му році, можна розрахувати як:  $D(t) = \eta \cdot Q(t)$ , грн

Теперішня вартість загального можливого прибутку з 1 га від реалізації лісової продукції, одержаної за період  $t$ , дорівнює:

$$P(t) = \int_0^t (D(t) - C(t) + B(t)) \cdot e^{-\delta t} dt, \quad (3.3)$$

де:  $C(t)$  – витрати на відтворення та заготівлю цього лісового ресурсу в  $t$ -му році, грн/га;

$B(t)$  – додаткові доходи протягом періоду відтворення ресурсу (виторг від реалізації деревини, заготовленої в процесі рубок, пов'язаних із веденням лісового господарства) в  $t$ -му році, грн/га.

Можна виділити такі альтернативні критерії оптимізації віку насадження, після досягнення якого здійснюється заготівля лісового ресурсу (для деревини – це оборот суцільної рубки).

**1. Максимум чистої теперішньої вартості (ЧТВ) прибутку**, отриманого за період одного обороту рубки. Прибуток визначають за формулою (3.3). Цільова функція буде мати такий вигляд:

$$P(t) \rightarrow \max. \quad (3.4)$$

**2. Максимум середньорічного прибутку від реалізації продукції.** Такий вік насаджень можна розглядати як максимум усередненого річного прибутку  $\bar{\Pi}(t)$ , який можна отримати від реалізації лісової продукції протягом одного обороту рубки, грн/(га · рік).

Тоді цільова функція буде такою:

$$\bar{\Pi}(t) = \frac{\Pi(t)}{t} \rightarrow \max. \quad (3.5)$$

**3. Максимум внутрішньої норми доходу (ВНД).** Внутрішня норма доходу  $\xi$  – таке значення ставки дисконту, при якому ЧТВ доходу за перший період ротації дорівнює нулеві (точка безбитковості), тобто при якому виконується рівність:

$$\int_0^t (D(t) - C(t) + B(t)) \cdot e^{-\xi t} dt = 0. \quad (3.6)$$

Тоді цільова функція буде виглядати так:

$$\xi \rightarrow \max. \quad (3.7)$$

**4. Максимум ЧТВ прибутку,** одержаного за весь оборот рубки, з урахуванням альтернативної вартості збереження запасу деревини на корені. У цьому випадку цільова функція  $\Pi_a(t)$  буде такою:

$$\Pi_a(t) = D(t) - B_a(t) \rightarrow \max, \quad (3.8)$$

де  $B_a(t)$  – альтернативна вартість збереження запасу на корені, яка дорівнює прибутку на банківський капітал, еквівалентний загальній вартості запасу деревини на корені (вартість втраченої можливості за оборот рубки  $t$ ).

**5. Максимум ЧТВ прибутку,** отриманого протягом нескінченного циклу оборотів рубок  $\Pi_\infty(t)$  (теорема Фаустамана-Оліна).

На відміну від попередніх, цей критерій враховує нескінченний цикл оборотів рубки, починаючи із заліснення ділянки.

Припустимо, що

$$\Pi_p = D(t) - C_p, \quad (3.9)$$

де:  $\Pi_p$  – прибуток від заготівлі деревини в кінці обороту рубки;

$C_p$  – витрати, пов'язані з заготівлею деревини.

Отже, ЧТВ прибутку внаслідок нескінченного повтору оборотів рубки буде дорівнювати такій сумі:

$$-C_{\text{лв}} + (\Pi_p(t) - C_{\text{лв}}) \cdot e^{-\delta t} + (\Pi_p(t) - C_{\text{лв}}) \cdot e^{-2\delta t} + \dots + (\Pi_p(t) - C_{\text{лв}}) \cdot e^{-m\delta t}, \quad (3.10)$$

де  $C_{\text{лв}}$  – витрати на лісовідновлення.

Тобто у нульовому році чистий прибуток буде від'ємним і складатиметься тільки з витрат на заліснення ділянки. У другому та у всіх наступних роках – чистий прибуток буде знаходитись як прибуток, отриманий в кінці  $i$ -того обороту рубки, приведений до початку періоду за допомогою коефіцієнта дисконтування  $e^{-i\delta t}$ .

Зазначене вище можна переписати у вигляді

$$(P_p(t) \cdot e^{-\delta t} - C_{ав}) \cdot (1 + e^{-\delta t} + e^{-2\delta t} + \dots + e^{-m\delta t}), \quad (3.11)$$

Оскільки  $m \rightarrow \infty$ , отримаємо:

$$(1 + e^{-\delta t} + e^{-2\delta t} + \dots + e^{-m\delta t}) = \frac{1}{1 - e^{-\delta t}}. \quad (3.12)$$

Звідси за критерієм 5, цільова функція буде мати вигляд:

$$P_{\infty} = \frac{P_p(t) \cdot e^{-\delta t} - C_{ав}}{1 - e^{-\delta t}} \rightarrow \max. \quad (3.13)$$

Отриманий вираз (3.13) за своєю суттю подібний до формули Фаустмана, яка є ключовою у лісівничій економіці та багато вчених вважають її основою нормативної та позитивної економічної моделі лісового менеджменту.

**6. Максимальна річна рента**, одержувана лісовласником від лісокористувача протягом одного обороту рубки. Максимальне значення ренти за весь оборот рубки обмежується значенням чистої теперішньої вартості доходу, який може отримати лісокористувач.

Якщо  $R$  – щорічна рентна плата лісокористувача лісовласнику, грн/га, то теперішня вартість загальної суми рентної плати за весь оборот рубки становить  $R \cdot \int_0^t e^{-\delta t} dt$ .

Тоді

$$P(t) - R \cdot \int_0^t e^{-\delta t} dt = 0, \quad (3.14)$$

$$P(t) + \frac{R}{\delta} \cdot e^{-\delta t} \Big|_0^t = 0,$$

$$P(t) + \frac{R}{\delta} \cdot (e^{-\delta t} - 1) = 0,$$

$$P(t) - \frac{R \cdot (1 - e^{-\delta t})}{\delta} = 0. \quad (3.15)$$

Звідси, цільова функція буде виглядати так:

$$R = \frac{P(t) \cdot \delta}{1 - e^{-\delta t}} \rightarrow \max. \quad (3.16)$$

До всіх запропонованих критеріїв пропонуємо застосувати такі екологічні обмеження:

### 1. Екологічне обмеження на оборот рубки:

$$t_2 \leq t_{onn} \leq t_4, \quad (3.17)$$

згідно з яким всі оптимальні періоди ротації знаходяться у проміжку ( $t_2; t_4$ ) (рис. 3.2), тобто, з одного боку, забезпечується певний екологічний, науково обґрунтований мінімум, а з іншого – немає перестиглих насаджень і втрат у ціні та цінності деревини через її перестиглість. Усі сировинні фактори зміщують

оптимальний період ротації вправо, а всі несировинні – вліво. Також варто звернути увагу на те, що чим більше економічних факторів ми включаємо в модель (рента, ставка дисконту), тим більше оптимальний вік рубок зміщується вліво.

**2. Екологічне обмеження на лісовідновлення**, згідно з яким частина прибутку обов'язково повинна йти на відновлення лісу в регіоні лісокористування. Таке обмеження можна врахувати зокрема шляхом введення коефіцієнта використання прибутку.

$$P_{\text{лев}} = k_{\text{лев}} \cdot P, \quad (3.18)$$

де:  $P$  – прибуток від ведення лісового господарства, грн/га;  
 $P_{\text{лев}}$  – частина прибутку, яка йде на лісовідновлення в регіоні лісокористування, грн/га;  
 $k_{\text{лев}}$  – коефіцієнт використання прибутку.

**3. Обмеження за площею лісовідновлення**, згідно з яким площа лісовідновлення ( $S_{\text{лев}}$ ) має бути не менша від площі лісокористування ( $S_{\text{лк}}$ ).

$$S_{\text{лев}} \geq S_{\text{лк}}. \quad (3.19)$$

Це призводить до додаткових витрат на лісовідновлення на відповідній площі, що впливає на величину прибутку. Це обмеження потрібно враховувати індивідуально для кожного критерію.

Встановлення екологічних обмежень повинно здійснюватись законодавством на основі наукових досліджень в галузі екології лісу та експертних оцінок.

Звичайно вибір одного з альтернативних критеріїв повинен залежати від цілей лісової (екологічні, ресурсно-економічні та соціальні) та екологічної політик. Особливу увагу необхідно приділяти вирішенню таких актуальних проблем екологічної політики, як: негативний антропогенний вплив на довкілля, зменшення біорізноманіття, нераціональне використання природних ресурсів тощо, які збігаються з цілями лісової політики, такими як: охорона й відтворення лісових насаджень, раціональне використання лісових ресурсів, посилення екологічних функцій лісів.

Оптимізація лісокористування за запропонованими критеріями передбачає оцінку витрат на відтворення і заготівлю ресурсів деревини. Як свідчить практика, ця оцінка є досить трудомісткою через різноманіття умов і технологій лісовирощування та лісозаготівлі, тривалий технологічний цикл, невизначеність під час прогнозування витрат, що виникає внаслідок інфляційних процесів.

Пропонуємо загальну собівартість круглих лісоматеріалів, одержаних з одного гектара, визначати за формулою

$$C = \int_0^t (C_B(t) + C_3(t)) \cdot e^{-\delta t} dt, \quad (3.20)$$

де:  $C_B(t)$  – одноразові та поточні витрати на лісовідновлення (створення лісових насаджень, догляд, охорона) в  $t$ -му році, грн/га;

$C_3(t)$  – одноразові та поточні витрати на заготівлю деревини в  $t$ -му році (без кореневої плати), грн/га;

$t$  – оборот рубки, років.



Загальну собівартість інших відновлюваних лісових ресурсів, одержаних з одного гектара, потрібно розраховувати як:

$$C = \int_0^t (C_{1B}(t) + C_{13}(t)) \cdot e^{-\delta t} dt, \quad (3.21)$$

де:  $C(t)_{1B}$  – одноразові та поточні витрати на відтворення ресурсів певного виду (грибів, ягід, лісової фауни) в  $t$ -му році, грн/га;

$C(t)_{13}$  – одноразові та поточні витрати на заготівлю лісової продукції в  $t$ -му році (без плати за спеціальне використання лісових ресурсів), грн/га;

$t$  – період відтворення і використання лісових ресурсів, років.

### 3.5. Інтегральний еколого-економічний ефект багатопільового лісочористування

Сучасний розвиток людства супроводжується зростаючим антропогенним впливом на довкілля та збільшенням територій з порушеними екосистемами. Тому сьогодні виникає необхідність врахування багатопільового значення лісів та переходу до наближеного до природи лісочористування, що має на меті освоєння та відтворення всього лісового потенціалу.

Стале використання лісового потенціалу означає управління та використання лісів та лісових площ таким чином і з такою інтенсивністю, які забезпечували б їх біологічне розмаїття, продуктивність, здатність до відновлення, життєздатність, а також здатність виконувати сьогодні та у майбутньому відповідні екологічні, економічні та соціальні функції на місцевому, національному та глобальному рівнях без збитків для інших екосистем. Крім того, лісові ресурси і лісові площі повинні використовуватись на сталій основі для задоволення соціальних, екологічних, культурних і духовних потреб сьогоднішнього та майбутніх поколінь людства [189].

Сьогодні, окрім поняття «стале лісочористування», більш популярним стає поняття «цілісний підхід (holistic approach)», що по суті означає – ієрархічний підхід у рамках парадигми трійстих відношень: людини – природи – і всієї системи господарювання на землі, яка об'єднується у понятті економіки. Така ієрархічна система будується на базі такого підпорядкування понять: етика, екологія, економіка. Практичний перехід до такої ієрархії досить складний, оскільки до сьогодні жорсткі вимоги економіки превалюють щодо етики та екології [100].

Необхідність переходу від експортно-сировинного до інноваційного типу економічного зростання зумовлена насамперед формуванням нового механізму соціального розвитку, збалансованого з ресурсними можливостями економіки та її інноваційною ефективністю. Основою такого балансу повинне бути поєднання підприємницької свободи, соціальної справедливості та національної конкурентоспроможності.

Виходячи з географічного покриття певних корисностей лісового потенціалу стосовно екологічної вартості виокремлюють локальні, національні та глобальні корисності лісу. Також ліси є різними за своїм цільовим призначен-

ням, продуктивністю, місцем розташування та доступністю. Відповідно, доходи та методи оцінювання таких лісів є також різні [7].

Значення частинних еколого-економічних ефектів від використання кожної компоненти лісового потенціалу DMFR може змінюватись у межах  $[-1;1]$ , ми можемо графічно представити інтегральний ефект як криву суми  $S$  (рис. 3.6) [7].

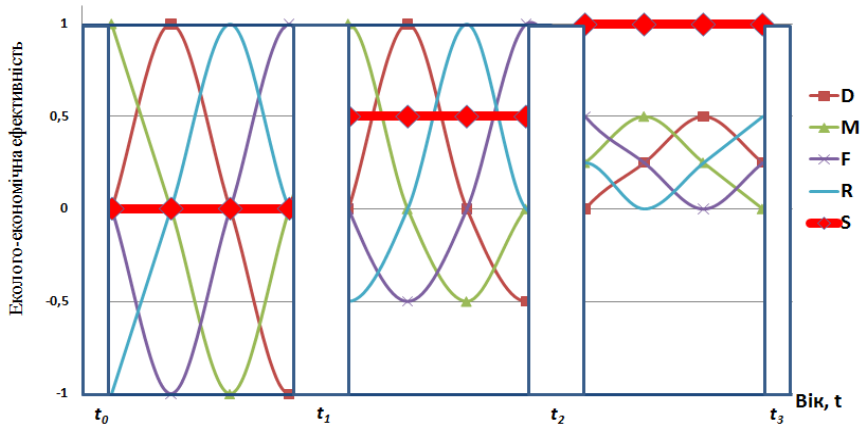


Рис. 3.6. Еколого-економічна ефективність комплексного лісочористування

Як видно з рис. 3.6, на проміжку  $(t_0; t_1)$  припускають нерегульовані значення частинних еколого-економічних ефектів системи  $D$ ,  $M$ ,  $F$  та  $R$ , і, як наслідок, величина інтегрального ефекту  $S$  у середньому буде дорівнювати нулеві.

Однак невиснажливе користування всією різноманітністю ресурсів, з урахуванням цільового призначення лісів, збереження екологічної рівноваги припускає, що захисні функції і продуктивність лісових ресурсів у довготерміновому проміжку часу не повинні опускатись нижче певного граничного рівня  $(-0,5)$ , як це видно на проміжку  $(t_1; t_2)$ . Величина інтегрального ефекту  $S$  на цьому проміжку буде додатна і дорівнюватиме у середньому  $0,5$ .

Якщо під час багатоцільового використання передбачено невиснажливе користування комбінацією ресурсів та послуг, які, враховуючи пріоритети, повинні бути наперед визначені відповідно до територіальної організації лісочористування, то величина інтегрального ефекту  $S$  буде у середньому завжди близька до одиниці  $(t_2; t_3)$ .

Амплітуда наведених кривих може змінюватись залежно від великої кількості факторів (пріоритети лісочористування, особливості ландшафтів тощо), однак у середньому тенденція середнього сумарного ефекту буде незмінною. Необхідно враховувати і те, що споживачі лісової продукції досить часто суб'єктивно надають перевагу одним благам над іншими та одному стану лісу над іншим і, як наслідок, надають лісу різну вартість. Крім того, вартість компонент лісової екосистеми може досить швидко і різко змінюватись у часі, у результаті природної зміни лісового запасу, проведення лісого-

сподарських заходів (як запланованих, так і самовільних), мисливства (чи браконьєрства) тощо. Також спеціальне споживання окремих видів лісової продукції у певному обсязі завжди повинне бути безкоштовним або за мінімальну оплату [7].

Звичайно, не всі наведені функції мають універсальний математичний опис і сьогодні достатньо досліджені. Такі функції можуть бути побудовані для всіх лісів України у вигляді загальних формул, які описували б ці залежності.

Лісові ресурси України розподілені нерівномірно на території, тому сильно диференційовані за своїм характером та цільовим призначенням, а отже, виникає потреба у постійній комплексній оцінці всіх компонент системи DMFR.

Для забезпечення максимального значення інтегрального еколого-економічного ефекту необхідно розв'язувати задачу для кожного виду лісового ресурсу зокрема. Насамперед лісокористувачі повинні визначитись з пріоритетами щодо вибору компонент системи DMFR, які будуть використовуватись. У процесі багатоцільового лісокористування кожна послуга лісу має свою специфіку. Деколи для використання однієї з них потрібно повністю або частково відмовитися від використання іншої. Пріоритети компонент системи потрібно встановлювати залежно від соціальної, екологічної та економічної значущості окремих компонент системи у кожному регіоні. Необхідно зауважити, що згідно з такими встановленими пріоритетами не можна повністю використовувати ту чи іншу компоненту лісу, якщо значущість будь-якої іншої є вища [7].

Щодо економічного ефекту, то пріоритет повинен надаватись тій компоненті системи DMFR, економічна цінність якої є максимальною, однак сьогодні, перед людством постали нові завдання, серед яких велике значення надають соціальним функціям лісу, якими вже сьогодні не можна нехтувати. Тому для забезпечення сталого лісокористування протягом максимального проміжку часу, крім названих вище вартостей лісу, на нашу думку, необхідно виділити в окрему групу соціальні фактори. Серед них найважливішими, на наш погляд, є: можливість використання наявних лісових ресурсів майбутніми поколіннями та необхідне для цього бережливе ставлення і збереження спадщини цих ресурсів. Будь-яке антропогенне втручання у лісову екосистему призводить через відносно невеликий проміжок часу до певних незворотних, шкідливих для людини наслідків, тому що лісокористування насамперед не повинне погіршувати існуючої ситуації у лісі а ні сьогодні, а ні у майбутньому. Оскільки названі вартості неможливо оцінити вартісно, то необхідно використовувати відносні або булеві коефіцієнти [9, 74]. Соціально орієнтований характер розвитку передбачає зміщення акцентів у напрямі екологізації економіки та екології людини.

Багатоцільове використання лісових ресурсів можна забезпечити за рахунок реалізації державних інвестиційних проектів, ефективність яких суттєво підвищується, якщо поряд із лісовими на певній території існують й інші природні ресурси.

Для забезпечення максимального значення інтегрального еколого-економічного ефекту, державна політика регіонального розвитку в довгостроковій перспективі повинна враховувати:

- скоординованість прийняття на державному, регіональному та місцевому рівнях заходів щодо створення умов для розвитку галузей економіки та соціальної сфери з врахуванням конкурентних особливостей кожного регіону;
- розвиток інфраструктурного забезпечення територій та створення умов для підвищення конкурентоспроможності економіки регіонів, а також вирішення питань соціального розвитку, зокрема підвищення транспортної доступності територій;
- удосконалення механізмів стимулювання органів державної влади та органів місцевого самоуправління до ефективного здійснення їх повноважень і створення максимально сприятливих умов для комплексного соціально-економічного розвитку регіонів [7].

Регіональна політика повинна базуватись на необхідності поєднання різних функцій лісу стосовно кожної ділянки. Для цього потрібна достовірна та вичерпна інформація про наявність та використання всіх видів лісових ресурсів і продуктів їх переробки. Моніторинг лісового потенціалу повинен стати всебічним та обов'язковим, як необхідна умова для обґрунтування розвитку лісового сектору того чи іншого регіону. Це дасть змогу обговорювати та вирішувати питання, пов'язані зі станом та використанням лісових ресурсів, з екологічними наслідками лісоексплуатації, допоможе знайти компромісні рішення у відносинах між лісовим господарством та лісовою промисловістю, сільським, водним і рибним господарствами.

## РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

### 4.1. Оптимізація обороту рубки на основі вибору альтернативних варіантів

Для апробації запропонованої у пп. 3.4 моделі обрано три ділянки Тухлянського лісництва Славського ДЛГ різного віку та складу насадження, характеристику яких наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Таксаційна характеристика насаджень на досліджуваних ділянках

Квартал	Виділ	Площа, га ( $S_{руб}$ )	Склад насадження	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Бонітет	Повнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Загальний запас, м <sup>3</sup>
35	17	9,9	5Яц4Бк1Яле	112	31;30;28	30;32;32	ІА	0,6	430	4257
18	21	1,9	6Яц3Бк1Яле	51	22;21;20	24;23;21	І	0,6	420	798
33	16	7,6	8Яц1Бк1Яле	102	37;28;26	28;26;24	І	0,6	430	3268

Об'єктом оптимізації обрано оборот рубки. При цьому описану в розділі 3.1.3 модель застосовуємо для ресурсів деревини. Вхідні дані росту мішаних деревостанів ялиці білої взято з таблиць ходу росту [45]. Таблиці ходу росту пропонуємо брати за основу для побудови функцій запасу та імітації ходу росту насаджень за межами віку технічної стиглості. Нормативи виходу сортиментів прийнято згідно з [65]. Повноту насадження враховано шляхом введення коефіцієнта поправки, визначеного із врахуванням породного складу, середньої висоти і діаметра, видового числа та кількості стовбурів на 1 га.

Введений тимчасовий мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах у ялицево-букових лісах Карпатського регіону [63] не забороняє суцільних рубок на пологих і покатих схилах із наявним підростом 15000 шт./га. Рубки в таких насадженнях обмежують лише площею (до 5 га) та шириною лісосіки (до 100 м). Оскільки у Славському ДЛГ на пологих та покатих схилах знаходиться 48% усіх ялицевих лісів (у Сколівському ДЛГ частка сягає 69%, а в НПП «Сколівські Бескиди» – 57%), то ми можемо ввести суцільні рубки як кінцевий етап лісокористування для нашої моделі.

Введемо додаткові позначення:  $r$  – індекс сортименту (1 – груба деревина, 2 – середня, 3 – дрібна, 4 – дрова, 5 – ліквід із крони, 6 – сучки);  $\eta_r$  – відпускна ціна  $r$ -го сортименту, грн/м<sup>3</sup>;  $Q_r(t)$  – вихід  $r$ -го сортименту у віці  $t$ , м<sup>3</sup>/га.

Відпускні ціни залежно від сортименту та породи (ялина, ялиця та бук) на франко-нижньому складі наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Відпускна ціна на лісоматеріали на франко-нижньому складі, грн/м<sup>3</sup>

Порода	Ділова деревина			Дрова	Ліквід із крони	Сучки
	груба	середня	дрібна			
Ялина, ялиця	316,78	293,81	271,80	106,24	53,10	26,56
Бук	549,41	509,65	468,83	114,84	57,42	28,71

Оскільки сортиментна структура складається зі шести основних сортиментів, то загальний рівень доходу від реалізації деревини, одержаної з 1 га у році  $t$ , в грн, будемо розраховувати як:

$$D(t) = \sum_{r=1}^6 \eta_r \cdot Q_r(t). \quad (4.1)$$

Собівартість лісовирощування  $C(t)$  визначають за формулою

$$C(t) = C_B(t) + C_3(t), \quad (4.2)$$

де:  $C_B(t)$  – витрати на лісовирощування в  $t$ -му році;  $C_3(t)$  – витрати на лісозаготівлю в  $t$ -му році.

