

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

Наведено динамічну модель оптимізації лісокористування з врахуванням п'яти різних альтернативних економічних критеріїв, яка забезпечує дотримання головних принципів лісокористування. Обґрунтована необхідність практичної реалізації даної моделі для потреб лісокористування України.

Alexander Adamovsky – USUFWT

Ecological-economic model of forest management optimization

Optimization forest management dynamic model taking into consideration five different alternative economic criteria is given. The model ensures fulfillment of the main principles of forest management. The necessity of the given model practical realization for the needs of Ukraine's forest management is grounded.

Незважаючи на конкуренцію зі сторони виробників синтетичних матеріалів, двадцяте століття характеризується зростанням споживання деревини. Високий рівень інтенсивності користування лісовими ресурсами призвів до того, що забезпеченість лісом населення України стала одною із найнижчих у Європі (в 1998 р. вона становила 0,19 га на одного мешканця) [7]. Отже, виникла необхідність перегляду лісової політики і управлінських рішень щодо лісокористування, яке в Україні доцільно розвивати на таких загальноовизначених наукових принципах: багаточільового використання лісів; сталого лісокористування; однакової справедливої лісової політики щодо лісів різних форм власності; врахування національних традицій лісокористування; стимулювання збереження біологічного та генетичного розмаїття; зростання комплексної продуктивності лісів; раціонального використання лісових ресурсів. Для втілення цих принципів у практику лісокористування варто застосовувати методи оптимізації процесів відтворення і використання лісових ресурсів.

Для забезпечення оптимального лісокористування виникає потреба розробки методики вибору оптимального рішення зі значної множини відносно подібних. У процесі оптимізації лісокористування необхідно враховувати досить велику кількість факторів, зокрема, таких як: тип місцевості (рівнинний, гірський); види деревних порід; обсяги лісокористування; запаси деревини на 1 га; середні об'єми стовбура; відстані трельювання; види рубань; сезон лісозаготівель; вихід лісової продукції; обсяги відходів; період ротації; можливість вдосконалення біологічного росту. Потрібно також враховувати, що вибране рішення буде впливати не тільки на нинішній стан лісу, але і на майбутній, тобто повинна забезпечуватися сталість лісокористування. Так, якщо не здійснювати заходи щодо відтворення лісу, то лісосіки можуть залишитися незалісненими.

У лісгосподарському виробництві цикл посадка-заготівля лісу є різним залежно від конкретного типу насаджень. Вирощування стиглих березових, грабових, осикових насаджень триває 40-50 років; соснових, ялинових і ялицевих – 70-90 років; дубових, букових – 100-120 років, а в окремих випадках навіть довше. Крім того, за лісом проводяться доглядові рубання з метою підвищення загальної продуктивності насаджень. Велика тривалість виробничого циклу у лісгос-

подарському виробництві значно ускладнює процес лісокористування, оскільки помилки, допущені на початку виробничого циклу мають довгострокові негативні економічні, екологічні та соціальні наслідки. Велика тривалість виробничого циклу породжує і ряд економічних проблем, пов'язаних з визначенням та прогнозуванням таких показників як: попит на продукцію лісовирощування, собівартість продукції, фінансування заходів щодо відтворення лісових ресурсів, оподаткування доходів тощо.

Ще однією особливістю лісового менеджменту є те, що лісгосподарське виробництво здійснюється на великій території. Це створює труднощі у спостереженні, обліку та їх організації взагалі. Крім цього, на процес лісовирощування впливає багато непередбачуваних факторів (як і природних, так і антропогенних). Все це робить ліс надзвичайно складною еколого-економічною системою, яка по можливості мала б бути керованою, а результати повинні бути спрямовані на досягнення інтегрованих екологічних, економічних та соціальних цілей.

У процесі економіко-математичного моделювання рубань необхідно орієнтуватися в основному на стиглі та перестійні насадження, оскільки рубання лісу є основним інструментом його омолодження, за допомогою якого на місці перестійних лісів з низьким приростом деревини створюються молоді продуктивні насадження, що активно взаємодіють з навколишнім середовищем і ефективно виконують рекреаційні, захисні, охоронні та інші функції.