Фактичні витрати на створення лісових культур становлять 2479,56 грн/га. Витрати на заготівлю 1 м<sup>3</sup> знеособленої деревини (без кореневої плати) – 213,67 грн.

Оскільки таблиці ходу росту не передбачають зміну запасу внаслідок проведення рубок догляду, доходи і витрати, пов'язані з цими рубками, не враховували.

У розрахунку за всіма критеріями, крім четвертого, річну норму дисконту прийнято в розмірі 3%, тоді  $\delta = \ln(1 + 0,03) = 0,02956$  [108, 161].

У розрахунку за 4 критерієм альтернативну вартість збереження запасу на корені визначають за формулою

$$B_a = \int_0^t \eta \cdot Q(t) \cdot p dt = \eta p \cdot \int_0^t Q(t) dt, \quad (4.3)$$

де  $p$  – реальна річна ставка банківського відсотка на вкладений капітал, % [56].

$$p = \frac{N - I}{100 + I} \cdot 100, \quad (4.4)$$

де:  $I$  – річне зростання цін.  $I = 6\%$  [68];

$N$  – номінальна річна ставка банківського відсотка на вкладений капітал.  $N = 12,3\%$  [68].

Звідси  $p = 5,94\%$ .

Максимум цільової функції  $\Pi_a(t)$  досягається у точці, в якій:

$$D'(t) = B'_a(t), \quad (4.5)$$

тобто граничний дохід дорівнює граничним витратам.

При цьому,  $B_a$  дорівнює загальній вартості відсотків, нарахованих на капітал за період  $t$  (приріст вартості капіталу в банку за період  $t$ ).

Оскільки таблиці ходу росту складають переважно до віку технічної стиглості (залежно від деревостану), а під час прийняття рішень на основі еколого-економічного критерію інколи необхідно знати, яким чином будуть

змінюватись основні показники росту насадження поза віком технічної стиглості, інколи потрібно імітувати процес росту насадження.

Для деревостанів, які розглянуто, у віці 100 років не досягнута точка перегину (екстремуму) функції росту [45], тому постає завдання імітації ходу росту деревостану після досягнення ним 100 річного віку.

Для вирішення цієї проблеми проведемо відповідні розрахунки. Знаючи з формули (3.1) загальний вигляд функції запасу насаджень, необхідно знайти параметри  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  та  $a_3$ , на основі яких можна розрахувати запас насадження у будь-який момент часу.

Параметри, розраховані за допомогою методу мінімізації відхилень середніх квадратів, наведемо у табл. 4.3. Ступінь достовірності побудованих на їх основі функцій запасу для кожного складу насаджень не нижчий ніж 98%.

Таблиця 4.3  
Параметри функції ходу росту для мішаних деревостанів ялиці білої

<i>Параметр</i>	<i>Значення параметра, при складі насаджень</i>		
	<i>5Яц4Бк1Ялє</i>	<i>6Яц3Бк1Ялє</i>	<i>8Яц1Бк1Ялє</i>
$a_0$	0,00166	0,00404	0,00328
$a_1$	3,57566	3,34547	3,34542
$a_2$	-0,03495	-0,03288	-0,03301

На основі знайдених нами функціональних залежностей можна побудувати таблиці запасу деревостанів від 100 до 140 років (табл. 4.4).

Таблиця 4.4  
Імітація ходу росту мішаних деревостанів ялиці білої  
за межами віку технічної стиглості

<i>Вік, роки</i>	<i>Загальний запас деревини, м<sup>3</sup>/га, при складі насаджень</i>		
	<i>5Яц4Бк1Ялє</i>	<i>6Яц3Бк1Ялє</i>	<i>8Яц1Бк1Ялє</i>
110	708,43	732,93	586,86
120	681,76	705,83	564,43
130	639,95	664,07	530,35
140	588,09	612,50	488,53

Хід росту деревостанів за повноти 0,6 на проміжку часу 0-140 років охарактеризована на рис. 4.1.

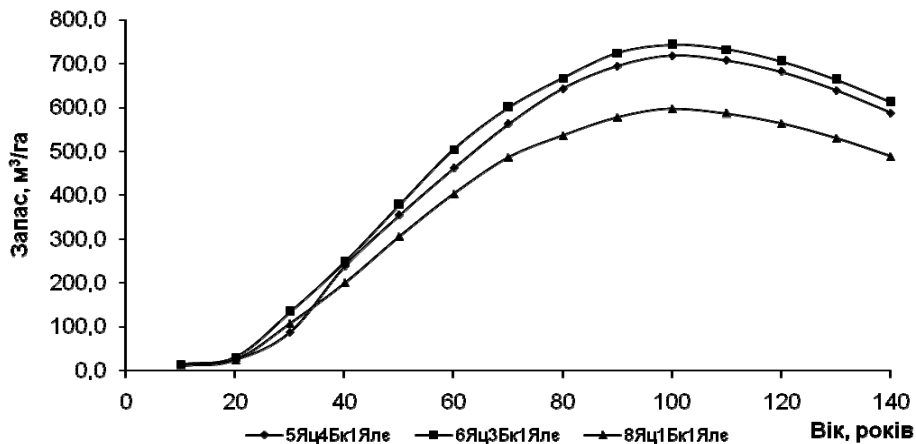


Рис.4.1. Імітація ходу росту мішаних деревостанів ялиці білої

Розраховане нами значення  $t_3$  – максимальний загальний запас рстучої частини деревини (див. рис 3.1.) вибраних ділянок буде, відповідно, для ділянок складу:

5Яц4Бк1Яле – 102,31 роки,  
 6Яц3Бк1Яле – 101,75 рік,  
 8Яц1Бк1Яле – 101,35 рік.

Обчислену нами ринкову вартість запасу деревини на корені з врахуванням сортиментної структури та можливий прибуток від заготівлі деревини на корені для кожного з вибраних складів насадження до віку 140 років, грн/га, наведено в додатку Бі табл. 4.5.



Таблиця 4.5

Ринкова вартість запасу деревини на корені та можливий прибуток від заготівлі

Вік, років	Ринкова вартість, тис. грн/га, при складі насадження			Можливий прибуток від заготівлі, тис. грн/га, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	0,000	0,000	0,000	-2,564	-3,333	-2,667
20	3,644	5,198	5,210	-1,868	-1,571	-0,097
30	24,267	34,380	19,566	5,332	5,496	-3,677
40	63,863	65,337	48,817	12,980	12,275	5,895
50	100,117	110,761	76,049	24,196	29,776	10,435
60	136,407	138,611	90,976	37,742	30,665	4,670
70	192,134	194,226	138,535	71,816	65,909	34,447
80	197,590	198,936	149,640	59,990	56,336	34,924
90	235,225	231,851	163,040	86,729	76,932	39,466
100	241,643	242,371	183,806	88,070	83,555	56,078
110	238,172	239,002	180,463	86,802	82,396	55,069
120	229,205	230,164	173,566	83,534	79,350	52,964
130	215,149	216,547	163,086	78,411	74,655	49,766
140	197,714	199,730	150,226	72,057	68,858	45,842

Згідно з критерієм 1, потрібно знайти максимальне значення ЧТВ прибутку (формула (3.4)). За критерієм 2 потрібно знайти максимальний прибуток від реалізації сталої продукції (формула (3.5)). Результати розрахунків значень цільової функції за 1 та 2 критеріями для кожного з вибраних складів насадження до віку 140 років (грн/га) подамо у вигляді табл. 4.6, 4.7 та на рис. 4.2, 4.3.

Таблиця 4.6

Значення цільової функції для критерію 1, тис. грн/га

Тривалість обороту рубки, років	Критерій 1. Цільова функція – максимум ЧТВ прибутку від лісовирощування та лісокористування, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	-4,387	-4,960	-4,464
20	-3,514	-3,349	-2,533
30	-0,283	-0,215	-3,994
40	1,500	1,283	-0,673
50	3,040	4,313	-0,099
60	3,927	2,725	-1,687
70	6,591	5,845	1,871
80	3,158	2,815	0,803
90	3,585	2,900	0,280
100	2,103	1,868	0,438
110	0,881	0,711	-0,347
120	-0,073	-0,194	-0,954
130	-0,799	-0,879	-1,413
140	-1,330	-1,381	-1,748

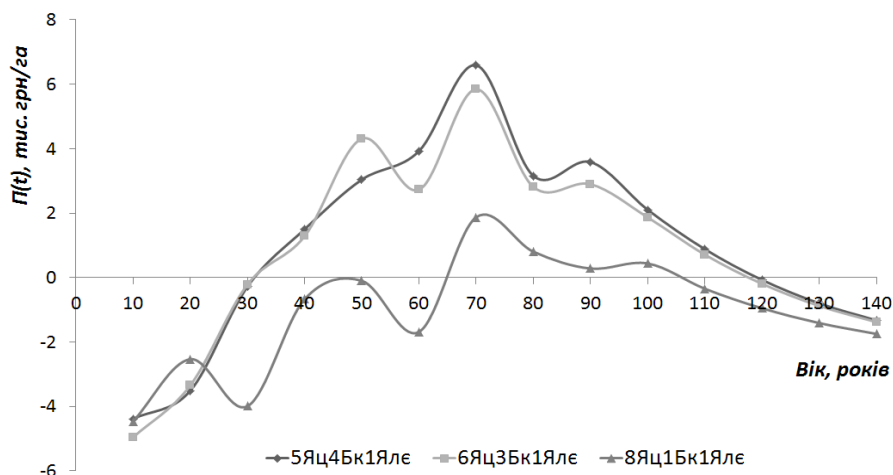


Рис.4.2. Значення цільової функції критерію 1 (максимум ЧТВ прибутку від лісовирощування та лісокористування, тис. грн /га)

Як видно з табл. 4.6. та рис. 4.2, ЧТВ прибутку досягає максимального значення у віці 70 років, причому функція ЧТВ має декілька перегинів, що зумовлюється різким зростанням запасу дрібної деревини.

Таблиця 4.7

Значення цільової функції для критерію 2, грн/га/рік

Тривалість обороту рубки, років	Критерій 2. Цільова функція – максимум прибутку від реалізації сталої продукції, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	-438,74	-495,98	-446,38
20	-175,70	-167,47	-126,67
30	-9,43	-7,18	-133,14
40	37,49	32,08	-16,81
50	60,79	86,25	-1,99
60	65,44	45,42	-28,11
70	94,15	83,49	26,73
80	39,48	35,18	10,03
90	39,84	32,22	3,11
100	21,03	18,68	4,38
110	8,01	6,46	-3,16
120	-0,61	-1,61	-7,95
130	-6,14	-6,76	-10,87
140	-9,50	-9,87	-12,49

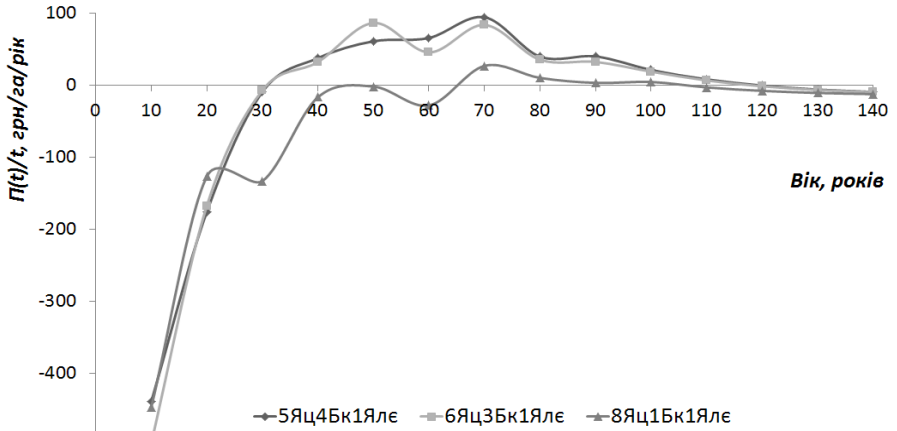


Рис.4.3. Значення цільової функції критерію 2 (максимум середньорічного прибутку від реалізації продукції, грн /га/рік)

Розрахунок значень цільової функції для критерію 3 – максимізація ВНД одного обороту рубки (формула (3.6)) подамо в табл. 4.8. та рис. 4.4. За від'ємних значень можливого прибутку від заготівлі, до досягнення вибраними насадженнями віку 20 років (а для насадження складу 8Яц1Бк1Яле – навіть до 30 років) немає потреби розраховувати значення ВНД.

Таблиця 4.8

Значення цільової функції для критерію 3, %

Склад насадження	Критерій 3. Цільова функція – максимум ВНД											
	тривалість обороту рубки, років											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
5Яц4Бк1Яле	2,58	4,23	4,66	4,64	4,93	4,06	4,03	3,63	3,29	2,97	2,69	2,44
6Яц3Бк1Яле	2,69	4,08	5,10	4,28	4,80	3,98	3,89	3,58	3,24	2,93	2,65	2,40
8Яц1Бк1Яле	-	2,19	2,92	1,06	3,83	3,36	3,12	3,17	2,86	2,58	2,33	2,11

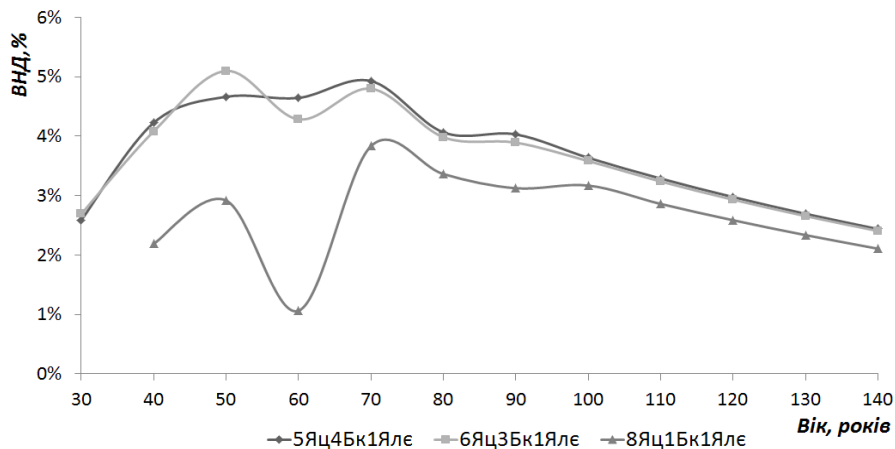


Рис.4.4. Значення цільової функції критерію 3 (максимум ВНД, %)

За критерієм 4 (формула (3.8)) насамперед потрібно розрахувати очікувані в найближчий період (десять років) приріст вартості запасу та дохід на відповідний вкладений капітал (альтернативна вартість капіталу). Розрахунок цих величин на проміжку від 10 до 140 років для кожного складу насаджень подамо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Розрахунок приросту вартості запасу та доходу на вкладений капітал,  
тис. грн/га

Вік, років	Очікуваний в найближчі десять років приріст вартості запасу (граничний дохід), при складі насадження			Дохід на вкладений капітал протягом найближчих десяти років (граничні витрати – альтернативна вартість капіталу), при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	3,64	5,20	5,21	0,00	0,00	0,00
20	20,62	29,18	14,36	2,85	4,06	4,07
30	39,60	30,96	29,25	18,96	26,86	15,29
40	36,25	45,42	27,23	49,90	51,05	38,14
50	36,29	27,85	14,93	78,22	86,54	59,42
60	55,73	55,62	47,56	106,58	108,30	71,08
70	5,46	4,71	11,10	150,12	151,75	108,24
80	37,64	32,92	13,40	154,38	155,43	116,91
90	6,42	10,52	20,77	183,78	181,15	127,38
100	-3,47	-3,37	-3,34	188,80	189,37	143,61
110	-8,97	-8,84	-6,90	186,09	186,73	141,00
120	-14,06	-13,62	-10,48	179,08	179,83	135,61
130	-17,44	-16,82	-12,86	168,10	169,19	127,42
140	-197,71	-199,73	-150,23	154,48	156,05	117,37

Визначення оптимального обороту рубки відбувається за такою логікою: якщо в певному віці  $t$  очікуваний приріст вартості запасу на корені (тобто капіталу) перевищує приріст вартості цього капіталу, покладеного в банк, то запас варто залишати на корені. У протилежному випадку насадження потрібно вирубати, а переведений в гроші капітал покласти в банк.

Розрахунок ЧТВ прибутку, отриманого за весь оборот рубки, з урахуванням альтернативної вартості збереження деревини на корені подамо у вигляді табл. 4.10. та рис. 4.5.

Таблиця 4.10

## Значення цільової функції для критерію 4, тис. грн/га

Тривалість обороту рубки, років	Критерій 4. Цільова функція – максимум ЧТВ прибутку, отриманого за весь оборот рубки, з урахуванням альтернативної вартості збереження деревини на корені, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	3,644	5,198	5,210
20	17,776	25,120	10,285
30	20,636	4,097	13,963
40	-13,643	-5,625	-10,909
50	-41,933	-58,689	-44,490
60	-50,848	-52,682	-23,521
70	-144,660	-147,041	-97,133
80	-116,743	-122,514	-103,514
90	-177,365	-170,627	-106,619
100	-192,268	-192,736	-146,951
110	-195,052	-195,571	-147,895
120	-193,136	-193,447	-146,088
130	-185,533	-186,006	-140,280
140	-352,189	-355,781	-267,599

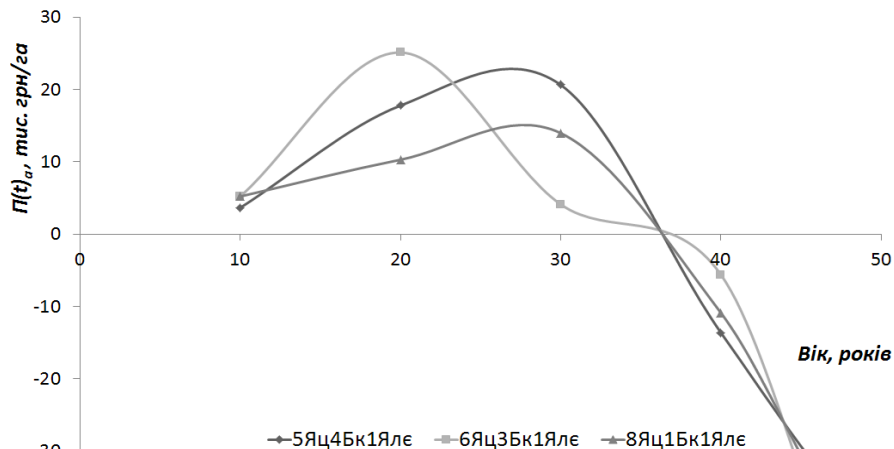


Рис. 4.5. Значення цільової функції критерію 4 (максимум ЧТВ прибутку, отриманого за весь оборот рубки, з врахуванням альтернативної вартості збереження деревини на корені, тис. грн/га)

У табл. 4.11 подано розрахунок значення цільової функції ЧТВ прибутку, отриманого протягом нескінченного циклу оборотів рубок для критерію 5 (формула 3.13)). Графічне представлення значень критерію 5 подано на рис. 4.6.

Таблиця 4.11

Значення цільової функції для критерію 5, тис. грн/га

Тривалість обороту рубки, років	Критерій 5. Цільова функція – ЧТВ прибутку отриманого протягом нескінченного циклу оборотів рубок, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	-17,145	-19,381	-17,443
20	-7,873	-7,504	-5,676
30	-0,481	-0,366	-6,793
40	2,162	1,851	-0,970
50	3,938	5,587	-0,129
60	4,729	3,282	-2,032
70	7,543	6,689	2,142
80	3,486	3,107	0,886
90	3,855	3,118	0,301
100	2,218	1,971	0,462
110	0,917	0,739	-0,361
120	-0,075	-0,199	-0,982
130	-0,816	-0,898	-1,444
140	-1,352	-1,404	-1,777

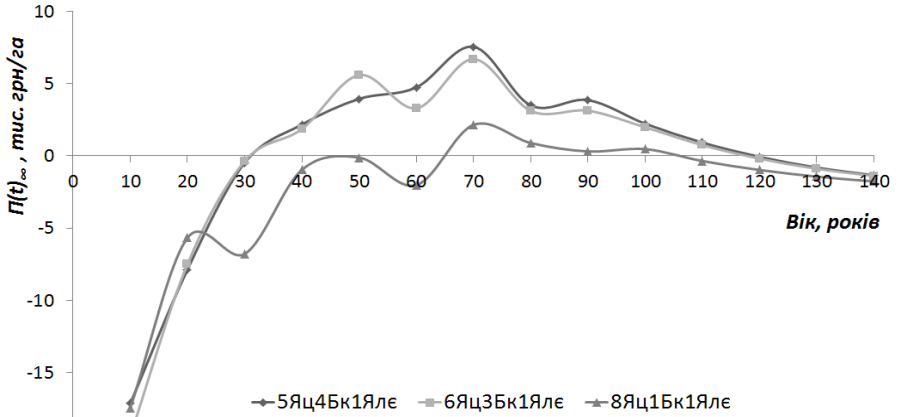


Рис. 4.6. Значення цільової функції критерію 5 (ЧТВ прибутку, отриманого протягом нескінченного циклу оборотів рубок, тис. грн/га)

У тому випадку, коли лісовласник намагається отримати від лісокористувача протягом одного обороту рубки максимальну річну ренту (критерій 6, формула (3.16)), отримано значення цільової функції (табл. 4.12, рис. 4.7).

Таблиця 4.12

Значення цільової функції для критерію 6, грн/га

Тривалість обороту рубки, років	Критерій 6. Цільова функція – максимум річної ренти, одержуваної лісовласником від лісокористувача протягом одного обороту рубки, при складі насадження		
	5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
10	-506,78	-572,89	-515,59
20	-232,73	-221,82	-167,78
30	-14,22	-10,83	-200,79
40	63,92	54,70	-28,67
50	116,40	165,15	-3,80
60	139,79	97,02	-60,05
70	222,97	197,73	63,30
80	103,03	91,83	26,18
90	113,94	92,17	8,91
100	65,57	58,25	13,67
110	27,10	21,85	-10,68
120	-2,22	-5,89	-29,03
130	-24,13	-26,56	-42,67
140	-39,96	-41,49	-52,52

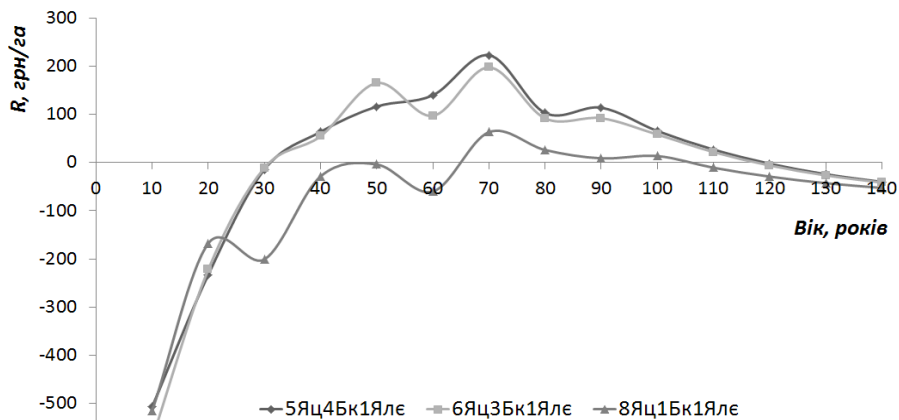


Рис. 4.7. Значення цільової функції критерію 6 (максимум річної ренти, тис. грн/га)

Результати оптимізації за запропонованими нами критеріями наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Вік досягнення максимального значення цільової функції, років

Критерій	Цільова функція	Склад насадження		
		5Яц4Бк1Яле	6Яц3Бк1Яле	8Яц1Бк1Яле
1	$P(t)$	70	70	70
2	$\bar{P}(t)$	70	50	70
3	$\xi$	70	50	70
4	$P_a(t)$	40	40	40
5	$P_\infty(t)$	70	70	70
6	$R$	70	70	70

Як видно з табл. 4.13, найменший оборот рубки досягається за можливості досягнути максимального прибутку, з урахуванням альтернативної вартості капіталу (критерій 4), що зумовлено досить високими номінально річною ставкою та темпом зростання цін.

Розв'язки запропонованої моделі дають інформацію для подальшого аналізу. Лісовласник, на основі вибору одного з альтернативних критеріїв оптимізації лісочористування повинен встановити: коли та які саме дерева вирубувати для забезпечення найкращого еколого-економічного ефекту та сталості лісочористування; чи буде оптимальним знайдений за одним із критеріїв розв'язок для конкретної ділянки та умов лісочористування; які можливі екологічні та соціальні наслідки очікувати (тобто необхідно враховувати екологічні ризики).



До всіх запропонованих альтернативних критеріїв повинні бути встановлені екологічні обмеження віку рубки. Тобто потрібно вирубувати деревостани не раніше досягнення ними віку  $t_2$  (обмеження (3.17)) та не пізніше віку  $t_4$ .

Рекомендований оптимальний вік рубок для лісів II групи у гірських районах Карпат для ялини та ялиці першого і вище класу бонітету становить 81-100 років, для бука – 101-120 років. Вік різних видів стиглості наведено в табл. 4.14 [109].

Таблиця 4.14

## Вік стиглості за породами, років

Порода	Вид стиглості				
	захисна	природна	економічна	кількісна	технічна
Ялина, ялиця	121-160	180	>121	72	87
Бук	121-160	180	>141	77	85

Узагальнюючи наведений вік стиглості та рубки на нашу думку доцільно ввести таке обмеження (формула (3.17)):

$$80 \leq t_{\text{омн}} \leq 120. \quad (4.6)$$

Звичайно вік рубок, який не задовольняє цього обмеження, не можна застосовувати на практиці. Лісовласнику потрібно переглянути тривалість обороту рубки. Якщо максимальне значення цільової функції досягається у віці нижчому за 80 років, то як оптимальний приймають оборот рубки 80 років. Отож, з врахуванням цих обмежень оптимальним оборотом рубки для досліджуваних ділянок за всіма критеріями є 80 років. Потрібно ухвалити законодавче обов'язкове дотримання лісовласниками віку обороту рубки, який був би не нижчим від значення  $t_2$ . Для обґрунтування значень віку  $t_2$  необхідні додаткові лісівничі дослідження.

Це обмеження стосується завищення обороту рубки, а відповідно й втрати у ціні та цінності деревини через її перестиглість.

До всіх критеріїв потрібно застосовувати екологічне обмеження на лісовідновлення, згідно з яким частину доходу обов'язково потрібно віддавати на відновлення лісу в регіоні лісокористування (формула (3.18)).

$$P_{\text{лв}} = k_{\text{лв}} \cdot P. \quad (4.7)$$

За нашими оцінками, затрати на лісовідновлення завдяки встановленому оптимальному обороті рубки становлять 4-7% від прибутку, отриманого від заготівлі деревини в кінці обороту рубки. Значення коефіцієнта також можна встановлювати на основі зрівноважених експертних оцінок. Значення коефіцієнта повинно залежати від часу та спонукати лісокористувачів до регулювання обороту рубки, залежно від цільового призначення лісу.

Площа лісовідновлення повинна бути не меншою від площі лісокористування (формула (3.19)), тобто для відповідних ділянок повинні виконуватись умови

$$\text{для складу: } 5Яц4Бк1Ялс - S_{\text{лв}} \geq 9,9га, \quad (4.8)$$

$$6Яц3Бк1Ялс - S_{\text{лв}} \geq 1,9га, \quad (4.9)$$

$$8Яц1Бк1Ялс - S_{\text{лв}} \geq 7,6га. \quad (4.10)$$

Цю методику потрібно адаптувати до лісокористування у конкретних умовах та розраховувати відповідно до запланованого способу рубок. Для цільних рубок можна користуватись функцією загальної вартості деревини на ділянці, але завдяки проведенню вибіркових рубок необхідно визначити можливість ринкову вартість вибраної частини насадження.

Апробацію запропонованої методики здійснювали, виходячи з припущення, що метою лісового менеджменту на цих ділянках є оптимізація використання сировинних ресурсів. Оскільки варіанти цільового використання лісів конкурують між собою (ліс як джерело сировини, рекреаційні ліси, водоохоронні, полезахисні лісові насадження тощо), для більш коректного визначення прибутку від лісокористування (формула (3.3)) необхідно враховувати альтернативну вартість конкретного цільового використання лісу, тобто величину втраченої суспільної вигоди від невикористання цього лісу з альтернативною метою. Врахування вигод від надання лісом інших загальносуспільних благ (виконання водоохоронної, кліматорегулятивної, ґрунтозахисної, рекреаційної та інших функцій) є можливим шляхом їх економічної оцінки.

Відсутність надійних методів визначення економічної оцінки деяких «невагомих» загальносуспільних послуг лісу не дає нам змоги повністю їх врахувати. Ця проблема потребує подальшого дослідження.

Апробація запропонованих економіко-математичних моделей на прикладі ділянок лісового фонду Славського ДЛГ показала, що основним чинником, який впливає на розв'язок моделей, є ставка дисконту. Під час наближення ставки дисконту до нуля максимум цільової функції для більшості альтернативних критеріїв зсувається вправо і може потрапити в інтервал екологічних обмежень. Крім ставки дисконту, економічними чинниками впливу на оптимальний розв'язок є співвідношення цін на сортименти між собою та їх рівень відносно витрат на заготівлю. За реальних економічних умов максимальні значення цільових функцій виходять за рамки екологічних обмежень.

Отримані у роботі результати досліджень чітко свідчать про те, що під час ведення сучасного лісового господарства не можна керуватися суто економічними інтересами. Замість традиційних економічних необхідно застосовувати еколого-економічні критерії. Лісовласники та лісокористувачі повинні дотримуватися виконання всіх вимог політики сталого розвитку.

#### **4.2. Еколого-економічна ефективність лісокористування в гірських умовах Карпат**

Завдяки науково-технічному прогресу людство отримує такі засоби виробництва і технології, які забезпечують зростання економіки. Постійний технічний прогрес, а також стрімке демографічне зростання, значно впливають на природне середовище. Отже, людина – єдина істота, відповідальна за деградацію біосфери... [129]. Однак не завжди економічне зростання відбувається без шкоди для природного середовища. Сьогодні ми є свідками

посилення конфлікту між зростаючими економічними потребами людства і необхідністю збереження здорового довкілля. Нині можна сформулювати нову суспільну мету – екологічну з економічними обмеженнями [156].

Норми екологічної етики повинні стати нормами суспільної моралі. У такому разі Земля зможе продовжувати існувати неушкодженою. Мінімізація негативного впливу на природне середовище людства у процесі життєдіяльності потребує значних фінансових затрат. Суперечність між потребою збереження здорового довкілля та прагненням отримати прибуток є причиною пошуку кращих шляхів розвитку людського суспільства. Невирішення цієї суперечності призведе до самознищення людства. Здебільшого це стосується процесів використання всіх лісових ресурсів. Лісогосподарські заходи повинні підтримувати і, де можливо, сприяти покращенню водоохоронної, рекреаційної та інших корисних функцій лісу, а також сприяти збільшенню його ресурсів і сталому їх використанню. Об'єми заготовель усієї лісової продукції не можуть перевищувати рівня, який забезпечував би невиснажливе, наближене до природи лісокористування.

Сьогодні майже 10% населення світу залежить від стану гірських ресурсів. Значно більша частина населення використовує інші гірські ресурси, особливо воду. Гори є скарбницею біологічного різноманіття та зникаючих видів рослин і тварин [126].

Українські Карпати є унікальним природним і соціально-економічним регіоном нашої держави. Ліси Карпатського регіону – одна з найбільших лісосировинних баз України, де зосереджено понад 20% лісового фонду нашої держави, 53% запасів стиглих і перестиглих насаджень [158]. Карпатський регіон розташований у географічному центрі Європи і межує з п'ятьма країнами, які інтенсивно розвивають чисельні міждержавні взаємозв'язки у сфері економіки, політики, охорони довкілля з метою інтеграції в Європейську спільноту. У країнах ЄС вирішення проблеми щодо ведення лісового господарства розглядають через призму багатофункціонального значення лісів із забезпеченням стабільності, якості, різноманітності деревостанів у поєднанні із щорічними доходами і можливостями зайнятості населення.

Ліси Українських Карпат потребують особливого ставлення, оскільки вони є екологічним домінантом гірських ландшафтів і водночас мають задовольняти лісосировинні потреби лісопереробних підприємств, будівельних організацій та інших споживачів деревини, а також населення. Гірські системи є важливим джерелом водного, енергетичного і біологічного різноманіття. Поряд із тим, вони є джерелом таких цінних ресурсів, як корисні копалини, сільськогосподарські продукти тощо. Завдяки тому, що гори є однією із збалансованих систем нашої планети, вони мають велике значення для функціонування глобальної екосистеми. Унаслідок урбанізації гірські екосистеми швидко змінюються, вони чутливі до постійно зростаючих процесів ерозії ґрунтів, зсувів, швидкого звуження середовища існування та зменшення генетичного різноманіття.

Склад та інші якісні характеристики лісів Українських Карпат залежать від експозиції, крутизни схилів та висоти над рівнем моря. Тому невідповідне ведення лісокористування в гірських районах призводить до змін ґрунтовітряних процесів, водного стоку та гідрології, температурного режиму та навіть складу

атмосфери. Усе це робить змінними практично всі показники, які визначають умови росту і розвитку лісу. Основною особливістю всіх природних процесів у горах є їх взаємна узгодженість у вузькому діапазоні умов. Якщо на рівнині зміна умов спричиняє невеликі відхилення у динаміці природних процесів, локалізовані на площі та поступово нормалізовані, то в гірських районах невелика зміна обставин може призвести до серйозних наслідків. Так, результати досліджень, а також багаторічна практика, свідчать про те, що у рівнинних умовах суцільні вирубування деревостанів на обмежених за площею та навіть на відносно великих лісосіках спричиняє відносно короткотермінове, що нормалізується протягом 5-7 років, збільшення водного стоку [90].

У гірських умовах основним є природоохоронне ведення лісового господарства з урахуванням лісорослинних умов та лісистості ландшафтно-водозбірних басейнів, тенденцій природного поновлення лісу.

У процесі лісокористування виникають економічні, соціальні й екологічні ефекти [143]. Позитивний економічний ефект у сфері виробництва досягається завдяки збільшенню випуску продукції та вдосконаленню технологічних процесів. Він утворюється за рахунок приросту чистої теперішньої вартості грошових потоків. Екологічний ефект – це зміни у просторі та часі умов навколишнього середовища і його ресурсів під впливом природних та антропогенних чинників. Соціальний ефект – це зміни здоров'я населення, які відбуваються під впливом антропогенної діяльності та природних чинників. Позитивний соціальний ефект у виробничій сфері досягається завдяки механізації виробництва, покращенню умов праці та проживання, зменшенню забруднення довкілля і шкідливого впливу всіх видів забруднення на здоров'я населення.

Вітчизняні вчені [40] постійно наголошують на необхідності врахування екологічних ефектів у процесі лісокористування та орієнтації на максимізацію сталого еколого-економічного ефекту стимулювання. Проте в умовах ринкової економіки, порівняно з командно-адміністративною, стимулювальна функція зазначених вище інструментів визначається дещо іншим механізмом їхньої дії через іншу систему державного управління і прав власності на ліси.

Серед критеріїв оцінки деревини або деревного запасу можна використовувати собівартість деревини, лісові такси, оптові ціни на деревину або диференціальну ренту і затрати.

Можна вважати, що одним із перших дослідників, який розробив власну методику оцінювання лісових ресурсів і реалізував її на практиці, був професор О.М. Анцукевич [26]. Суть методики полягає у тому, що ліс оцінюють на корені через приріст деревини або у вигляді нагромаджених запасів деревини. Водночас, майже неможливим на практиці є визначення калькуляції затрат на виробництво приросту різної якості, тобто різних порід.

Іншого погляду дотримується І.В. Туркевич [69], який вважає, що оптові ціни встановлено на готові лісоматеріали, а не на деревину на корені. Історично становилося так, що у вітчизняній літературі економічне оцінювання лісових ресурсів проводили за допомогою лісових такс. Складовими елементами такс були визначені: витрати на вирощування лісу, норматив необхідних нагромаджень для розширеного відтворення лісових ресурсів і суми диференційного доходу

(ренти). Метою використання лісових такс було передусім забезпечення інтересів лісового господарства, а також їх застосували як дієвий важіль раціонального використання і відтворення лісових ресурсів. Однак покладених на них функцій лісові такси не виконували повною мірою, і реально вони навіть не забезпечували потреб лісового господарства.

Щорічно відповідно до завдань лісового господарства для задоволення потреб національної економіки в деревині, підвищення продуктивності та стійкості лісових насаджень, а також раціонального використання усіх природоохоронних властивостей лісу здійснюють відповідні види рубок [48]. Їхня конкретна мета на окремих ділянках може бути різною – це рубки стиглого лісу, догляд за створеними насадженнями, заходи щодо їх захисту від шкідників і грибкових захворювань, реконструкція малоцінних насаджень тощо. У процесі відповідних рубок отримують деревину, яку використовують у промисловому виробництві.

Проте, ще до здійснення різних рубок, працівникам лісового господарства важливо мати інформацію про те, скільки і якої якості деревини можна заготувати на відведених ділянках лісу. Для цього виконують роботу з таксації лісосічного фонду, результатом якої є технологічна схема лісосіки (рис.4.8) та матеріально-грошова оцінка деревини, яку планують отримати з використаної лісосіки.

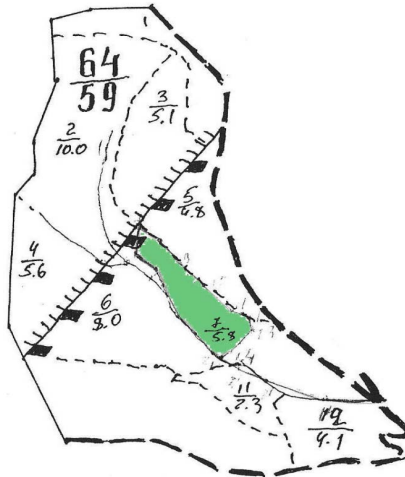


Рис. 4.8. Технологічна схема лісосіки ДП «Надвірнянське ЛГ»

Для розв'язання задач щодо оптимізації лісокористування на основі еколого-економічного критерію доцільно використовувати таблиці ходу росту насаджень та сортиментні таблиці. Для докладнішого аналізу можна використовувати також таблиці розподілу дров'яної деревини за призначенням. Використання, аналіз та зіставлення існуючого попиту на певні конкретні сортименти зі сортиментними таблицями може надати, крім економіч-

ного ефекту (максимальний прибуток від заготівлі деревини), ще й екологічний (економія та уникнення надмірного використання ресурсів) [13].

На основі даних таблиць ходу росту можна побудувати функцію запасу насаджень, яку далі будемо використовувати для дослідження поведінки певних конкретних насаджень залежно від віку. Значення такої функції будуть свідчити про обсяг деревини (продукції лісокористування), який можна отримати у будь-який її вік із 1 га.

У нашому випадку для того, щоб подати формульний вигляд функції запасу насадження складу 10Ял+Бк, спочатку необхідно знайти параметри таких трьох функцій запасу деревини (формули (4.10-4.12)):

$$Z_A = a_0 \cdot t^{a_1} \cdot \text{Exp}(a_2 \cdot t); \quad (4.10)$$

$$Z_B = a_0 \cdot t^{a_1} \cdot \text{Exp}(a_2 \cdot t + a_3 \cdot t^2); \quad (4.11)$$

$$Z_C = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3. \quad (4.12)$$

Підставивши знайдені методом найменших квадратів параметри функцій (формули (4.10-4.12)) для досліджуваної нами ділянки лісу (рис. 4.8), функція запасу деревини з числовими коефіцієнтами буде виглядати так формули (4.13-4.15)) [20]:

$$Z_A = 0,02625 \cdot t^{2,42561} \text{Exp}(-0,01248 \cdot t); \quad (4.13)$$

$$Z_B = 363,830 \cdot t^{-1,560} \text{Exp}(0,140 \cdot t - 0,001 \cdot t^2); \quad (4.14)$$

$$Z_C = -10,2873 + 0,0806t + 0,0998t^2 - 0,00046t^3. \quad (4.15)$$

Для подальшого дослідження будемо використовувати функцію запасу деревини А, оскільки параметри цієї функції найкраще описують рівняння регресії.

Аналізуючи імітацію ходу росту деревостану, необхідно зауважити, що ріст насадження може продовжуватись протягом багатьох років, щоправда у кінцевому результаті функція росту  $Z_A$  досягає точки перегину (у віці 190 років запас деревини становить 825,5 м<sup>3</sup>, а вже у віці 200 років – 825,2 м<sup>3</sup>), після чого починає повільно спадати, тобто відбувається природне відмирання деревостану. З досягненням 200-річного віку деревина на корені втрачає свою якість внаслідок впливу біотичних та інших чинників. Цей вік і є віком природної стиглості, ознакою настання якого є припинення росту у висоту, формування кроною «парасолькоподібної» форми, наявність сухих верхівок, хворобливий стан і розвиток гниття.

Рекомендований оптимальний вік рубок для таких деревостанів у гірських районах Карпат для ялини та ялиці першого і вище класу бонітету становить 81-100 років, окрім того, необхідно враховувати і захисну (121-160 років), природну (180 років), економічну (>121 років), кількісну (72 років) та технічну (87 років) стиглість.

На досліджуваній нами ділянці (рис.4.8) у 2009 р. відбулася суцільна рубка під час досягнення деревостаном віку технічної стиглості, за умови подальшого заліснення ділянки.

Як альтернативний варіант припустимо, що на досліджуваній нами ділянці у 2009 р. не відбулося суцільної рубки і весь деревостан залишився

достигати до віку природної стиглості. Для порівняння імітованих нами даних двох альтернативних видів лісокористування побудуємо графік запасів (рис.4.9) [20].

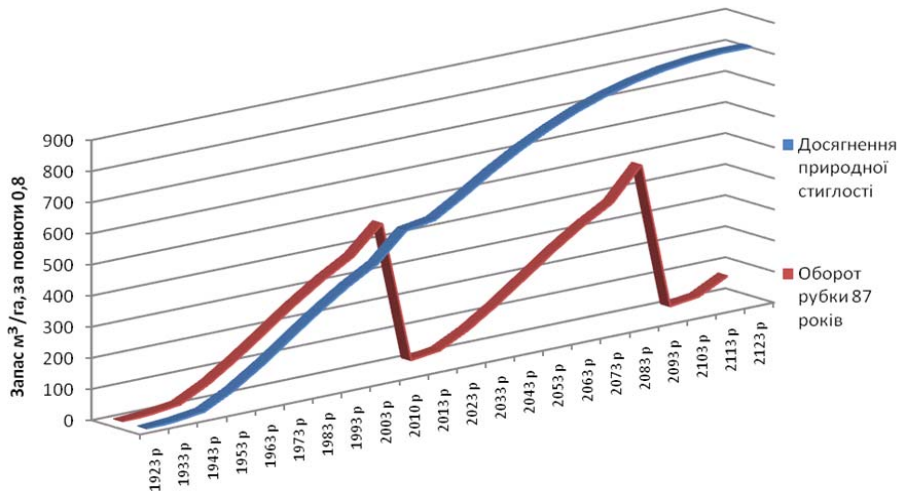


Рис. 4.9. Імітація запасу насадження за альтернативних умов лісокористування, м<sup>3</sup>/га

Теперішню вартість ми розрахували на основі зімітованих запасів з допомогою коефіцієнтів дисконтування та компаундування (за норми дисконту 3%) теперішня вартість буде виглядати таким чином (рис. 4.10) [20].

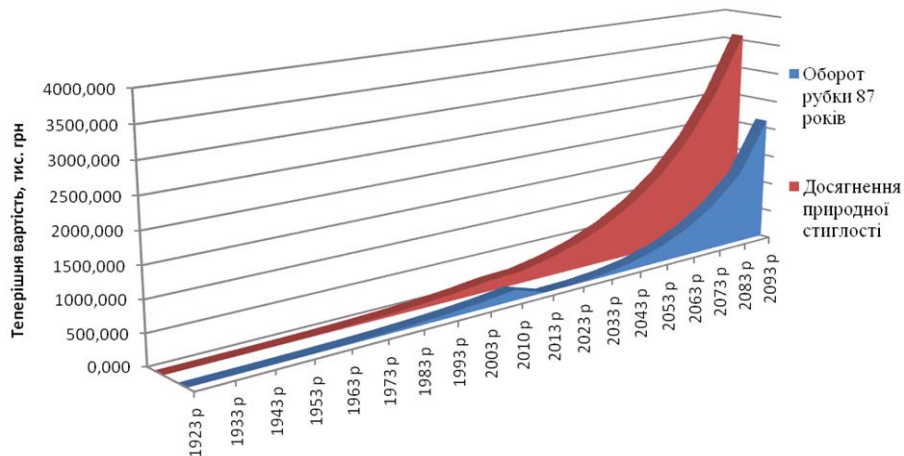


Рис. 4.10. Теперішня вартість за альтернативних умов лісокористування, тис. грн

Порівнюючи характеристики двох альтернативних умов лісокористування, необхідно зауважити, що за існуючої системи лісокористування ДП «Надвірнянське ЛГ» не досягається максимальна еколого-економічна ефективність лісокористування, оскільки під час розрахунку обороту рубки користуються віком технічної стиглості.

Моделі запасу насадження та теперішньої вартості деревостану за альтернативних умов лісокористування, які ми зімітували свідчать про те, що різниця у величині теперішньої вартості після проведення одного чи двох циклів суцільної рубки є незначна. Тобто економічна ефективність буде приблизно однаковою. З іншого боку, екологічна ефективність зростає, оскільки деревостан залишається на ділянці, а його запас продовжує зростати [20].

На нашу думку, для досліджуваної ділянки лісу під час розрахунку періоду обороту рубки можна використовувати вік природної стиглості. Однак такий підхід збільшує ймовірність появи ризиків втрати частини насадження у результаті виникнення непередбачуваних ситуацій.

Залишення деревостану до досягнення віку природної стиглості підвищить екологічну та соціальну цінність екосистеми з одного боку, та у довгостроковому періоді не зменшить теперішньої вартості лісоматеріалів – з іншого.

#### **4.3. Застосування методу Фаустмана для еколого-економічної оцінки лісокористування**

Одним із відомих європейських учених в галузі таксації та економіки використання лісових ресурсів був Мартін Фаустман, який у 1849 році опублікував відому багатьом поколінням лісових економістів працю під назвою «Обчислення вартості, яку мають для лісівництва лісова земля та нестиглі деревостани» [186]. Запропонований ним підхід оцінює лісову землю як джерело постійного (перманентного) періодичного доходу від лісової продукції. Цю, так звану очікувану, вартість землі було також використано як методичний індикатор для встановлення оптимального складу деревостанів, найкращого догляду за ними і для знаходження оптимального обороту рубки.

Запропонований метод дозволяє встановити чисту теперішню вартість (ЧТВ) певної залісненої ділянки землі. На основі формули Фаустмана ми можемо розрахувати оптимальний з економічного погляду оборот рубки. Однак протягом тривалого практичного застосування формула Фаустмана зазнала багатьох критичних зауважень з боку екологів та біологів всього світу, оскільки вона не враховує виконання лісами екологічних функцій, необхідність збереження біорозмаїття, особливості пралісів тощо.

За методом оцінки залісненої ділянки, що запропонована Мартіном Фаустманом, об'єктом оптимізації є оборот рубки. Для апробації методу Фаустмана оберемо три ділянки мішаних ялицевих деревостанів Бескидів (Українських Карпат) складу 5Яц4Бк1Яле, 6Яц3Бк1Яле та 8Яц1Бк1Яле.

Також приймемо такі вхідні параметри:

- *вартість знеособленої деревини* (тис.грн/м<sup>3</sup>). Оскільки величина є надто усередненою, то у наших розрахунках приймаємо її різною для різного віку насаджень;
- *фактичні витрати на створення лісових культур* становлять 2,47956 тис. грн/га (усереднені дані лісгоспів).
- *річна норма дисконту* (без урахування інфляції та ризику) – 3% [2].



За наведеними в табл. 4.15 характеристиками насаджень (загальна продуктивність, поточний приріст (annual growth) та середній приріст (average annual growth)) різного складу залежно від віку [45] розраховуємо такі економічні показники:

- граничні вигоди від очкування додаткового року рубки (marginal benefits of waiting one more year to harvest) – величина додаткового приросту деревини у період від поточного року до наступного. Розраховуємо як добуток поточного приросту на вартість знеособленої деревини у відповідному році;
- граничні витрати внаслідок залишення деревини у лісі (marginal costs of holding timber) – величина втраченої можливості заготівлі деревини, та інвестування за ставкою 3% (альтернативна вартість). Заготівля деревини приносить дохід, а відсоток з цього доходу є можливими втратами внаслідок залишення деревини у лісі;
- чиста теперішня вартість (net present value, NPV) одного періоду рубки.

Таблиця 4.15

Таксаційні та економічні показники мішаних ялицевих деревостанів  
Бескидів (Українських Карпат) складу 5Яц4Бк1Яле/6Яц3Бк1Яле/8Яц1Бк1Яле

Вік, років	Загальна продуктивність, м <sup>3</sup> /га	Приріст, м <sup>3</sup> /га		Темп приросту, %	Вартість 1 м <sup>3</sup> знеособленої деревини, тис. грн	Граничні вигоди від очікування рубки, тис. грн	Граничні витрати внаслідок залишення деревини, тис. грн	ЧТВ одного обороту рубки, тис. грн
		поточний	середній					
10	20,0/	2,0/	2,0/	10,0/	0,000/	0,000/	0,000/	-2,480/
	26,0/	2,6/	2,6/	10,0/	0,000/	0,000/	0,000/	-2,480/
	20,8	2,1	2,1	10,0	0,000	0,000	0,000	-2,480
20	55,3/	3,5/	2,8/	6,4/	0,141/	0,498/	0,234/	1,838/
	68,4/	4,2/	3,4/	6,2/	0,164/	0,695/	0,337/	3,731/
	53,0	3,2	2,7	6,1	0,209	0,673	0,332	3,654
30	150,7/	9,5/	5,0/	6,3/	0,274/	2,614/	1,239/	14,532/
	229,0/	16,1/	7,6/	7,0/	0,254/	4,079/	1,745/	21,484/
	182,4	12,9	6,1	7,1	0,180	2,329	0,985	11,047
40	403,9/	25,3/	10,1/	6,3/	0,268/	6,786/	3,247/	30,704/
	508,8/	28,0/	12,7/	5,5/	0,263/	7,359/	4,014/	38,542/
	346,9	16,5	8,7	4,7	0,243	3,997	2,529	23,362
50	604,5/	20,1/	12,1/	3,3/	0,282/	5,657/	5,114/	36,406/
	694,3/	18,6/	13,9/	2,7/	0,292/	5,417/	6,082/	43,766/
	518,7	17,2	10,4	3,3	0,248	4,261	3,859	26,864
60	779,8/	17,5/	13,0/	2,3/	0,295/	5,171/	6,901/	36,566/
	859,1/	16,5/	14,3/	1,9/	0,274/	4,516/	7,062/	37,474/
	683,7	16,5	11,4	2,4	0,225	3,713	4,615	23,631
70	950,4/	17,1/	13,6/	1,8/	0,341/	5,817/	9,723/	38,452/
	1016,7/	15,8/	14,5/	1,6/	0,323/	5,090/	9,852/	38,996/
	823,1	13,9	11,8	1,7	0,284	3,959	7,013	27,044

Продовження таблиці 4.15

80	1083,5/	13,3/	13,5/	1,2/	0,307/	4,086/	9,979/	28,780/
	1125,8/	10,9/	14,1/	1,0/	0,298/	3,251/	10,065/	29,049/
	905,4	8,2	11,3	0,9	0,279	2,296	7,578	21,260
90	1167,2/	8,4/	13,0/	0,7/	0,338/	2,829/	11,835/	25,108/
	1217,6/	9,2/	13,5/	0,8/	0,320/	2,938/	11,689/	24,767/
	971,3	6,6	10,8	0,8	0,282	1,858	8,217	16,674
100	1206,8/	4,0/	12,1/	0,3/	0,336/	1,331/	12,165/	18,619/
	1249,0/	3,1/	12,5/	0,3/	0,326/	1,024/	12,215/	18,707/
	1003,2	3,2	10,0	0,3	0,307	0,979	9,239	13,546

Характер зміни поточного та середнього приросту для різного складу насаджень (рис. 4.11–4.13) має подібні закономірності.

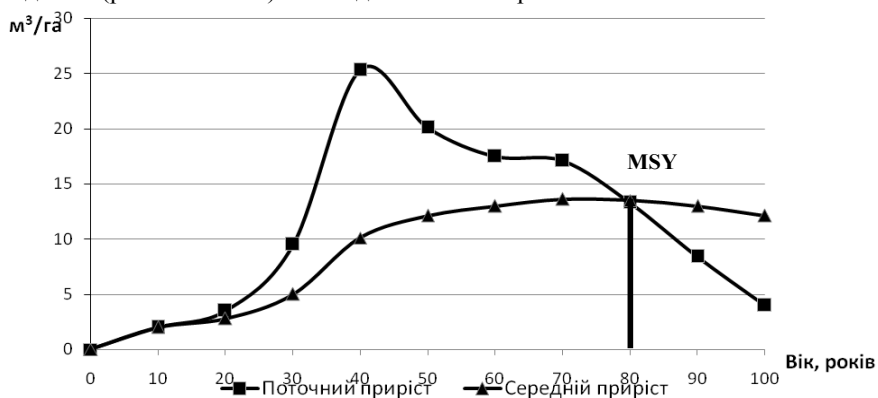


Рис. 4.11. Зміна поточного та середнього приросту для насаджень складу 5Яц4Бк1Яле

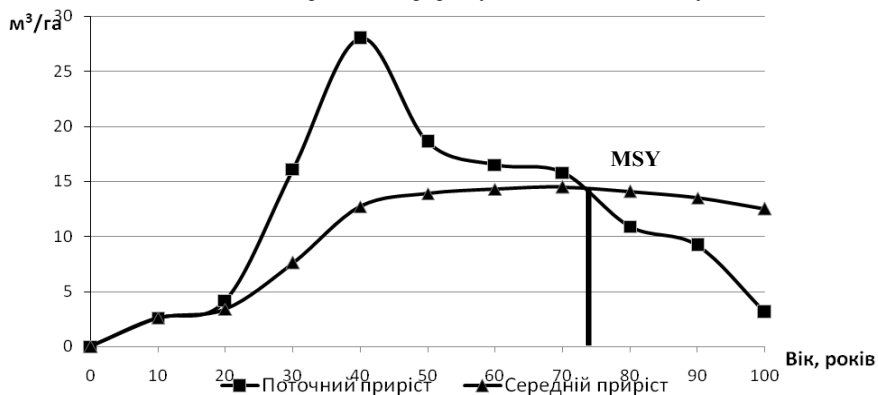


Рис. 4.12. Зміна поточного та середнього приросту для насаджень складу 6Яц3Бк1Яле

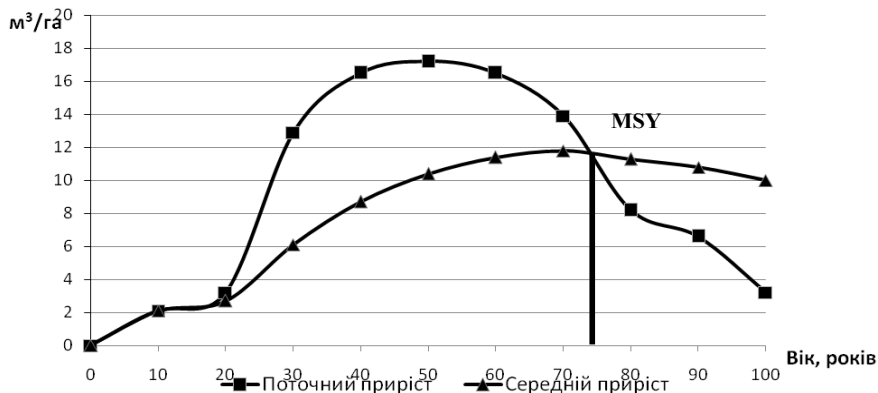


Рис. 4.13. Зміна поточного та середнього приросту для насаджень складу 8Яц1Бк1Яле

Як видно з наведених графіків, головною особливістю є різний період досягнення максимального приросту залежно від складу деревостану, максимальна величина поточного приросту спостерігається у віці 40 років для насаджень складу 5Яц4Бк1Яле і 6Яц3Бк1Яле та у 50 років для насаджень складу 8Яц1Бк1Яле.

До настання кількісної стиглості поточний приріст переважає середній, а після цього поступається йому. Вік кількісної стиглості можна суттєво змінити, проводячи інтенсивні рубки догляду [43].

За характером зміни аналізованих приростів можна знайти точку максимальної сталої продуктивності (Maximum Sustainable Yield, MSY), тобто, теоретично, найбільшої кількості деревини, яка може бути отримана з ділянки протягом нескінченного періоду часу, для кожної досліджуваної ділянки. Точка максимальної сталої продуктивності міститиметься на перетині поточного та середнього приросту і відповідатиме віку кількісної стиглості насаджень. У нашому випадку для насаджень складу 5Яц4Бк1Яле – 80 років, а для насаджень складу 6Яц3Бк1Яле та 8Яц1Бк1Яле – 74 роки. Оцінка за цим критерієм не враховує змін цін на деревину та дисконтування. Тому оборот рубки за цим критерієм завжди є тривалішим від застосування будь-якого економічного критерію.

Аналізуючи розраховані у табл. 4.15 економічні показники можна дати відповіді на такі питання:

1. Встановити економічно оптимальний вік рубки, за якого досягається максимальне значення ЧТВ залісної ділянки. Це можна зробити двома методами:

1.1. Економічно оптимальний вік рубки прийняти у тій точці, в якій досягається максимум ЧТВ. У нашому випадку, як видно з рис. 4.14, для насаджень складу 5Яц4Бк1Яле та 8Яц1Бк1Яле такий максимум досягається у 70 років, а для насаджень складу 6Яц3Бк1Яле – у 50 років.

1.2. Оптимальний оборот рубки визначити шляхом оцінки граничних вигід та граничних витрат внаслідок залишення деревини у лісі протягом

додаткового року. Тоді оптимальний оборот рубки буде у віці, коли граничні вигоди від використання залісної ділянки будуть максимальними. Як видно з табл. 4.15, граничні вигоди від очікування рубки для складу насаджень 5Яц4Бк1Яле у віці 50 років (5,657 тис. грн) приблизно дорівнюють граничним витратам внаслідок залишення деревини протягом наступного року (5,114 тис. грн). До 60-го року стиглості граничні вигоди є набагато меншими від граничних витрат. Це свідчить про те, що з економічного погляду (якщо власник залісної ділянки зацікавлений лише у максимізації вартості деревини) неефективно залишати дерева на пні, а необхідно здійснити рубку. Для насаджень іншого складу оборот рубки за цим методом приблизно рівний.

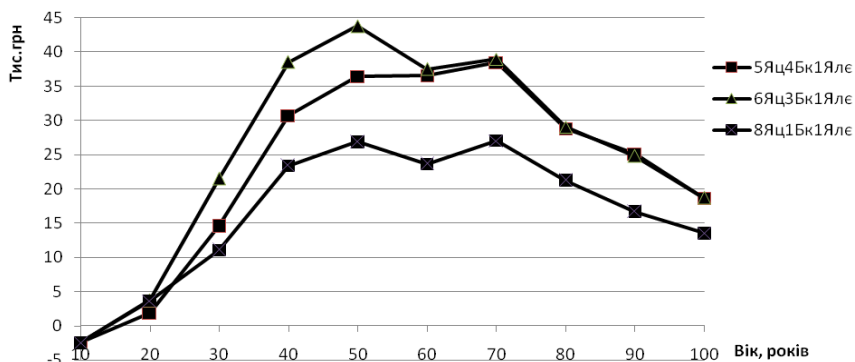


Рис. 4.14. Значення ЧТВ залісної ділянки для насаджень різного складу

2. Темп приросту насаджень – відсоток, який показує на скільки приростає загальна продуктивність залежно від віку насаджень (знаходимо як частку поточного приросту та загальної продуктивності). Тривалість одного обороту рубки можна обирати у тому віці, коли темп приросту насаджень рівний нормі дисконту. У нашому випадку норма дисконту дорівнює 3%: тоді, як видно з розрахунків у табл. 4.15, оптимальний оборот рубки за цим критерієм для всіх розглянутих складів насаджень становитиме 50 років.

Загальним недоліком зазначеного методу є неврахування необхідності потреби грубої деревини, що визначається технічною стиглістю, оскільки використання знеособленої вартості деревини, особливо до віку насаджень 50 років не враховує вихід необхідних сортиментів. Крім того, цей метод потрібно використовувати для кожного окремого лісового господарства, для кожної окремої господарської секції, враховуючи їх фактичний стан і певні особливості.

Як вже наголошувалося вище, стиглість лісу, на нашу думку, є головною, але не єдиною величиною, якою можна керуватись під час встановлення лімітів і термінів лісокористування. Під стиглістю лісу розуміють такий його стан, при якому він найкраще відповідає меті господарства, тобто найповніше задовольняє потреби господарства у конкретних сортиментах деревини або проявляє свої корисні властивості.

Рекомендований оптимальний вік рубок для лісів гірських районів Карпат для ялини та ялиці першого і вище класів бонітету становить 81-100 років, для бука – 101-120 років. Вік різних видів стиглості наведено в табл. 4.14 [109].

З метою забезпечення вимог неперервності та наближеного до природи лісокористування для встановлення стиглості лісу об'єктом дослідження повинно бути не тільки окремо взяте насадження або дерево, але і просторово-часова структура. Необхідність оптимального поєднання економічних та екологічних факторів сталого лісокористування призводить до виділення трьох головних видів стиглості [85]: економічна, екологічна та еколого-економічна.

Екологічну складову стиглості, яку характеризує максимальна продуктивність лісів, виражають:

а) показник середнього приросту, який акумулює процес відновлення лісу, обумовлюючи сталість лісокористування на конкретній території в аспекті «час-простір»;

б) метод встановлення стиглості за загальною продуктивністю деревостану, який відповідає як економічним, так і екологічним критеріям, оскільки включає у запас не тільки основну частину деревостану, але й суму відпадів, які виконують середовищеві роль, включаючи депонування вуглецю.

Як видно з отриманих за різними критеріями оборотів рубок для насаджень різного складу, керуватись лише методом Фаустмана недоцільно. У сучасних умовах, намагаючись забезпечити наближене до природи ведення лісового господарства, наведений метод може мати лише інформативний характер для розрахунку основних економічних показників ведення лісового господарства. При розрахунку тривалості обороту рубки неодмінно повинні бути застосовані екологічні обмеження, зокрема на:

- оборот рубки, згідно з яким з одного боку забезпечується певний екологічний, науково обґрунтований мінімум, а з іншого – немає перестиглих насаджень та втрат у ціні та якості деревини через погіршення санітарного стану;
- лісовідновлення, згідно з яким частина прибутку обов'язково повинна йти на відновлення лісу в регіоні лісокористування. Таке обмеження можна враховувати, зокрема, шляхом введення коефіцієнта використання прибутку;
- площу лісовідновлення, згідно з яким площа лісовідновлення має бути не меншою від площі рубок головного користування [3].

Встановлення екологічних обмежень для кожного типу лісу повинно здійснюватись на основі офіційних нормативних документів, обґрунтованих екологічними науковими дослідженнями та доповненими кваліфікованими експертними оцінками.

#### **4.4. Еколого-економічна оцінка заходів щодо покращення стану зелених насаджень міст**

В останні десятиріччя у зв'язку з посиленням урбогенного і техногенного навантаження на довкілля виокремився і набув загального визнання стратегіч-

ний курс на оздоровлення навколишнього природного середовища шляхом найефективнішого використання потенційних можливостей наземної рослинності, насамперед лісів, садів, парків, інших озеленювальних і захисних насаджень як фітомеліорантів середовища.

Сьогодні зелені насадження міст – важлива складова частина міського господарства. Вони мають важливе значення при вирішенні проблем охорони і покращення стану навколишнього середовища, виконують комплекс оздоровчих, рекреаційних, захисних функцій, виступають стабілізатором екологічної рівноваги. На сьогоднішній день одним з найвагоміших доказів важливості зелених насаджень у міському середовищі є те, що їх кількість і якість – визнаний міжнародний індикатор відповідності міст принципам сталого розвитку.

Тому проведення еколого-економічної оцінки заходів щодо покращення стану зелених насаджень міст сьогодні є надзвичайно актуальним завданням.

Регіональний ландшафтний парк «Знесіння» є об'єктом природно-заповідного фонду України. Парк створено у 1993 році для збереження та відновлення унікального природно-історичного комплексу гряди Знесіння і прилеглих територій давніх поселень Знесіння та Кривчиць. Його територія (312,1 га) належить до категорії земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення.

У міських умовах м. Львова зелені насадження РЛП «Знесіння» виконують низку важливих функцій, зокрема:

- *екологічні* (очищають повітря від забруднення, забезпечують його киснем, регулюють міський мікроклімат, зменшують зливові стоки),
- *соціальні* (місця для відпочинку громадян),
- *історико-культурні* (є об'єктами, наділеними історичним, культурним або культовим значенням),
- *містобудівні* (їм відводиться провідне місце в архітектурно-планувальній структурі міських поселень),
- *економічні* (наявність зелених зон відображається на цінах на нерухомість) та
- *естетичні* (формують ландшафт міста).

У 2010 році нами було проведено дослідження стану насаджень за вторинними біоіндикаційними ознаками, а Львівською зональною фітокарantinною станцією – обстеження санітарного стану насаджень парку.

Отримані нами дані були узагальнені та згруповані з урахуванням ступеня ураження деревних порід. Якщо на території було зафіксовано вторинні біоіндикаційні ознаки приблизно у 10% насаджень, то ураження визначалось як слабе, від 10% до 25% – середнє, більше 25% – сильне. Загалом обстеження показало, що з близько 115 деревних порід ураженими є 30, тобто 25%.

При порівнянні отриманих нами даних щодо місця розташування зон ураження та карти функціонального зонування парку було встановлено, що вогнище ураження припадає на прогуляно-відпочинкову, господарську та зону обмеженого рекреаційного використання.

Зібрані робочою групою парку та працівниками Львівської зональної фітокарантинної станції дані були згруповані, зведені у таблицю та проаналізовані. Санітарний стан насаджень парку на час проведення польових інвентаризаційно-вишукувальних робіт було визнано незадовільним.

Для покращення санітарного стану насаджень в умовах регіонального ландшафтного парку «Знесіння» пропонуємо проведення вибіркових санітарних рубок (ВСР). Такі рубки мають на меті вибірку свіжозаражених та всихаючих дерев, очищення від захаращення, вибирання сухостою, очистку вітровалів, передбачають формування мозаїчної структури деревного ярусу та розглядаються як важливий етап відтворення деревостанів максимально привабливих з естетичної точки зору.

Величини вибіркових рубок визначалися нами відповідно до ступені пошкодження насаджень, наявності різних видів шкідників, хвороб та пошкоджень на одному виділі, запасу деревини на виділі, із підвищенням ступені пошкодження та збільшенням їх різновидностей проектувалися вибіркові санітарні рубки та прохідні рубки більшого об'єму.

Після визначення масштабу проєктованих рубок нами було визначено величину запасу, що підлягає вирубці шляхом знаходження запроєктованої для рубки частки від загального запасу на відповідному виділі.

Просумувавши отримані дані нами було обчислено, що загальний запас, який підлягає вирубці у парку становить 211 м<sup>3</sup>. Враховуючи те, що розрахункова лісосіка санітарних рубок у РЛП «Знесіння» становить не більше 60 м<sup>3</sup>/рік ми запроєктували проведення рубок на період 4 роки. У період перших двох років для проведення санітарних рубок відводилися виділи з сильним та середнім ступенем пошкодження, а на третій та четвертий роки – з слабким.

Таким чином, нами було складено план проведення лісгосподарських заходів на чотири роки та визначено запаси, що підлягають вирубці, для кожного кварталу щорічно.

При проведенні обстеження стану насаджень РЛП «Знесіння» за вторинними біоіндикаційними ознаками встановлено, що з близько 115 деревних порід ураженими є близько 25%. Виявлені нами морфологічні зміни та ступені ураження свідчать про значний вплив на насадження антропогенних чинників міського середовища. Зокрема, враховуючи специфічні ознаки пошкоджень було встановлено, що зафіксовані морфологічні зміни є наслідками дії SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub>.

Таким чином, для повного усунення морфологічних змін у насадженнях парку необхідно припинити антропогенний вплив середовища на нього. Враховуючи те, що РЛП «Знесіння» розташований безпосередньо на території міста, стає очевидно, що досягнути навіть незначного зниження антропогенного навантаження є достатньо важко. Тому для покращення стійкості насаджень до дії антропогенних чинників пропонуємо застосувати на територіях, які зазнають найбільшого впливу, біологічні препарати стимулюючих бактерій (*Agrobacterium radiobacter* 10), що використовується для стимулювання росту та розвитку рослин.

Біопрепарати є екологічно чистими і безпечними для людини та тварин. Вони характеризуються такими властивостями: підвищують стійкість

рослин до збудників хвороб, покращують мінеральне та водне живлення рослин, що сприяє підвищенню їх вітальності та стимулює ріст та розвиток. Оскільки нами не передбачається зниження антропогенного впливу міста на РЛП «Знесіння», пропонуємо використовувати біопрепарат «Ефект Біо» щорічно у відповідності до норм застосування (4 л/га).

Також під час формування ландшафту території парку при можливості доцільно висаджувати газостійкі деревні породи (акація біла (*Robinia pseudoacacia* L.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), дуб червоний (*Quercus rubra* Fern.), тополя канадська (*Populus deltoides* Marsch), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), шовковиця біла (*Morus alba* L.) [5]), які будуть менше піддаватися забрудненню повітря.

З метою покращення стану насаджень РЛП «Знесіння» нами було запропоновано проведення комплексу лісгосподарських та агрохімічних заходів, який в сукупності формує проект покращення стану насаджень парку.

Першим кроком виконання фінансового аналізу було формування нами таблиці фізичних входів і виходів проекту (табл. 4.16). До вхідних потоків належать всі поточні витрати на рубки, витрати на транспортування, вартість біопрепарату, заробітна плата, кошти, що надаються РЛП «Знесіння» відповідно до проекту догляду за територією парку. До вихідних потоків належить деревина, отримана внаслідок процесу рубок.

Таблиця 4.16

## Фізичні входи та виходи проекту

№ з/п	Компонента проекту	Од. вимірювання	Рік			
			1	2	3	4
<b>ВХОДИ</b>						
1.	Собівартість заготовленого знеособленого м <sup>3</sup> деревини	тис. грн./ м <sup>3</sup>	0,141	0,161	0,184	0,210
2.	Оплата праці 2 працівників	тис. грн.	5,200	5,642	6,122	6,642
3.	Вартість біопрепарату	тис. грн.	1,951	2,263	2,626	3,046
4.	Кошти від проекту догляду за територією парку	тис. грн.	10,000	10,000	10,000	10,000
<b>ВИХОДИ</b>						
1.	Деревина від ВСП	м <sup>3</sup>	59	54	47	51
2.	Ціна заготовленого знеособленого м <sup>3</sup> деревини	тис. грн/ м <sup>3</sup>	0,211	0,221	0,231	0,241

При розрахунку собівартості заготовленого знеособленого м<sup>3</sup> деревини, на основі аналізу статистичних даних, враховувалося, що індекс зростання деревини становитиме 14,2% щорічно. Відповідно до штатного розпису парку у структурі надається щорічний тендер на 10-12 робітників з впорядкування території парку. Нами було передбачено на час проведення заходів взяття на роботу двох додаткових працівників лісового господарства другої категорії (відповідно до тарифікації робіт по догляду за лісом) із заробітною платнею 1300 грн/міс. (час проведення рубок – два місяці щорічно). Приймаємо також, що індекс зростання заробітної плати становить 8,5% щорічно. Вартість обраного нами біопрепарату становить 45 грн/л. Для обробки одного



га території необхідно 2 л препарату, який потім розводиться водою у відповідних пропорціях. Індекс зростання ціни на препарат приймаємо в розмірі 16% щорічно.

Щорічно парку надаються кошти для підмітання території, прибирання побутового сміття, налагодження благоустрою території парку та інших необхідних робіт у розмірі 20 тис. грн щорічно. Ми передбачаємо, що протягом чотирьох років 50% цієї суми (10 тис. грн) буде використовуватися для здійснення проекту покращення стану паркових насаджень.

Ціна заготовленого знеособленого м<sup>3</sup> деревини у наших розрахунках становить 141,00 грн. При цьому індекс зростання ціни становитиме 4,6% щорічно.

Розрахунок показників ефективності фінансового аналізу даного проекту представлено у вигляді зведеної таблиці грошових потоків (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

Розрахунок показників ефективності фінансового аналізу (тис. грн)

№ з/п	Показник	Рік			
		0	1	2	3
1.	<b>Сальдо операційної діяльності</b>	6,979	5,318	3,461	1,918
2.	<b>поточні ВИТРАТИ:</b>	15,470	16,601	17,390	20,397
3.	• на заготівлю деревини	8,319	8,695	8,643	10,710
4.	• на оплату праці	5,200	5,642	6,122	6,642
5.	• на біопрепарат	1,951	2,263	2,626	3,046
6.	<b>поточні ДОХОДИ:</b>	22,449	21,918	20,850	22,315
7.	• виручка від продажу деревини	12,449	11,918	10,850	12,315
9.	• кошти від проекту догляду за територією	10,000	10,000	10,000	10,000
10.	• коефіцієнт дисконтування	1,0000	0,9709	0,9426	0,9151
11.	<b>Дисконтований грошовий потік</b>	6,979	5,163	3,262	1,755
12.	Накопичений грошовий потік	6,979	12,141	15,403	17,159
13.	<b>ЧТВ</b>	<b>17,159</b>			
14.	<b>Термін окупності</b>	<b>1 рік</b>			
15.	<b>Рентабельність</b>	<b>1,253</b>			

Витрати на вибірку санітарну рубку були встановлені нами шляхом знаходження добутку об'єму заготівлі деревини від ВСР на собівартість заготовленого знеособленого м<sup>3</sup> деревини, а для обчислення доходів від продажу деревини – об'єму заготівлі деревини від ВСР на ціну заготовленого знеособленого м<sup>3</sup> деревини.

Сформувавши грошові потоки витрат та доходів проекту, нами було обчислено сальдо операційної діяльності, продисконтувавши (для даного проекту було обрано «моральний» коефіцієнт дисконтування 3%) та накопичивши який, ми отримали показник чистої теперішньої вартості (ЧТВ) проекту. Значення ЧТВ становить 17,159 тис. грн, при чому проект є окупним уже з першого року діяльності. Ступінь прибутковості кожної інвестованої одиниці капіталу становить 1,253. Таким чином, з точки зору інвестора даний проект є ефективним.

Метою сенситивного аналізу проекту покращення стану насаджень РЛП «Знесіння» є визначення чутливості ЧТВ проекту до зміни всіх вико-

рестовуваних нами індексів та до зміни норми дисконту.

Результати аналізу чутливості ЧТВ проекту до зазначених показників представлено у вигляді павукоподібної діаграми (рис.4.15). Визначаючи чутливість ЧТВ до зміни відсотку дисконтування, максимальне значення ставки дисконту було взяте нами на ставки НБУ (14%). Таким чином, альтернативна вартість проекту є більш вигідною для інвестора, але не суттєвою.

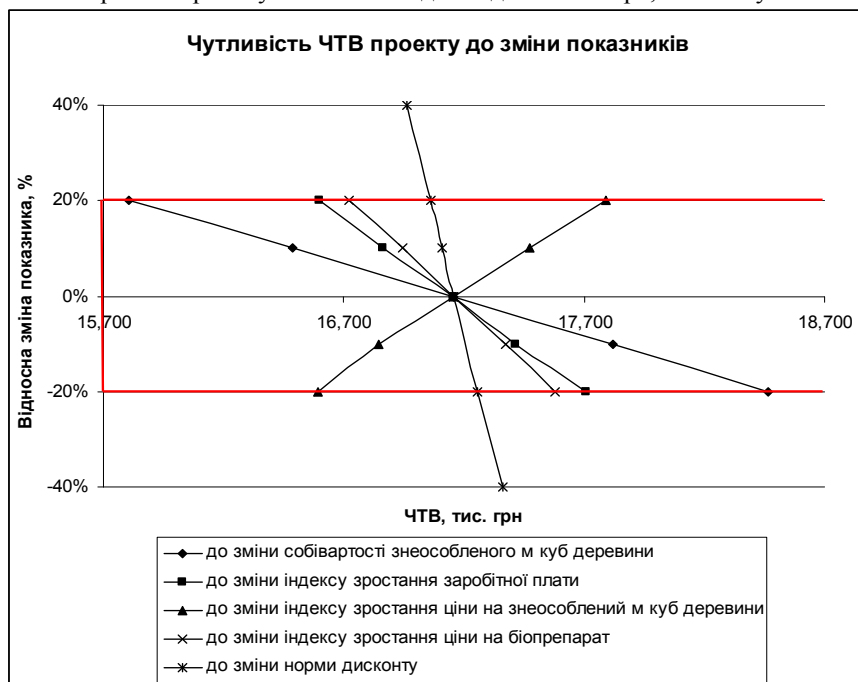


Рис.4.15. Діаграма чутливості ЧТВ проекту до зміни показників

На павукоподібній діаграмі кожне з її «щупалець» показує вплив на ЧТВ однієї змінної за умови сталості значень інших змінних. Нахил кожної лінії показує еластичність ЧТВ за відповідними змінними. Для виявлення критичних змінних та їх критичних значень нами було використано допоміжну рамку, верхня і нижня сторона якої відповідає рівневі чутливості 20%, а ліва – вертикальній осі, де ЧТВ є рівним нулеві (критичними для проекту вважаються змінні, лінії яких перетинають вертикальну вісь діаграми в межах горизонтальних ліній рамки). Як бачимо з рис. 4.15, зміна кожного з аналізованих показників у визначених межах не є критичною для ЧТВ проекту (її значення залишається додатнім).

Розраховані нами коефіцієнти еластичності зміни ЧТВ до зміни чинників (табл. 4.18), проранжовані таким чином: показнику, до якого ЧТВ є найбільш чутливим, присвоєно найвищий рейтинг, а показнику, до якого ЧТВ є найменш чутливим, – найнижчий.

Таблиця 4.18

## Коефіцієнти еластичності зміни ЧТВ до зміни чинників

Рейтинг чинника	Чинник, вплив якого на ЧТВ досліджується	Зміна чинника, %	Базове значення ЧТВ, тис. грн	Нове значення ЧТВ, тис. грн	Абсолютна зміна ЧТВ, грн.	Відносна зміна ЧТВ, %	Коеф. еластичності
1	Індекс зростання собівартості знеособленого м <sup>3</sup> деревини	10	17,159	16,489	-0,67	-3,90	-0,390
2	Індекс зростання ціни заготовленого знеособленого м <sup>3</sup> деревини			17,474	0,32	1,84	0,184
3	Індекс зростання заробітної плати			16,864	-0,29	-1,71	-0,171
4	Індекс зростання ціни на препарат			16,943	-0,22	-1,26	-0,126
5	Норма дисконту			17,109	-0,05	-0,29	-0,029

З таблиці 4.18 можна зробити висновок, що ЧТВ є найбільш чутливою до зміни індексу зростання собівартості знеособленого м<sup>3</sup> деревини (коефіцієнт еластичності -0,390), а найменш чутливою – до зміни норми дисконту (коефіцієнт еластичності -0,029). Впроваджуючи цей проект, потрібно брати до уваги, що збільшення показника, до якого ЧТВ є найбільш чутливою призведе до зменшення отриманого інвестором прибутку.

Підсумовуючи все вищесказане, можна зробити такі висновки:

1. Для покращення санітарного стану насаджень в умовах регіонального ландшафтного парку «Знесіння» пропонуємо проведення вибіркових санітарних рубок (ВСР). Для покращення стійкості насаджень до дії антропогенних чинників пропонуємо застосувати на територіях, які зазнають найбільшого впливу, біологічні препарати стимулюючих бактерій (*Agrobacterium radiobacter* 10).
2. Фінансовий аналіз запропонованого нами проекту покращення стану насаджень РЛП «Знесіння», який включає в себе проведення лісгосподарських та агрохімічних заходів, показав, що з точки зору інвестора даний проект є ефективним.
3. Здійснення запроектованих заходів спричинить виникнення окрім економічних та екологічних ще й таких позитивних соціальних ефектів: підвищення якості життєвого рівня людей у місті через покращення санітарного стану насаджень, сприятиме збільшенню зайнятості.

## ВИСНОВКИ

1. Оптимізація комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв має винятково важливе значення для формування політики сталого розвитку лісового господарства, раціонального використання, охорони і відтворення лісових ресурсів.
2. Міжнародна лісова політика, яку розглянуто в документах Міжнародної конференції ООН у Ріо-де-Жанейро (1992) та Всесвітнього Саміту в Йоганнесбурзі (2002), свідчить про те, що сталий розвиток лісового господарства та раціональне використання лісових ресурсів мають важливе екологічне, економічне та соціальне значення; дають змогу стабілізувати клімат на Землі, зберегти біорізноманіття та призупинити деградацію земель.
3. Існуючі стратегії лісового менеджменту не завжди враховують ідеї сталого розвитку лісового господарства, що були проголошені на Міжнародних конференціях ООН у Стокгольмі, Ріо-де-Жанейро та Йоганнесбурзі та конференціях Міністрів європейських країн у Страсбурзі, Гельсінкі та Ліссабоні. Врахування цих ідей буде поштовхом для підвищення еколого-економічної ефективності лісокористування.
4. Забезпечення сталого лісокористування на національному та глобальному рівнях є основною метою сталого розвитку лісового господарства. В основу теорії оптимального лісокористування потрібно закласти принципи неперервності, невичерпності, самовідновлюваності, сталості та рівномірності користування лісовими ресурсами, їх розширеного відтворення. Лісокористування повинно бути таким, щоб втручання людини в лісові екосистеми не погіршувало її стан, а обсяги користування лісовими ресурсами не перевищували приросту деревини.
5. Моделювання комплексного лісокористування необхідно вдосконалювати методами нелінійного, динамічного моделювання, оскільки лінійні статичні моделі не відповідають сучасним вимогам лісокористування. В Україні є потреба у розробленні такої динамічної моделі лісокористування, яка враховувала б екологічні, соціальні й економічні фактори та забезпечувала б втілення у практику ведення лісового господарства принципів сталого розвитку.
6. Оптимізація комплексного лісокористування на основі економіко-математичних моделей є важливим інструментом сприяння сталому розвитку лісового господарства України в лісах усіх форм власності.
7. Дотримання принципів сталого лісокористування дасть змогу підвищити його еколого-економічну ефективність. Лісова політика України в галузі відтворення і використання лісових ресурсів повинна опиратися на такі принципи: державної підтримки лісового господарства; багатоцільового використання лісових ресурсів; сталого лісокористування; однаково справедливої лісової політики щодо лісів усіх форм власності; стимулювання збереження біологічного та генетичного різноманіття; зростання комплексної продуктивності лісів та раціонального використання лісових ресурсів.

8. Оптимізація комплексного лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв, що спрямована на отримання максимальної величини еколого-економічного ефекту від лісокористування, потребує значного обсягу інформації про еколого-економічні умови зосередження лісових ресурсів та нормативи витрат на їх відтворення і використання. Тому в майбутніх дослідженнях необхідно звернути увагу на формування банку достовірних даних щодо якісних та кількісних характеристик лісових ресурсів і їх значення для суспільства.
9. Основним чинником, який впливає на розв'язки моделей комплексного лісокористування, є ставка дисконту. Внаслідок наближення ставки дисконту до нуля, максимум цільової функції для більшості альтернативних критеріїв зсувається вправо і може потрапити в інтервал екологічних обмежень. Крім ставки дисконту, економічними чинниками впливу на оптимальний розв'язок є співвідношення цін на сортименти між собою та їх рівень відносно витрат на заготівлю. За реальних економічних умов максимальні значення цільових функцій виходять за рамки екологічних обмежень. Тому законодавче забезпечення дотримання екологічних вимог є основним чинником, що гарантує стаке лісокористування.
10. Теоретично обґрунтовані та практично підтвержені результати моделювання комплексного лісокористування можуть бути одним з наукових інструментів удосконалення Лісового кодексу, інших законодавчих та нормативних актів, пов'язаних із веденням лісового господарства в Україні. Потрібно забезпечити обов'язкову державну підтримку (у вигляді дотацій, пільг, безвідсоткових кредитів тощо) тих лісовласників та лісокористувачів, які ведуть лісове господарство відповідно до оптимальних еколого-економічних та соціальних стратегій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адамовський О.М. Аналіз використання експлуатаційного фонду гірських лісів Львівської області// Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ, – 2002.– Вип. 12.2. – С. 185-188.
2. Адамовський О.М. Врахування фактору часу і невизначеності в процесі оцінювання еколого-соціальних послуг лісового господарства // Лісовий журнал. – К: ТОВ «Новий друк», 2011, – №2. – С. 63-68.
3. Адамовський О.М. Еколого-економічна модель оптимізації лісокористування// Науковий вісник: Еколого-економічне вчення: витоки, проблеми, перспективи/ Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2002. – Вип. 12.1. – С. 144-153.
4. Адамовський О.М. Еколого-економічна оцінка використання лісових ресурсів// Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління. Матеріали 5-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. – Х.: Українська Асоціація «Жінки в науці та освіті», Харківський національний університет ім.В.Н.Каразіна, Житомирський інститут підприємництва і сучасних технологій. – 2004. – С.250-251.
5. Адамовський О.М. Забезпечення оптимального значення еколого-економічного критерію за допомогою методів математичного програмування (на прикладі лісокористування) / О.М. Адамовський // Економіка промисловості. – 2009. – №2(45). – С.187-192.
6. Адамовський О.М. Ідея сталого лісокористування у ретроспективі / О.М. Адамовський // Регіональна економіка. – 2009. – №3 (53). – С.233-240.
7. Адамовський О.М. Інтегральний еколого-економічний ефект багатозілового використання лісового потенціалу. Еколого-економічні та соціальні проблеми, зумовлені неефективним і несталим веденням лісового господарства та незаконними лісозаготівлями в Україні: Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: Товариство «Зелений хрест», Ліга-Прес. – 2011. – С.169-176.
8. Адамовський О.М. Комплексна еколого-економічна оцінка лісових ресурсів// «Наукові праці»:Збірник наукових робіт Лісівничої академії наук України. – 2004. – Вип.3. – С.43-47.
9. Адамовський О.М. Математична модель для прогнозування напрямків розвитку підприємства лісового комплексу// Науковий вісник: Лісівничі дослідження в Україні/ Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ, 1999. –Вип. 9.10. – С.12-16.
10. Адамовський О.М. Методи моделювання у лісовому господарстві// Науковий вісник: Екологізація економіки як інструмент сталого розвитку в умовах конкурентного середовища. – Львів: НЛТУ України, 2005.– Вип. 15.7. – С. 72-76.
11. Адамовський О.М. Обґрунтування еколого-економічного критерію// Науковий вісник: Менеджмент природних ресурсів, екологічна і лісова політика. – Львів: УкрДЛТУ, 2004. – Вип. 14.2. – С. 97-103.
12. Адамовський О.М. Оптимізація лісокористування в економічних дослідженнях (зарубіжний досвід)// Науковий вісник: До 125-річчя УкрДЛТУ. – Львів: УкрДЛТУ, 2000. – Вип. 10.2. – С.168-173.
13. Адамовський О.М. Оптимізація лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв (на прикладі підприємств Українських Карпат): Дис... канд. екон. наук: 08. 08. 01/ УкрДЛТУ – Львів, 2003. – 205 с.
14. Адамовський О.М. Особливості лісокористування у гірських районах Українських Карпат. Основні причини знеліснення та деградації лісів в Україні: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: «Друкарський кушніт», 2010. – С.37-41.
15. Адамовський О.М. Роль сталого лісокористування у збереженні природної спадщини: Матеріали Міжнародної наукової конференції «Духовність як основа сталого розвитку сучасного українського суспільства: соціокультурний, релігійний і мистецький аспекти». 18-19 вересня 2008 р., м.Львів. – Львів,– 2008. С.26-27.
16. Адамовський О.М. Стале лісокористування – основа соціально-економічної внутрішньої політики. Внутрішня політика держави: сутність, принципи, методологія: Матеріали щорічної науково-практичної конференції за міжнародною участю (27.01.05) / За заг.ред. А.О.Чемериса: У 2 ч. – Львів: ЛРІДУ НАДУ, 2005. – Ч.1. – С. 200-202.
17. Адамовський О.М. Сучасне поняття сталого лісокористування. Україна: Схід-Захід – проблеми сталого розвитку: Міжнар. наук.-практ. конф., 2011 р., 22-23 вересня, м. Донецьк: [матеріали] / редкол.: О.О.Шубін [та ін.]. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С.46-48.

18. Адамівський О.М. Сучасний стан і завдання лісокористування в Українських Карпатах// Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України, 2006. – Вип. 16.1. – С. 215-221.
19. Адамівський О.М., Козій І.В. Шляхи підвищення еколого-економічної ефективності багатодільного використання потенціалу лісових ресурсів // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України, 2011. – Вип. 21.6. – С. 58-64.
20. Адамівський О.М., Кузьмич С.Ю. Еколого-економічна ефективність лісокористування в гірських умовах Карпат// Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України, 2011. – Вип. 21.4. – С. 100-106.
21. Антоненко І.Я. Еколого-економічна оцінка ефективності використання і охорони лісових ресурсів: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.08.01/ НАН України, Рада по вивченню продуктивних сил України. – К. 2001. – С. 20.
22. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
23. Анучин Н.П. Лесоустройство. – М.: Экология, 1991. – 400 с.
24. Анучин Н.П. Теория и практика организации лесного хозяйства. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 176 с.
25. Анучин Н.П., Атрохин В.Г., Воробьев Г.И. и др. Лес в современном мире. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 400 с.
26. Анцукевич О.Н. Экономическая оценка лесов рекреационного назначения// Лесн. хоз-во, 1990. – № 5. – С. 33-35.
27. Апостолук С.О., Мацок Р.І., Сторожук В.М. Охорона навколишнього середовища в лісопромислому комплексі. – Львів: Світ, 2001. – 200 с.
28. Атрощенко О.А. Исследование операций в лесохозяйственных задачах: Учеб. пособие для студентов: В 2ч. – Минск: Высшая школа, 1992. – Ч.1 – 57 с.
29. Атрощенко О.А. Исследование операций в лесохозяйственных задачах: Учеб. пособие для студентов: В 2 ч. – Минск: Высшая школа, 1992. – Ч.2 – 61 с.
30. Белов С.В. Рубки главного пользования. – Л.: РИО ЛТА, 1977. – 205 с.
31. Белов С.В., Шишков И.И. Рубки в лесах I и II групп (горных). Рубки ухода за лесом. – Л.: РИО ЛТА, 1977. – С. 84.
32. Бобко А. Динаміка лісів Карпатського регіону та еколого-економічні аспекти управління лісовим господарством // Економіка України. – 1999. – №7. – С. 43-52.
33. Бобко А. Проблеми лісового господарства України: оподаткування землі, нормування відпуску та розмір заготівлі деревини // Економіка України. – 1998, – №8. – С. 22-30.
34. Бочаров Е.П. Расчет экономического оптимума качества окружающей природной среды // Экономика и математические методы. – 1988. –Т. 24. –Вып. 3. – С. 553-554.
35. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
36. Воробьев Г.И., Моисеев Н.А., Лосицкий Н.Г. и др. Экономическая география лесных ресурсов СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 406 с.
37. Врублевська О.В. Екологічні витрати в лісозаготівельному виробництві (на прикладі комплексних лісових підприємств Львівської області): Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.08.01 /УкрДЛТУ. – Львів, 1995. – 22 с.
38. Генсірук С.А. Комплексное хозяйство в горных условиях. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 248 с.
39. Генсірук С.А. Ліси України. – К.: Наук. думка, 1992. – 408 с.
40. Генсірук С.А. Оптимізація лісистості – запорука призупинення екологічних катаклізмів// Наук. вісник УкрДЛТУ: 36. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2002. –Вип. 12.1. – С. 82-90.
41. Гірс О.А. Лісовпорядкування / Гірс О.А., Новак Б.І., Кашпор С.М. – Арістей, 2005. – 380 с.
42. Горшко М.П. Підходи до встановлення віку стиглості лісу в умовах ринкових відносин / М.П. Горшко, М.Н. Зеленський, Г.Т. Криницький //Лісівництво і агролісництво. – 2002. – Вип. 101. – С. 116-119.
43. Горные леса / Под. ред. С.Г. Синицына. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.
44. Гнатів П.С., Хіривський П.Р., Зинюк О.Д., Корінець Ю.Я., Панас Н.С. Природні ресурси України: Навч. Пос.. – Львів: Камула, 2012. – 216 с.
45. Гриник Г.Г. Морфолого-таксацийная структура мішаних ялицевих деревостанів Бескидів (Українські Карпати): Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.05.03 / УкрДЛТУ. – Львів, 2000. – 20 с.
46. Гринів Л.С. Методологія і методика визначення нормативної ціни природних курортних ресурсів та платежів за їх використання: Препр./ Інститут економіки АН України. – Львів, 1992. –26с.

47. Гринів Л.С. Теоретико-методологічні засади формування екологічно збалансованої економіки: Дис... д-ра екон. наук: 08.08.01. – Львів, 2002. – 343 с.
48. Гром М.М. Лісова таксація: Підручник / М.М. Гром. – 2-ге вид., [випр. і доп.]. – Львів: НЛТУ України, 2007. – 416 с.
49. Грунянский И.И., Туныця Ю.Ю. Экономика комплексных лесных предприятий. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 68 с.
50. Гусман Л.А. Технологии рубок ухода – как объекты оптимального управления лесосечными работами: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.21.01 / ВГЛТА. – Воронеж, 1994. – 20 с.
51. Дейнека А.М. Лісове господарство: еколого-економічні засади розвитку: Монографія / А.М. Дейнека. – К.: Знання, 2009. – 422 с.
52. Дейнека А.М. Науково-методичні засади збалансованого розвитку лісогосподарського комплексу регіону (на прикладі Львівської області): Автореф дис... канд. екон. наук: 08.01.01 / ІРД. – Львів, 2002. – 20 с.
53. Державна цільова програма «Ліси України» на 2010-2015 роки / Затв. Пост. КМУ №977 від 16.09.09 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ovu.com.ua/articles/3415-prozatverdzhennya-derzhavnoyitsilovoyi-programi>
54. Диксон Д., Скура Л., Карпенгер Р., Шерман П. Экономический анализ воздействий на окружающую среду. – М.: Вита-Пресс, 2000. – 272 с.
55. Дідик Я.М. Економічні методи стимулювання комплексного використання рекреаційних ресурсів лісу: Дис... канд. екон. наук: 08.08.01 / УкрДЛТУ. – Львів, 1995. – 217 с.
56. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. – К.: Геопринт, 2000. – 412 с.
57. Долинець І.М. Регулювання відтворення сировинних ресурсів регіону (на прикладі деревної сировини): Автореф дис... канд. екон. наук: 08.02.03 / НДЕІ. – К., 1999. – 20 с.
58. Долішній М., Ткаченко К., Гринів Л. Карпатський рекреаційний комплекс. – К.: Наук. думка, 1984. – 130 с.
59. Дубін В. Забезпечення сталого і ефективного лісокористування в Україні // Економіка України. – 1999. – №5. – С. 89-92.
60. Дудюк В.С. Економічні інструменти стимулювання раціонального використання недеревинних ресурсів лісу (на прикладі березового соку): Дис... канд. екон. наук: 08.08.01. – Львів, 2001. – 216 с.
61. Екологічний бюлетень Львівської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу док.: [www.ekology.lviv.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=874&Itemid=119](http://www.ekology.lviv.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=874&Itemid=119)
62. Економічні реформи в Україні в контексті переходу до сталого розвитку/ Матеріали 2-х конференцій та рекомендації до проекту Національної стратегії: Інститут сталого розвитку. – К.: Інтелсфера, 2001. – 180 с.
63. Закон України «Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону» № 1436-III від 10.02.2000 // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 13. – С. 99.
64. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – С. 1143-1173.
65. Зеленський М.Н. Бусько М.М. Таксація лісового фонду та його сортиментация: Практикум. – Львів: УкрДЛТУ, 2000. – 158 с.
66. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
67. Использование и воспроизводство лесных ресурсов УССР/ Под. ред. С.А. Генсирюка. – К.: Наукова думка, 1986. – 311 с.
68. Інфінсервіс. Фінанси України, кредити і депозити, банки, економічні новини України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу док.: <http://finance.ua/ua/>
69. Калинин М.И. Лесные мелиорации в условиях эрозийного рельефа. – Львов: Вища школа, 1982. – 279 с.
70. Карпати – «Зелене серце Європи» / Карпатська конвенція. Український контекст. V Всеєвропейська конференція міністрів навколишнього середовища «Довкілля для Європи». – К.: Мінекоресурсів України, 2003. – 52 с.
71. Коваль Я., Антоненко І. Відносини власності в контексті реструктуризації лісового сектору України // Економіка України. – 2001. – №6. – С. 63-67.
72. Коваль Я.В. Економічна оцінка лісових ресурсів: методологія, методика, практика. – К.: РВПС при НАН України, 1998. – 43 с.



73. Криницький Г.Т., Чернявський М.В. Концептуальні засади наближеного до природи лісівництва // Лісівнича наука: витoki, сучасність, перспективи (Матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДЛПГА). – Харків: УкрНДЛПГА, 2010. – С. 5-6.
74. Коробов П.Н. Математические методы планирования и управления в лесной и лесоперерабатывающей промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 312 с.
75. Кочинева А. Закарпатье остается зоной бедствия // Лесной бюллетень – №11. – 1999. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до док.: [www.forest.ru/rus/bulletin/11/4.html](http://www.forest.ru/rus/bulletin/11/4.html)
76. Кравченко Н.С., Бондаренко В.Д. Общение с природой: экологические, моральные, правовые нормы. – Львов: Вища школа, 1984. – 96 с.
77. Кубонива М., Табата М., Табата С., Хасэбэ Ю. Математическая экономика на персональном компьютере: Пер. с япон. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 304 с.
78. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.
79. Куликова Т.А. Оценка продуктивности лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 152 с.
80. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
81. Кучерявий В.П. Урбоєкологія. – Львів: Світ, 1999. – 360 с.
82. Лазарев А.С. Какой быть цене на древесину на корню и в заготовленном виде // Лесное хозяйство. – 1992. – №12. – С. 15-18.
83. Лазарев А.С. Новые лесные таксы // Лесн. пром-сть, – 1990. – №2. – С. 11-12.
84. Лазарев А.С. Платный отпуск древесины на корню: история развития и совершенствования // Лесное хозяйство. – 1990. – №7. – С. 18-21.
85. Лапицкая О.В. Эколого-экономические основы определения спелости леса: Автореф. дис... канд. экон. наук: 08.00.05/ БГТУ. – Минск, 2001. – 20 с.
86. Ливанов А.П. Эксплуатация горных лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 224 с.
87. Лисицын Е.Н. Охрана природы в зарубежных странах. – М.: Агропромиздат, 1987. – 210 с.
88. Листопад О. Закарпатье – пару лет спустя // Лесной бюллетень №17-18, 2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до док.: [www.forest.ru/rus/bulletin/17-18/7.html](http://www.forest.ru/rus/bulletin/17-18/7.html)
89. Лісовий кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – №21. – 170 с.
90. Лісовий комплекс України. Проблеми та перспективи/ За ред. І.Р. Юхновського. – К., 2002. – 132 с.
91. Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М. Экономика и организация природопользования. – М.: Юнити-Дана, 2002. – 454 с.
92. Лямборшай С.Х. Определение оптимального размера лесопользования (обзор). – М.: ВНИПИЭИ Леспром, 1975. – 30 с.
93. Малик Л.О. Формування і використання платежів за недревні рослинні ресурси для реалізації лісової політики: Дис... канд. экон. наук: 08.08.01. – Львів, 2001. – 188 с.
94. Малиновський К., Горощко М. Історія ботанічних та лісівничих досліджень Українських Карпат // Український ліс. – 1995. – №3-4. – С.7-10.
95. Мелехов И.С. Лесоводство. – М.: Агрпроимиздат, 1989. – 302 с.
96. Мелехов И.С. Проблемы экологии // Лесной журнал. – 1989. – №6. – С. 3-7.
97. Мельник Л.Г. Екологічна економіка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. – 346 с.
98. Мишенин Е.В. Эколого-экономические проблемы природопользования в лесном комплексе. – Сумы: ВВП «Мрія-1» ЛГД, 1998. – 272с.
99. Мішенін Є.В. Еколого-економічні проблеми природокористування у лісовому комплексі (теорія, методологія і практика): Автореф. дис... док. экон. наук: 08.08.01/ СДУ. – К., 1999. – 20 с.
100. Моисеев Н.А., Чуенков В.С. Проблемы лесов России и пользования ими на пороге III тысячелетия // Многоцелевое лесопользование на рубеже XXI века. – М.: ВНИИИМ, 1999. – С. 5-13.
101. Монахов В.М. и др. Методы оптимизации. Применение математических методов в экономике. – М.: Просвещение, 1978. – 175 с.
102. Муравйов Ю.В. Нормативи плати за спеціальне використання лісових мисливських угідь та фауни як інструмент реалізації екологічної політики: Автореф. дис... канд. экон. наук: 08.08.01/ УкрДЛТУ. – Львів, 2001. – 20 с.
103. Назаренко И.Н. Экономическая оценка технологий лесозаготовок в условиях рыночной организации лесопользования (на примере Московской области): Автореф. дис... канд. экон. наук: 08.00.05/ МГУЛ. – М., 2002. – 20 с.
104. Безпечні природні та технопрродні процеси в гірських районах Львівської області / Г.І. Рудько, В.С. Кравців, П.В. Самольотов, М.В. Кобелька – Львів: ІРД НАН України, 2001. – 129 с.

105. Нестеров В.Г. Оптимальные размеры лесосек при механизированной заготовке леса. – М.–Л.: Гослесбумиздат, 1953. – 64 с.
106. Нестеров В.Г. Опыт применения оптимального программирования в лесном хозяйстве. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 46 с.
107. Нижник М.С. Лес и отдых. – К.: Наукова думка, 1989. – 117 с.
108. Нікбахт Е., Гроппеллі А., Фінанси /Пер. з англ. В.Ф. Овсієнка та В.Я. Мусієнка. – К.: Основи, 1993. – 383 с.
109. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. – К.: Урожай, 1987. – 560 с.
110. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. – К.: Вища школа, 1981. – 304 с.
111. Перепелицкий С.Н. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении на предприятиях лесной промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 360 с.
112. Петров А.П. Лесной кадастр и стоимостная оценка лесных ресурсов // Лесное хозяйство. – 1996. – №2. – С. 10-12.
113. Петров А.П. Методы экономических исследований в лесной промышленности зарубежных стран. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 68 с.
114. Петров А.П. Платежи за ресурсы в системе финансирования лесного хозяйства // Лесное хозяйство. – 1996. – №1. – С. 21-23.
115. Петров А.П. Экономика пользования в условиях аренды // Лесная промышленность. – 1993. – №4. – С. 10-11.
116. Петров А.П. Экономические и правовые основы национальной лесной политики // Лесное хозяйство. – 1997. – №2. – С. 6-8.
117. Петров В.Н. Об экономической природе леса // Лесное хозяйство. – 1996. – №1. – С. 24-26.
118. Петров В.Н. Оценка леса как объекта инвестиций // Лесное хозяйство. – 1996. – №2. – С. 17-20.
119. Пижурич А.А. Розенблит М.С. Основы моделирования оптимизации процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 296 с.
120. Питерсон Д., Лангер Л., Браун Т. Определение стоимости продуктов многоцелевого пользования при переходе от командной экономики к рыночной системе // Лесное хозяйство за рубежом: Экспресс-информация. – 1993. – С. 2-10.
121. Побединский А.В. Рубки главного пользования. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 192 с.
122. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 255 с.
123. Поляков М.О. Регулювання процесів користування відновлюваними природними ресурсами (на прикладі деревинних ресурсів): Автореф дис... канд. екон. наук: 08.02.03/ НДЕІ Мінекономіки України. – К, 1999. – 20 с.
124. Починков С.В. Цена леса в условиях рынка // Лесное хозяйство. – 1992, №12. – С. 18-21.
125. Починков С.В. Экономическое регулирование лесных отношений // Лесное хозяйство. – 1996, №6. – С. 18-21.
126. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття» (Agenda 21): [Ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт «Планета Земля» 1992 р.)] – К: Інтелфера, 2000. – 359 с.
127. Проект «Лісового кодексу України» / Снякевич І.М., Соловій І.П., Мельник С.О., Холявка В.З., Ковалишин В.Р. / Деревообробник. – 2002, № 15 (57). – С. 4-7.
128. Равино А.В. Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов республики Беларусь: Автореф. дис... канд. эконом. наук: 08.00.05/ БГТУ. – Минск, 2001. – 20 с.
129. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 554 с.
130. Редькин А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 256 с.
131. Розвод С.В. Економічний механізм регулювання попиту і пропозиції матеріальних ресурсів (на прикладі лісоматеріалів): Автореф дис... канд. екон. наук: 08.02.03/ НДЕІ Мінекономіки України – К, 1999. – 20 с.
132. Рябчук В.П. Недеревна продукція лісу. – Львів: Світ, 1996. – 312 с.
133. Сабан Я.А. Про техніку і технологію групово-вибіркових рубок // Використання лісових багатств. – Ужгород: Карпати, 1966. С. 245-252.
134. Сабан Я.А. Продуктивность и возобновление леса в горных условиях. – Львов: Вища школа, 1988. – 143 с.

135. Сабан Я.А. Экология горных лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 169 с.
136. Свалов С.Н. Применение статистических методов в лесоводстве // Лесоведение и лесоводство. – 1985, т. 4. – С. 1-164.
137. Семенюк Е.П. Філософські засади сталого розвитку. – Львів: Афіша, 2002. – 200 с.
138. Сенько С.І., Фурдичко О.І. Економіка комплексного використання і відтворення харчових ресурсів лісу. – Львів: Місіонер, 1996. – 296 с.
139. Синицин С.Г. Лесной фонд и организация использования лесных ресурсов СРСР. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 80 с.
140. Синякевич И.М. Эколого-экономические основы стимулирования комплексного лесопользования (на примере Украинской ССР): Дис... док. экон. наук: 08.00.21. – Львов, 1987. – 581 с.
141. Синякевич І.М. Екологічна і лісова політика. – Львів: УкрДЛТУ, 2001. – 202 с.
142. Синякевич І.М. Економіка галузей лісового комплексу: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 184 с.
143. Синякевич І.М. Економіка лісокористування: Підручник. – Львів: ІЗМН, 2000. – 402 с.
144. Синякевич І.М. Економіка природокористування: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1996. – 156 с.
145. Синякевич І.М. Інструменти екополітики: теорія і практика. – Львів: ЗУКЦ, 2003. – 188 с.
146. Синякевич І.М., Холявка В.З. Теоретичні засади визначення нормативів плати за спеціальне використання деревини від рубок головного користування і живиці // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.3. – С. 143-146.
147. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: Навчальний посібник. – К.: КНЕУ, 1998. – 232 с.
148. Скурихин В.И., Шифрин В.Б., Дубровский В.В. Математическое моделирование. – К.: Техніка, 1983. – 271 с.
149. Соловій І.П. Політика сталого розвитку лісового сектора економіки: парадигма та інструменти: монографія. – Львів: РВВ НЛТУ України, Видавництво ТзОВ «Ліга-Прес», 2010. – 368 с.
150. Состояние лесов мира 2011. FAO. Рим, 2011 год. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до док.: [www.fao.org/docrep/013/i2000r/i2000r00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i2000r/i2000r00.htm)
151. Стадницький Ю.І. Економіка охорони довкілля. – Львів: ДУ «Львівська політехніка», 1999. – 198 с.
152. Стадницький Ю.І. Економічні основи управління оздоровленням довкілля (методологія і практика). – Львів: ДУ «Львівська політехніка», 1999. – 260 с.
153. Струмлін С.Г. О цене «даровых благ» природы // Вопросы экономики. – 1967, №8. – С. 60-72.
154. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. – К.: Урожай, 1969. – 109 с.
155. Туниця Ю.Ю. Еко-економіка і ринок: подолання суперечностей: [монографія] / Юрій Юрійович Туниця. – К: Знання, 2006. – 314 с.
156. Туниця Ю.Ю. Эколого-экономическая эффективность природопользования. – М.: Наука, 1980. – 168 с.
157. Туниця Ю.Ю. Экономические проблемы комплексного использования и охраны лесных ресурсов (Вопросы теории). – Львов: Выща школа, 1976. – 215 с.
158. Украинские Карпаты. Природа/ Голубец М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич И.К., Здун В.И., Комендор В.И., Парпан В.И. и др. – К.: Наук. думка, 1988. – 208 с.
159. Управління розвитком гірських територій: зарубіжний досвід/ Кравців В.С., Стадницький Ю.І., Демченко В.В., Дейнека А.М., Самольотов П.В. – Львів: ІРД НАН України. – 2001. – 69 с.
160. Усольцев В.А. Глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов // Лесной журнал. – 1993, №4. – С. 3-7.
161. Фінансовий словник: Термінологічний словник/ Уклад. Загородній А.Г., Вознюк Г.Л., Смовженко Т.С. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2000. – 587 с.
162. Цурик Є.І. Еколого-економічна ефективність лісокористування [Текст] : навчальний посібник із спец. 31.12 / Євген Іванович Цурик. - К. : НМК ВО, 1991. - 52 с.
163. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: Теория, вычисления и приложения. М.: Радио и связь 1992. – 504с.
164. Юдейх Ф. Лесоустройство - СПб: Изд-во А.Ф. Девриена, 1877. – 284 с.
165. Яновский Л.Н., и др. Лесная таксация. Обработка материалов на ЭВМ: – Л: ЛЛЛ, 1986. – 59 с.
166. Янушко А.Д., Воронин И.В., Кожухов Н.И. Организация планирование и управление предприятиями лесного хозяйства. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 344 с.
167. Adams, D., Alig, R., McCarl, B.A. Forest and Agricultural Sector Optimization Model (FASOM). – Washington: US Environmental Protection Agency, DC. – 1994. – 195 p.

168. Alexander Adamovsky. Terms and principles of sustainable forestry// Ecological economics and sustainable forest management: developing a transdisciplinary approach for the Carpathian Mountains. Edited by I.P. Soloviy, W.S. Keeton. – Lviv: Ukrainian National Forestry University Press, Liga-Pres, 2009. P.264-271.
169. Baader G. Forsteinrichtung als nachhaltige betriebsführung und Betriebsplanung. J.D. Sauerländers Verlag. – Frankfurt a. M, 1942. – 324 p.
170. Bare B.B., Briggs, D.G., Rosie, J.P., Schreuder, G.F. A Survey of Systems Analysis Models in Forestry // European Journal of Operations Research. – 1984. – v. 18/1. – P. 40-45.
171. Bare B.B., Mendoza G.A. Multiple Objective Forest Land Management Planning // European Journal of Operations Research. – 1988. – v. 34. – P. 51-65.
172. Bowers J. Sustainability and Environmental Economics: An Alternative Text. – Longman, 1997. – 238 p.
173. Bowes, M.D. and J.V. Krutilla. Multiple Use Management of Public Forest Lands. in A.V.Kneese and J.L.Sweeny (eds) // Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Amsterdam: North-Holland. – 1985. – vol. II, – 108 p.
174. Brodie, J.D., Adams, D.M., Kao, C. Analysis of Economic impacts on Thinning and Rotation for Douglas-fir Using Dynamic Programming // Forest Science. –1987. – v. 24. – P. 115-125.
175. Bruchwald A., Dudek A., Michalk K. Drzewostanowe modele wzrostowe w prowadzeniu ciec pielegnacyjnych // Postepy techniki w lesnictwie. – 1986. – Nr. XXXVIII. – S. 58-65.
176. Buongiorno J., Gilles J. K. Decision Methods for Forest Resource Management. Elsevier 2003. – 439p.
177. Buongiorno J., J. K. Gilles. Forest Management and Economics. Elsevier. – Amsterdam, 1987. – 286 p.
178. Chiang A.C. Fundamental Methods of Mathematical Economics: Third edition. – New York: McGraw-Hill, 1984. – 788 p.
179. Chichilnisky, G. An axiomatic approach to sustainable development // Social Choice and Welfare 13. – 1996, pp: 231-257.
180. Cropper, M.L. and D. Laibson. The Implication of Hyperbolic Discounting for Project Evaluation. In: Discounting and Intergenerational Equity, Portney, P.R. and J.P. Weynant (Eds.). Resource for the Future Press, Washington, DC. – 1999, pp: 163-172.
181. Davis K.P. Forest management: regulation and valuation: Edition 2. – New York-Toronto-London, 1966. – 790 p.
182. D. Meadows and J. Randers. The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe books, New York 1972. – 205 pp.
183. Economy and ecology: Towards Sustainable Development. Edited by Archibaldi F. and Nijkamp P. – Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 1989. – 350 p.
184. Engler A. Die heutigen Grundsätze und Ziele des Waldbaues // Schweiz. Z. Forstwes. – 1913, Jg.64; 1. – P. 15-26.
185. Farley J. The failure of the free-market on a full planet, first draft. Gund institute for ecological economics, University of Vermont. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до док.: [www.uvm.edu/gice/discuss/full\\_planet-Farley.html](http://www.uvm.edu/gice/discuss/full_planet-Farley.html)
186. Faustmann M. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry / M. Faustmann // Journal of Forest Economics. – 1995. – Vol. 1. №1. – pp. 7-44.
187. Field R.C. National Forest Planning is Promoting US Forest Service Acceptance of Operations Research // Interfaces. – 1984. – v. 14/5. – P. 51-67.
188. Flury P. Taxatorische Grundlagen zur Forsteinrichtung // Mitt. Schweiz. Anstalt f.d. forstliche Versuchswesen. – 1927. – Bd XIV. – H.3.
189. Forest Europe Growing Life. Ministerial Conference on the protection of forests in Europe. [Електронний ресурс]. – режим доступу до матеріалів [http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Helsinki/helsinki\\_resolution\\_h1.pdf](http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Helsinki/helsinki_resolution_h1.pdf)
190. Forestry handbook/ Edited by Forbes R.D. – New York: Ronald press, 1995. – 550 p.
191. Garrod G. Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies. – Elgar (USA), 1999. – 385 p.
192. Giordano F., Weir M., Fox W. A First Course in Mathematical Modeling. – Brooks: Cole Publishing Cmpany, 1997. – 526 p.
193. Global BIOME Program. U.S. Environmental Protection Agency. – Corvallis (USA), 1991. – 10 p.
194. Gong P. Multiobjective Dynamic Programming for Forest Resource Management // Forest Ecology and Management. –1992. – v. 48. – P. 121-134.

195. Gowdy, J.M. The revolution in welfare economics and its implications for environmental valuation and policy. // *Land Economics* N80, 2004, p. 250.
196. Guldin R. Forest science and forest policy in Americas: building bridges to a sustainable future. *Forest policy and economics*, 2003. - № 5. - Pp. 329-338.
197. Gunn, E.A. Hierarchical Planning Processes in Forestry // *A Stochastic Programming – Decision Analytic Perspective*. – Toronto, Canadian Forest Service. – 1996. – P. 57-68.
198. Haber W. Die Rohstofffunktionen des Waldes aus der Sicht des Ökologen // *Forstliche Forschungsanstalt München, Forschungsberichte*. – 1974. – Nr. 20. – P. 14-24.
199. Hanley N., Shogren J.F., White B. *Environmental Economics in Theory and Practice*. – London: Macmillan press, 1997. – 464 p.
200. Harrison, T.P., de Kluyster, C.A. MS/OR and the Forest Products. – *Interfaces* 14/5, 1984. – 215 p.
201. Hartig G.L. Anweisung zur Taxation der Forste oder zur Bestimmung des Holzertrags des Wälder. – Giessen, 1975. – 200 p.
202. Heijman W.J.M. Depletable resources and the economy: Ph.D. thesis: Department of General Economics/ Wageningen Agricultural University. – Wageningen (The Netherlands), 1991. – 279 p.
203. Heyer G. Die Walderrags-Regelung. – Giessen, 1862. – 247 p.
204. Hof, J. *Coactive Forest Management*. – New York: Academic Press, 1993. – 315 p.
205. Hool, J.N., A Dynamic Programming Markov Chain Approach to Forest Production Control // *Forest Science Monogr*. – 1966. – Nr. 12. – P. 35-46.
206. Howard A.F. Area-based Harvest Scheduling and Allocation of Forest Land Using Methods for Multi-criteria Decision Making // *Can. J. of For.Res.* – 1992. – Nr. 23. – P. 213-245.
207. James J. McCarthy *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press. – 2001, 1020 p.
208. Jamnick, M.S., A Comparison of FORMAN and Linear Programming Approaches to Timber Harvest Scheduling // *Can. J. of For.Res.* – 1990. – Nr. 20. – P. 127-146.
209. Joebstl, H., Betriebsklassen simulations model FOBSI. – Wien: Agrarverlag, 1987. – 156 p.
210. Joebstl, H: Ein Model des Forstbetriebes. –Wien: Osterr. Agrarverlag, 1986. – 208 p.
211. Kangas J., Kuusipalo, J. Integrating Biodiversity into Forest Management Planning and Decision Making // *Forest Ecology and Management*. – 1993. – Nr. 61. – P. 58-71.
212. Kao, C., Optimal Stocking Levels and Rotation under Risk // *Forest Science*. –1982.–Nr.28.–P.43-57.
213. Karsthofer K. Bestimmung der Nachhaltigen Holzbenutzung. – Gent, 1846. – 350 p.
214. Kent, B.M., Kelly, J.W., Flowers, W.R. The use of FORPLAN in National Forest Planning // *The 1985 Symposium on System Analysis in Forest Resources, Society of American Foresters*. – Athens, (Georgia, USA) – 1985. – P. 38-49.
215. Kimmins J.P. *Forest Ecology. A foundation for Sustainable Management: Second Edition*. – New Jersey: Prentice Hall, 1997. – 596 p.
216. Knuchel H. Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. – Aarau, 1950. – 346 p.
217. Kouba, J. Control of Conversion Process towards the Stochastically Defined Normal Forest by the Linear and Stochastic Programming // *Lesnictvi*. – 1989. – Nr. 35. – P. 89-101.
218. Kozlovsky S, Zahvoyska L, Adamovsky O. Econometric Analysis of Furniture Production in Ukraine Forestry in Ukraine at the crossroads // *Problems and perspectives for a sustainable development: Edited by H.F. Essmann and D. Pettenella*. – Lviv: Afisha, 2001. – P. 90-107.
219. Kramer R. et. al. Forest valuation. In: Sharma N. (Ed.), *Managing the world's forests*, Ch.10. Kendall-Hunt publishing company, Dubuque, Iowa, 1992.
220. Kriström, B. and Riera, P. "Is the Income Elasticity of Environmental Improvements Less Than One?" // *Environmental and Resource Economics* N7,1996, pp: 45-55.
221. Kuhn H. Die nachhaltigkeit als forstwirtschaftspolitisches Postulat. *Zentralblat*. // *Ges. Forstwes.* – 1958. – Nr. 75. – P.14-17.
222. Kurth H. Die Förderung der sozialistischen Intensivierung durch die Forsteinrichtung, *Internat // Forsteinrichtungssymp.*, TU. – Dresden. – 1974. – Bd.I. – P. 115-145.
223. Kurth, H. Forsteinrichtung – Nachhaltige Regelung des Waldes // *Deutscher Lanndwirtschaftsverlag*. – Berlin. – 1994. – P. 45-61.
224. Laurence S. Davis. *Forest Management*. – McGrau: Hill, 1987. – 215 p.
225. Leibundgut H. Grundzüge der Schweizerischen Walbaulehre // *Forstwiss. Zentralbl.* – 1949. – Nr. 68. – P. 257-291.
226. Lin, C.R., Buongiorno, J. Tree Diversity, Landscape Diversity, and Economics of Maple-Birch Forests: Implication of Markovian Models // *Management Science*. – 1998. – Nr. 44/10. – P. 115-129.

227. Mantel W. Forsteinrichtung: 2 Auflage, J.D. Sauerländer's Verlag – Frankfurt, 1959. – 262 p.
228. Markandya et.al. Environmental economics for sustainable growth – A hand book for practitioners. Elgar, United Kingdom, 2002. – 528 p.
229. Martin L. Weitzman. Gamma Discounting // American Economic Review, American Economic Association, vol. 91(1). – 2001, pp: 260-271
230. Martin, A.J., Sendak, P.E. Operation Research in Forestry. US Forest Service General Technical Report NE-8. – Upper Darby, 1973. – 217 p.
231. Mendoza, G.A. A Heuristic Programming Approach to Estimating Efficient Target Levels in Goal Programming // Can. J. of For.Res. – 1986. – Nr. 16. – P. 87-96.
232. Mezan, U. A Prognosis of Forest Die-back by Means of Markov Chain Model. – Ljubljana: University of Ljubljana, 1995. – 128 p.
233. Miś R. Regulacja etatu ciec uzytkow rebnzch przy zastosowaniu funkcji korzysti // Sylwan. 1984. – Nr 5. – S. 23-30.
234. Miś R. Wplyw optymalizacji zadrzewienia, struktury wiewej I sklady gatunkowego na stan lasu // Roczn AR w Poznaniu. –1979. – Nr CXIII. – S. 15-36.
235. Pearse P. Introduction to Forestry Economics. – Vancouver: University of British Columbia Press, 1995. – 226 p.
236. Richter A. Einführung in die Forsteinrichtung. – Radebeul, 1963. – 204 p.
237. Rutkowski B. Problemy regulacji rozmiaru użytkowania przerębnego z ciec pielęgnacyjnych i ciec przygodnych // Materiały konferencji na naukowo-techniczną «Aktualne problemy urządzania lasu w Polsce» Wilga k. – Garwolina. – 1987. – S. 76-86.
238. Savas E.S., Privatizing the public sector: How to shrink government. Chatham house publishers, Chatham, N.J., 1982. – 164 p.
239. Schrötter H. Ekonomia zasobów a «las docelowy» // Sylwan. – 1986. – Nr. 4. – S.15-20.
240. Schrötter H. Nachhaltigkeit in kybernetischer Sicht. // Beitrage f.d. Forstwirtschaft. – 1977. – H. 1. – P. 38-41.
241. Sessions, J., Sessions, B. Scheduling and Network Analysis Program (SNAP II). Oregon State University, Corvallis, 1994.
242. Simula M. et.al. Forest financing in Latin America: The role of the Inter-American development bank. ENV-138. Inter-American Development bank Sustainable development department, Environmental division, Washington, D.C., 2002.
243. Sleavin K. Spectrum // USDA Forest Service. – Fort Collins, 1996. – P. 34-85.
244. Stepień E. Problematyka stabilności drzewostanów świerkowych w sieciach pielęgnacyjnych // Pr. Karkonoskiego Tow. Nauk. Badania naukowe w Kark. Parku Narod. – 1984. – Nr. 41. – S. 145-162.
245. Stepień E. Zwiększenie stabilności drzewostanów przy pracach odnowieniowych // Sylwan . – 1986. – Nr. 1. – S. 13-21.
246. Sustainable Resource Use. An enquiry into modeling and planning. – Universiteitdrukkerij Groningen: H.J.M. de Vries. – 1989. – 220 p.
247. Trampler T. Nowe zadania urządzania lasu w warunkach gospodarki centralnie planowanej // Postępy w lesnictwie. – 1977. – XXVII. – S. 6-13.
248. Tunytsya Y. Environment and development in transitional countries: a Ukrainian perspective on training in environmental and natural resource economics. – Heslington, York. – 1999. – 60 p.
249. Valsta L. Stand Optimization Management Based on Growth Simulators. –Helsinki: Finnish Forest Research Institute. – 1993. – 158 p.
250. Zadnik-Stirn, L. Adaptive Dynamic Model for Optimal Forest Management // Forest Ecology and Management. – 1990. – N 31. – P. 167-188.
251. Zadnik-Stirn, L. Multiobjective Decision Making in Forest Management // Operation Research 92. – 1993. – P. 124-155.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

**Порівняння затратного та рентного підходів для різних об'єктів оцінки лісових ресурсів**

Об'єкт оцінки	Підхід	
	затратний	рентний
1	2	3
Лісові землі	<i>Економічна цінність</i>	
	Сумарна потенційна продуктивність, яка виражається конкретними властивостями лісової продукції та вартісними показниками	Критерій максимально можливої ренти, яка зумовлюється підсумковими оцінками на її приріст та індивідуальними зведеними втратами на відтворення корінних деревостанів з урахуванням їх якості, фактора часу та абсолютної ренти
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Для визначення частки земель лісового фонду в національному багатстві, обґрунтування доцільності трансформації угідь, відчуження земель для передачі у власність, для потреб промисловості, сільського господарства, транспорту, надання в оренду, заставу, встановлення розміру збитків від нераціональних методів використання землі	Для встановлення рівня використання землі в лісогосподарському виробництві, обґрунтування ефективності лісівничих заходів, встановлення нормативів плати за використання землі в лісовирощуванні, визначення початкової ціни лісоземельного угіддя
Лісові насадження	<i>Економічна цінність</i>	
	Витрати на лісовирощування	Ефект у вигляді диференційної ренти, яку розраховують на підставі різниці підсумкових та індивідуально зведених витрат на виробництво лісової продукції, що визначає відмінність у лісовирощуванні та лісоексплуатації середніх і кращих за родючістю ґрунтів ділянок лісу та їх розташування відносно гірших ділянок
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Для встановлення вартості частки лісових ресурсів у структурі національного багатства, початкової ціни насадження на корені, які можуть вилучатися для передачі у власність, надання в користування, оренду, заставу, а також визначення розміру збитків, які завдають деревостанам стихійні явища, забруднення території, нераціональні методи господарювання	Для обґрунтування ефективності лісовирощування та встановлення нормативів плати за користування лісовими насадженнями в різних цілях
Лісоземельні угіддя	<i>Економічна цінність</i>	
	Сумарна оцінка лісової землі та насадження на базі певного методичного підходу	
	<i>Використання результатів оцінки</i> За аналогією до вищезазначених	



## Продовження додатку А

1	2	3
Другорядні ресурси деревини	<i>Економічна цінність</i>	
	Сума добутоків, економічно доступної для використання частини запасу певної породи на кореневу ціну	Сума добутоків обсягу економічно доступного ресурсу на ренту. Економічний ефект від використання другорядних ресурсів деревини можна встановлювати як суму ефектів за певний розрахунковий період, отриманих із різних порід
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Встановлення ліміту та частки використання ресурсів	Регулювання використання ресурсів, сплати за їх експлуатацію. Визначення рівня ефективності користування ресурсами, заходів, спрямованих на підвищення їх продуктивності, розмірів платежів за користування ресурсами та орендної плати
Ресурси побічного користування	<i>Економічна цінність</i>	
	Сума добутоків, доступних для використання ресурсів на ринкову ціну. Також можна використовувати оцінку на основі середньорічного економічного ефекту (доходу) як різниці обсягів заготівлі ресурсів побічного користування і витрат, пов'язаних із цією діяльністю	Сума добутоків обсягів ресурсу на ренту. Економічний ефект від використання ресурсів побічного користування встановлюється як сума ефектів за певний розрахунковий період і визначається шляхом капіталізації ефекту за аналогією до економічної оцінки землі
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	За аналогією до другорядних ресурсів деревини	
Екологічні функції	<i>Економічна цінність</i>	
	Зіставлення сумарної потенційної продуктивності на немеліорованій та меліорованій ділянках з урахуванням фактора часу та домінуючих порід	Добуток середньозваженої врожайності, площі земель, які підлягають меліорації, та диференційної ренти, нормовані коефіцієнтом капіталізації
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Визначення доцільності використання лісових насаджень як меліоративного заходу на ерозійно небезпечних землях с/г призначення	
Ліси рекреаційного призначення	<i>Економічна цінність</i>	
	Зіставлення величин приросту продукції в промисловості завдяки підвищенню продуктивності праці з витратами, пов'язаними з впорядкуванням лісів рекреаційного призначення	Щорічний господарський ефект з урахуванням періоду ротації лісових насаджень, виходячи з ренти як різниці між цінністю лісу як рекреаційного ресурсу, яка встановлюється величиною допустимих витрат на приріст ефекту (підсумкових оцінок) та індивідуальних зведених витрат на відновлення і вирощування лісових насаджень
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Встановлення нормативів плати за користування лісами в цілях рекреації	
Мисливська фауна	<i>Економічна цінність</i>	
	Сумарний добуток кількості, доступної для використання, ресурсів на їх ринкову ціну	Критерій максимально можливої ренти, яка обумовлюється підсумковими оцінками на її приріст та індивідуальними зведеними витратами на утримання, охорону та відтворення ресурсів тваринного світу з урахуванням їх якості, фактора часу та абсолютної ренти
	<i>Використання результатів оцінки</i>	
	Встановлення нормативів плати та лімітів використання ресурсів мисливської фауни	

Додаток Б

Розрахунок вартісних показників I га лісу

Лісництво: Гухлянське

Славський ДПГ

Склад: 5Яц4Бк1Ялє

Площа: 9,9 га

Виділ: 17

Лісництво: Гухлянське

Славський ДПГ

Вік, років	Порода	Розряд висот	Кількість стовбурів, шт.	Середній діаметр, см	Ринкова вартість запасу деревостану, тис. грн/га						Запас розпучої частини, м <sup>3</sup> /га	Загальний запас, м <sup>3</sup> /га	Загальна вартість запасу, тис. грн/га	Вартість знеособленої деревини, тис. грн/м <sup>3</sup>
					ділова деревина			дрова	ліквід з крони	сучки				
					груба	середня	дрібна							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	5Яц	0	6513	2,9							6			
	4Бк	0	3957	2,8							4,8	12,00	0,000	0,000
	1Ялє	0	1060	3,4							1,2			
20	5Яц	5а	1196	7,5			3,511			0,133	12,9	25,80	3,644	0,141
	4Бк	0	1127	6,2							10,3			
	1Ялє	0	341	5,8							2,6			
30	5Яц	5	926	12,1			8,306			0,251	44,3			
	4Бк	5	988	10,5			13,062	1,021		0,289	35,5	88,70	24,267	0,274
	1Ялє	2	317	9,1			1,292			0,045	8,9			
40	5Яц	4	718	19,1		24,049	3,513			0,572	119			
	4Бк	4	801	16,1		17,146	9,013	1,656	0,276	0,276	95,4	238,20	63,863	0,268
	1Ялє	2	265	14,2		3,737	3,457			0,169	23,8			
50	5Яц	3	595	23,2		37,760	2,911	0,379		0,664	177,6			
	4Бк	2	621	20,1		41,777	1,747	2,567	0,428	0,428	142,3	355,40	100,117	0,282
	1Ялє	1	206	18,1		9,079	2,016	0,131	0,066	0,164	35,5			

## Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60	5Яц	3	444	29,1	15,190	29,743	1,448	0,283	0,283	0,566	231			
	4Бк	1	601	22,7	3,962	67,999	1,691	3,727	0,828	0,621	184,5	461,80	136,407	0,295
	1Ялє	1	181	21,2	0,000	7,977	1,771	0,115	0,058	0,144	46,3			
70	5Яц	2	346	34,2	55,241	19,518	0,000	0,662	0,661	0,607	281,5			
	4Бк	1	535	26,4	42,326	50,715	1,505	4,792	1,106	0,737	225	563,10	192,134	0,341
	1Ялє	1	161	24,2	0,000	12,488	1,313	0,205	0,051	0,205	56,6			
80	5Яц	1	287	39,2	72,005	14,166	0,000	0,732	0,640	0,595	322,3			
	4Бк	1	485	29,1	38,371	45,976	1,364	4,344	1,003	0,668	257,4	644,00	197,590	0,307
	1Ялє	1	138	26,9	4,197	11,920	1,125	0,176	0,088	0,220	64,3			
90	5Яц	1	247	42,8	82,156	10,015	0,000	0,787	0,787	0,551	348			
	4Бк	1а	442	31,1	78,680	37,845	1,243	5,178	1,218	0,838	277,7	695,00	235,225	0,338
	1Ялє	1	124	29,1	3,771	10,711	1,011	0,158	0,079	0,198	69,3			
100	5Яц	1а	216	46,1	97,299	8,758	0,000	2,616	0,757	0,551	359,2			
	4Бк	1а	394	33,2	70,135	33,735	1,108	4,615	1,086	0,747	287,7	718,70	241,643	0,336
	1Ялє	1	112	31,2	11,069	7,700	0,913	0,214	0,107	0,232	71,8			
110	5Яц4Бк1Ялє										708,43	238,172	0,336	
120	5Яц4Бк1Ялє										681,76	229,205	0,336	
130	5Яц4Бк1Ялє										639,95	215,149	0,336	
140	5Яц4Бк1Ялє										588,09	197,714	0,336	

## Продовження додатку Б

## Розрахунок вартісних показників Іга лісу

Славський ДЛП

Лісництво: Тухлянське

Виділ: 21

Квартал: 18

Площа: 9,9 га

Вік, років	Порода	Розряд висот	Кіткість стовбурів, тис.	Середній діаметр, см	Ринкова вартість запасу деревостану, тис. грн/га						Запас рослинної частини, м <sup>3</sup> /га	Загальний запас, м <sup>3</sup> /га	Вартість запасу, тис. грн/га	Вартість знеособленої деревини, тис. грн/м <sup>3</sup>
					ділова деревина		дрова	ліквід з крони	сучки					
					груби	середня				дрібна				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	6Яц	0	9388	3							9,4			
	3Як	0	3812	2,8							4,7	15,70	0,000	0,000
	1Ялє	0	1443	3,3							1,6			
20	6Яц	5а	1706	7,6			5,008			0,190	19,0	31,70	5,198	0,164
	3Як	0	1350	6,1							9,5			
	1Ялє	0	738	5,4							3,2			
30	6Яц	5	1661	12,2			14,898			0,450	81,1	135,20	34,380	0,254
	3Як	5	1124	10,5			14,860	1,162		0,329	40,6			
	1Ялє	2	635	9			2,589			0,091	13,5			
40	6Яц	4	886	19,2		29,676	4,335			0,706	149,0	248,30	65,338	0,263
	3Як	4	623	16,1		13,336	7,010	1,288	0,215	0,215	74,5			
	1Ялє	2	308	14,1		4,344	4,018			0,196	24,8			
50	6Яц	3	753	23,3		47,788	3,684	0,480		0,840	227,4	379,00	110,761	0,292
	3Як	2	591	19,1		39,759	1,662	2,443	0,407	0,407	113,7			
	1Ялє	1	239	18		10,533	2,339	0,152	0,076	0,190	37,9			

## Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60	6Яц	3	577	29,2	19,740	38,652	1,882	0,368	0,368	0,736	303,1	505,20	138,611	0,274
	3Бк	1	497	22,6	3,277	56,232	1,398	3,082	0,685	0,514	151,6			
	1Ялє	1	210	21,1	0,000	9,255	2,055	0,134	0,067	0,167	50,5			
70	6Яц	2	442	34,2	70,568	24,934	0,000	0,845	0,845	0,775	360,4	600,70	194,226	0,323
	3Бк	1	427	26,4	33,782	40,478	1,201	3,825	0,883	0,589	180,2			
	1Ялє	1	175	24,1	0,000	13,574	1,427	0,223	0,056	0,223	60,1			
80	6Яц	1	356	39,2	89,316	17,572	0,000	0,908	0,794	0,738	400,4	667,30	198,936	0,298
	3Бк	1	376	29,1	29,747	35,643	1,058	3,368	0,777	0,518	200,2			
	1Ялє	1	144	26,8	4,379	12,439	1,174	0,184	0,092	0,230	66,7			
90	6Яц	1	308	42,8	102,446	12,488	0,000	0,982	0,981	0,687	435,0	725,00	231,851	0,320
	3Бк	1а	345	31,1	61,413	29,539	0,970	4,041	0,950	0,654	217,5			
	1Ялє	1	130	29	3,953	11,229	1,060	0,166	0,083	0,207	72,5			
100	6Яц	1а	266	46,2	119,820	10,785	0,000	3,222	0,932	0,678	446,0	743,30	242,371	0,326
	3Бк	1а	304	33,2	54,114	26,029	0,855	3,561	0,838	0,576	223,0			
	1Ялє	1	116	31,1	11,465	7,975	0,946	0,222	0,111	0,240	74,3			
110	6Яц3Бк1Ялє											732,90	239,002	0,326
120	6Яц3Бк1Ялє											705,80	230,164	0,326
130	6Яц3Бк1Ялє											664,10	216,547	0,326
140	6Яц3Бк1Ялє											612,50	199,730	0,326

**Продовження додатку Б**

**Розрахунок вартісних показників Іга лісу**

Склад: 8Яц1Бк1Ялє

Площа: 9,9 га

Квартал: 33

Виділ: 16

Лісництво: Тухлянське

Славський ДПГ

Вік, років	Порода	Розряд вистом	Кількість тис. штук	Середній діаметр, см	Ринкова вартість запасу деревостану, тис. грн/га						ліквід з крони	сучки	Запас розсученої частини, м <sup>3</sup> /га	Загальний запас, м <sup>3</sup> /га	Вартість вартість запасу, тис. грн/га	Вартість знеосвоєної деревини, тис. грн/м <sup>3</sup>	
					ділова деревина			дрова	сучки	сучки							
					груба	середня	дрібна										
1	8Яц	0	9108	3,1	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	10,0
																	1,3
10	Бж	0	927	2,9	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	1,3
																	1,3
20	8Яц	5а	1710	7,7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	2403,98
																	19,9
30	Бж	0	266	6,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	2,5
																	2,5
40	8Яц	4	940	19,3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	6924,52
																	87,0
50	Бж	5	250	11,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	1582,94
																	10,9
40	Бж	4	165	16,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	478,37
																	16,83
50	Бж	2	245	11,4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	209,15
																	35,06
40	Бж	4	165	16,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	163,35
																	27,23
50	Бж	2	221	14,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	0,00
																	67,47
40	Бж	3	802	23,4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	244,83
																	0,00
50	Бж	2	132	20,2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	245,6
																	30,7
40	Бж	1	177	18,1	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	43,56
																	67,54
50	Бж	1	177	18,1	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
																	27,01
																	30,7

## Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60	8Яц	3	608	29,3	9961,89	19505,78	949,72	185,61	185,54	371,22	323,2	403,9	43569,81	107,87
	Бк	1	131	22,7	413,62	7098,33	176,48	389,07	86,46	64,85	40,4			
	1Ялс	1	157	21,2	0,00	3313,72	735,72	47,93	23,96	59,91	40,4			
70	8Яц	2	473	34,3	36166,45	12778,72	0,00	433,19	433,02	397,09	389,7	487,1	66346,46	136,20
	Бк	1	114	26,5	4319,38	5175,47	153,58	489,06	112,86	75,24	48,7			
	1Ялс	1	137	24,2	0,00	5089,20	535,00	83,65	20,90	83,65	48,7			
80	8Яц	1	378	39,3	45418,33	8935,65	0,00	461,58	403,73	375,04	429,5	536,9	71664,79	133,48
	Бк	1	100	29,2	3788,93	4539,89	134,72	429,00	99,00	66,00	53,7			
	1Ялс	1	114	26,9	1660,31	4716,04	445,18	69,60	34,79	87,00	53,7			
90	8Яц	1	325	42,9	51771,04	6310,84	0,00	496,08	495,89	347,26	462,7	578,3	78082,48	135,01
	Бк	1а	91	31,2	7757,83	3731,50	122,59	510,51	120,12	82,58	57,8			
	1Ялс	1	103	29,1	1500,11	4260,98	402,23	62,89	31,43	78,61	57,8			
100	8Яц	1а	283	46,3	61052,05	5495,29	0,00	1641,49	474,98	345,58	478,2	597,7	88027,44	147,27
	Бк	1а	81	33,3	6905,32	3321,44	109,12	454,41	106,92	73,51	59,8			
	1Ялс	1	93	31,2	4402,02	3062,13	363,17	85,17	42,57	92,27	59,8			
110	8Яц Бк 1Ялс											586,9	86426,87	147,27
120	8Яц Бк 1Ялс											564,4	83123,61	147,27
130	8Яц Бк 1Ялс											530,4	78104,64	147,27
140	8Яц Бк 1Ялс											488,5	71945,81	147,27

## СПИСОК

наукових та навчально-методичних праць,  
доцента кафедри екологічної економіки, к.е.н.  
Адамовського Олександра Миколайовича

### Статті у наукових фахових виданнях:

1. Адамовський О.М. *Математична модель для прогнозування напрямків розвитку підприємства лісового комплексу* // Науковий вісник: Лісівницькі дослідження в Україні/ Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.10. – С.12-16.
2. Адамовський О.М. *Оптимізація лісокористування в економічних дослідженнях (зрубіжний досвід)* // Науковий вісник: До 125-річчя УкрДЛТУ. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 10.2. – С.168-173.
3. Адамовський О.М. *Еколого-економічна модель оптимізації лісокористування* // Науковий вісник: Еколого-економічне вчення: витоки, проблеми, перспективи/ Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.1. – С. 144-153.
4. Адамовський О.М. *Аналіз використання експлуатаційного фонду гірських лісів Львівської області* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.2. – С. 185-188.
5. Адамовський О.М. *Обґрунтування еколого-економічного критерію* // Науковий вісник: Менеджмент природних ресурсів, екологічна і лісова політика. – Львів: УкрДЛТУ. – 2004, вип. 14.2. – С. 97-103.
6. Адамовський О.М. *Комплексна еколого-економічна оцінка лісових ресурсів* // “Наукові праці” – збірник наукових робіт Лісівничої академії наук України. Випуск 3. 2004 рік – С.43-47.
7. Адамовський О.М. *Методи моделювання у лісовому господарстві* // Науковий вісник: Екологізація економіки як інструмент сталого розвитку в умовах конкурентного середовища. – Львів: НЛТУ України. – 2005, вип. 15.7. – С. 72-76.
8. Адамовський О.М. *Сучасний стан і завдання лісокористування в Українських Карпатах* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2006, вип. 16.1. – С. 215-221.
9. Адамовський О.М. Калагурська О.М. *Еколого-економічна ефективність природоохоронних заходів на ВАТ “Добротвірська ТЕС”* // Ринок інсталяцій №02–2008. С.22-26.
10. Адамовський О.М. *Забезпечення оптимального значення еколого-економічного критерію за допомогою методів математичного програмування (на прикладі лісокористування)* / О.М. Адамовський // Економіка промисловості. – 2009. – №2(45). – С.187-192.
11. Адамовський О.М. *Ідея сталого лісокористування у ретроспективі* / О.М. Адамовський // Регіональна економіка. – 2009. – №3 (53). – С.233-240.
12. Адамовський О.М., Кузьмич С.Ю. *Еколого-економічна ефективність лісокористування в гірських умовах Карпат* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 21.4. – С. 100-106.
13. Адамовський О.М., Козій І.В. *Шляхи підвищення еколого-економічної ефективності багаточільового використання потенціалу лісових ресурсів* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 21.6.–С.58-64.
14. Адамовський О.М. *Урахування фактору часу і невизначеності в процесі оцінювання еколого-соціальних послуг лісового господарства* // Лісовий журнал. – К: ТОВ «Новий друк». – 2011, №2. – С. 63-68.
15. Адамовський О.М., Кушнір О.В. *Еколого-економічна оцінка заходів щодо покращення стану насаджень РЛП «Знесіння»* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2012, вип. 22.7. – С. 126-132.



16. Адамовський О.М., Собко Н.М. *Формування гірських кластерних об'єднань та еколого-економічне оцінювання їх діяльності* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України, – 2012. – вип. 22.14. – С. 122-129.
17. Адамовський О.М. *Діапазон застосування методики Фаустамана для еколого-економічної оцінки*. Лісівнича академія наук // “Наукові праці” – збірник наукових робіт Лісівничої академії наук України. Випуск 9. 2012 рік – С.43-47.
18. Адамовський О.М., Корончевська О.І. *Систематизація факторів впливу на ефективність лісокористування в Українських Карпатах*// Соціально економічні проблеми сучасного періоду України: збірник наукових праць ІРД НАН України, 2012. – №6 (98). – С.199-206.
19. Адамовський О.М. *Системний підхід до менеджменту екосистем* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2013, вип. 23.11. – С. 99-103.
20. Адамовський О.М. Меркулова О.В. *Еколого-економічна оцінка впливу змін клімату на біопродуктивність лісових насаджень ПЗ «Горани»* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2013, вип. 23.13. – С. 114-120.
21. Адамовський О.М., Пукман І.В. *Особливості економічної оцінки та торгівлі недееревною продукцією лісу* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2013, вип. 23.14. – С. 241-247.
22. Адамовский А.Н., Пукман И.В. *Эволюция подходов к многоцелевому лесопользованию* // Лесотехнический журнал: Научный журнал. – Воронеж: ВЛТА, вып. 2 (10), 2013. – С. 198-203.
23. Адамовський О.М., Собко Н.М. *Еколого-економічна оцінка роботи лісозаготівельної техніки за комплексним показником штрафних балів*// – Луганськ: – 2013.
24. Адамовський О.М. *Еволюція підходів до менеджменту екосистем* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2014, вип. 24.02. – С. 102-108.
25. Адамовський О.М., Пукман І.В., Білушак Г.І. *Еколого-економічна ефективність стійкої заготівлі деревини та недееревної продукції лісу* // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2014, вип. 24.07. – С. 127-134.
26. Адамовский А. Н. *Перспективы развития и выбор критериев оценки работы кластеров в горных условиях* / А. Н. Адамовский, Н. М. Собко. // Труды БГТУ. №7: Экономика и управление. Минск – 2014. – С. 171–174.
27. Adamovsky A., Koronchevska O. *Forest management decision making ecological efficiency valuation*. Poland. 2014

#### **Навчально-методичні матеріали:**

28. *Methods and Instruments of Environmental Economic*. ENARECO – a New Master Study Course on Environmental Economics in Ukraine. Ideas, Objectives, Contents. Padova – Freiburg – Ghent – Lviv, 2000. – P.58-59, 124-126.
29. Загвойська Л.Д., Адамовський О.М., Івануса А.В., Пенцак Т.Г. *Інформаційні технології в менеджменті*. Практикум для студентів спеціальності 6.050200 – “Менеджмент організацій”. – Львів: УкрДЛТУ. 2001. – 124 с.
30. Козловський С.О., Загвойська Л.Д., Адамовський О.М. *Методи та інструменти економіки довкілля*. Економіка довкілля і природних ресурсів. Навчальні програми магістерського курсу підготовки економістів-екологів. – Під ред. Максимів Л.І., Загвойської Л.Д., Матвєєва М.Е. – Львів: Афіша, 2002. – Р.46-50.
31. Козловський С.О. Адамовський О.М. *Дослідження операцій*. Методичні вказівки, програма і контрольні завдання для студентів напряму підготовки “Менеджмент”. – Львів: УкрДЛТУ. 2004. – 43 с.

32. Загвойська Л.Д., Адамовський О.М. *Інформаційні системи в менеджменті*. Програма дисципліни і методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів заочної форми навчання спеціальності 6.050201 – Менеджмент організацій. – Львів: УкрДЛТУ. 2005. – 67 с.
33. Адамовський О.М. *Дослідження операцій*. Конспект лекцій з дисципліни для студентів напрямку “Менеджмент”. – Львів: НЛТУ України. 2005. – 135 с.
34. Адамовський О.М., Загвойська Л.Д. *Інформаційні системи в менеджменті*. Програма дисципліни і методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 6.050201 – Менеджмент організацій. – Львів: НЛТУ України. 2006. – 39 с.
35. Адамовський О.М. *Економічна інформатика*. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.030509 “Облік і аудит”. – Львів: НЛТУ України, 2008. – 154 с.
36. Адамовський О.М. Загвойська Л.Д. *Економічна інформатика*. Практикум для студентів напрямку підготовки 6.030509 “Облік і аудит”. – Львів: НЛТУ України. 2008. – 135 с.
37. О.М. Адамовський, Л.Д. Загвойська. *Економічна інформатика*. Програма дисципліни і методичні вказівки для проходження навчальної практики студентів першого курсу напрямку підготовки 6.030509 «Облік і аудит». – Львів: НЛТУ України. 2010 – 56 с.
38. О.М. Адамовський, Л.Д. Загвойська. *Інформатика*. Програма дисципліни і методичні вказівки для виконання контрольних робіт студентів заочної форми навчання напрямку підготовки 6.030509 «Облік і аудит». – Львів: НЛТУ України, 2012 – 54 с.
39. О.М. Адамовський, С.О. Козловський. *Дослідження операцій*. Програма дисципліни та методичні вказівки для виконання розрахункових робіт студентами напрямку менеджмент. – Львів: НЛТУ України, 2012 – 59 с.
40. *Дисципліна спеціальної підготовки за темою досліджень* / [О. М. Адамовський, І. А. Дубовіч, Л. Д. Загвойська та ін.] // Економіка довкілля і природних ресурсів. Інформаційний пакет спеціальності / за ред. академіка НАН України Ю. Ю. Туниці. – Львів: Афіша, 2015. – С. 188–194.
41. Адамовський О. М. *Інформаційні технології еколого-економічних досліджень* / О.М. Адамовський // Економіка довкілля і природних ресурсів. Інформаційний пакет спеціальності / за ред. академіка НАН України Ю. Ю. Туниці. – Львів: Афіша, 2015. – С. 240–245.
42. *Сталий розвиток* / О. М. Адамовський, Л. Д. Загвойська, С. О. Мельник, І. П. Соловій // Економіка довкілля і природних ресурсів. Інформаційний пакет спеціальності / за ред. академіка НАН України Ю. Ю. Туниці. – Львів: Афіша, 2015. – С. 251–262.

#### **Інші публікації:**

43. Kozlovsky S, Zahvoyska L, Adamovsky O. *Econometric Analysis of Furniture Production in Ukraine Forestry in Ukraine at the crossroads* // Problems and perspectives for a sustainable development: Edited by H.F. Essmann and D. Pettenella. – Lviv: Afisha, 2001. – P. 90-107.
44. Адамовський О.М. *Еколого-економічна оцінка використання лісових ресурсів*// Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління. Матеріали 5-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. / Харків, Українська Асоціація “Жінки в науці та освіті”, Харківський національний університет ім.В.Н.Каразіна, Житомирський інститут підприємництва і сучасних тех-нологій 2004. с.250-251.
45. Адамовський О.М. *Стале лісокористування – основа соціально-економічної внутрішньої політики*. Внутрішня політика держави: сутність, принципи, методологія: Матеріали щорічної науково-практичної конференції за міжнародною участю (27 січня 2005 р.)/за заг.ред. А.О.Черемиса: У 2 ч.–Львів: ЛРІДУ НАДУ, 2005. Ч.1. с. 200-202.
46. Адамовський О.М. *Методи моделювання в лісовому господарстві*. Екологізація економіки як інструмент сталого розвитку в умовах конкурентного середовища. Матеріа-

- ли Міжнародної науково-практичної конференції / Львів: Національний лісотехнічний університет України, 2005. С.8-9.
47. Адамовський О.М. *Роль сталого лісокористування у збереженні природної спадщини*. Матеріали Міжнародної наукової конференції «Духовність як основа сталого розвитку сучасного українського суспільства: соціокультурний, релігійний і мистецький аспекти». 18-19 вересня 2008 р., м.Львів. – Львів 2008. С.26-27.
  48. Alexander Adamovsky, *Terms and principles of sustainable forestry*// Ecological economics and sustainable forest management: developing a transdisciplinary approach for the Carpathian Mountains. Edited by I.P. Soloviy, W.S. Keeton. – Lviv: Ukrainian National Forestry University Press, Liga-Pres, 2009. P.264-271.
  49. Адамовський О.М. *Особливості лісокористування у гірських районах Українських Карпат*. Основні причини знеліснення та деградації лісів в Україні: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: «Друкарські куншти». – 2010. - С.37-41
  50. Адамовський О.М. *Інтегральний еколого-економічний ефект багатодільового використання лісового потенціалу*. Еколого-економічні та соціальні проблеми, зумовлені неефективним і несталим веденням лісового господарства та незаконними лісозаготівлями в Україні: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: Товариство «Зелений хрест», Ліга-Прес. – 2011. С.169-176
  51. Адамовський О.М. *Сучасне поняття сталого лісокористування*. Україна: Схід-Захід – проблеми сталого розвитку: Міжнар. наук.-практ. конф., 2011 р., 22-23 вересня, м. Донецьк: [матеріали] / редкол.: О.О.Шубін [та ін.]. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. С.46-48
  52. Адамовський О.М. *Вирішення проблем комплексного лісокористування з допомогою методів моделювання*. Сталий розвиток підприємств, регіонів, країн [Текст]: матеріали міжнар. наук. конф., 5-7.11.12 р., м. Дніпропетровськ / ред. кол.: В.М.Шаповал [та ін.]. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – Т.1. С.9-11
  53. Adamovsky O., Soloviy I. *Ukrainian Forest Policy and Forestry: What are the drivers of change?* “Changing Forestry & Forest Economics & Policy”. Southern Forest Economics Workers Annual Meeting. Auburn, AL, USA. March 10-12, 2013. P.13
  54. Adamovsky O., Soloviy I. *Ukrainian Forest Policy and Forestry: What are the drivers of change?* “Changing Forestry & Forest Economics & Policy”. Proceedings of the SOFEW. Auburn, AL, USA. - 2013. P.24-32
  55. Lars Rydén, Adamovsky O. *Inter-disciplinarity and Education for Sustainable Development*. Підготовка фахівців для сталого розвитку: досвід, проблеми, перспективи: матеріали Міжнародної наукової конференції. - Львів: ПБВ. НЛТУ України. - 2014. С.206-208.
  56. Адамовський О.М. *Перспективи економічного та екологічного лісівництва*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Принципи нової економіки України та формування її фінансово-інвестиційної основи". 10-11 квітня 2015 р. Дніпропетровськ. - 2015. С.100-103

Наукове видання

АДАМОВСЬКИЙ Олександр Миколайович

**КОМПЛЕКСНЕ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ:  
МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ**

Монографія

Формат 60x84/16. Ум. др. арк. 10,9.  
Замовлення № 106590. Наклад 300 прим.

ТзОВ «Західно-український консалтинг центр»,  
79011, м.Львів, вул. Вітовського, 25/10  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 408 від 09.04.2001  
Тел.: (032) 297-06-76  
e-mail: [vd\\_panorama@zukc.com.ua](mailto:vd_panorama@zukc.com.ua)

Друк ТзОВ «ЗУКЦ»,  
79011, м.Львів, вул. Вітовського, 25/10  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 408 від 09.04.2001



**Адамовський Олександр Миколайович**  
(заступник директора Інституту екологічної економіки  
і менеджменту, Національного лісотехнічного університету  
України, кандидат економічних наук, доцент,  
доцент кафедри екологічної економіки)

У 1998 році закінчив економічний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка за спеціальністю економічна кібернетика з присвоєнням кваліфікації економіста-математика. У цьому ж році розпочав працювати в Національному лісотехнічному університеті України (НЛТУ України).

У 2003 році захищена кандидатська дисертація на тему «Оптимізація лісокористування на основі еколого-економічних критеріїв (на прикладі підприємств Українських Карпат)» за спеціальністю – економіка природокористування та охорони навколишнього середовища.

У 2006 році присвоєно вчене звання доцента кафедри екологічної економіки. З 2014 року працює на посаді заступника директора Навчально-наукового Інституту екологічної економіки і менеджменту НЛТУ України.

Окрім НЛТУ України навчально-педагогічна робота проводиться у Національному університеті «Львівська Політехніка» та Національному університеті харчових технологій.

Науково-методична робота здійснювалася у рамках міжнародних проектів ENARECO («Економіка довкілля і природних ресурсів», T\_JEP 10255-96), Dissemination ENARECO (D\_CP-20575-1999), Sustainable Production and Consumption (ШЕЕ, Lund, Sweden), Baltic XXI Prestudy (County Administrative Board of Stockholm) та інших. Стажування, участь у конференціях та семінарах проходили у Департаменті землекористування та агролісових систем Університету м. Падуя (Італія), Лабораторії лісівництва Королівського Університету м. Гент (Бельгія), Університеті м. Фрайбург (Німеччина), Королівській академії сільського господарства і лісівництва (KSLA, Швеція), Міжнародному Інституті Промислової Економіки Довкілля університету (ШЕЕ) м. Лунд (Швеція), Університеті м. Уппсала (Швеція), Академічному університеті м. Або/Турку (Фінляндія), Пенсільванському державному (PennState) та Обернському університеті (Auburn University) (США), Технічному університеті м. Лодзь (Польща).

Основні напрями наукової діяльності: теоретико-методологічні засади моделювання процесу комплексного лісокористування з врахуванням екологічного імперативу, менеджмент лісових екосистем, наближене до природи лісівництво.

Понад 60 публікацій.