Необхідно також враховувати еколого-економічні особливості лісокористування в Україні. Загальна площа лісового фонду України становить 10782,3 тис. га, лісова – 10039,8 тис. га, покрита лісом – 9400,2 тис. га. Частка гірських лісів становить 21,8 % (за даними обліку лісового фонду на 01.01.1996). Загальний запас деревини у лісах України становить 1736,0 млн. м³, у стиглих і перестійних насадженнях – 250,9 млн. м³, що становить 14,45 %. Середній вік хвойних насаджень має 42 роки, твердолистяних – 52, м'яколистяних – 33 [6].

Різні виробництва галузей лісового комплексу України головним чином зосереджені у західному регіоні, в якому знаходиться основна частка лісосировинних ресурсів і високий рівень забезпеченості лісом. Так, у Закарпатській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Львівській, Волинській, Рівненській, Житомирській, Чернігівській та Тернопільській областях, які займають 24 % території України, зосереджено 67 % запасу деревини, у тому числі 84 % стиглих і перестійних насаджень. У цьому регіоні України заготовляється 63 % деревини у процесі рубань головного та проміжного користування лісом [6].

Економіко-математичні моделі, огляд яких зроблений у праці [4] не завжди враховують біологічні та економічні особливості лісу. Отже, використання таких моделей не дозволяє отримати оптимальні результати лісокористування. Враховуючи цю особливість лісів марно сподіватись на те, що за допомогою оптимізації технологічних процесів можна дати відповідь на всі запитання лісокористування. Оскільки розбіжність між статистичними даними лісових підприємств та результатами, отриманими у процесі реалізації оптимізаційних задач на сьогодні ще існує у всьому світі. Але оптимізаційні моделі дають широкий набір рішень і можливість вибору з них найкращого. Це припущення та постійне незадоволення попиту на круглі лісоматеріали на світових ринках зумовлюють основні напрямки розвитку оптимізаційних моделей лісокористування. Такі моделі повинні бути

⁷ Наук. керівник – проф. Ю.Ю. Туниця, д.е.н. – УкрДЛТУ

добре математично обґрунтовані та простими, тобто такими, які можуть теоретично і практично бути реалізовані.

Економісти почали говорити про врахування натуральних ресурсів у менеджменті ще в XIX ст. Такі видатні вчені як Стюард Міл (1848), Стенлі Джевонс (1865) та Фаустман (1849) [4] першими розпочали моделювати натуральні ресурси, говорити про їх обмеженість, вичерпність, а звідси і необхідність врахування у вартості продукції. У 1931 р. Гарольд Хотелінг вперше на практиці застосував математичні методи для оптимізації вугледобування у шахтах, що вважається початком використання екологічного (на той час тільки ресурсного) фактору в економіко-математичних моделях [1-3].

У процесі моделювання лісвінних процесів головним завданням є встановлення оптимального віку рубань. Як правило, такий вік не буде забезпечувати максимальний вихід деревини, оскільки головною метою власника лісу є максимізація теперішньої вартості грошових потоків, рівень яких залежить від численних екологічних, економічних та соціальних факторів. Головною проблемою економіко-математичного моделювання лісокористування є визначення оптимального періоду ротації. Разом з тим необхідно звертати увагу на умови лісокористування, враховувати монополізм, конкуренцію та інші фактори, що впливають на оптимальний вік рубань.

У статичній моделі немає можливості враховувати фактор часу, зміна якого є визначальною для забезпечення сталості лісокористування. У зв'язку з цим модель повинна бути динамічною (як динамічна змінна повинен бути час). Також необхідно зауважити, що при розрахунку вартості лісу ми не повинні відштовхуватись тільки від вартості деревини, оскільки лісом є не лише деревні ресурси але й вся система DMFR [8].

Для побудови моделі введемо такі позначення:

- $D = \sum_{i=1}^9 d_i$ – загальна вартість сировинних ресурсів деревинного походження, яка припадає на 1 м^3 отриманої деревини, грн./м³: d_1 – вартість круглих лісоматеріалів, що можуть бути заготовлені на лісосіці, d_2 – вартість стовбурної деревини, d_3 – гілок, d_4 – сучків, d_5 – вершин, d_6 – деревної зелені, d_7 – пневої та кореневої деревини, d_8 – кори, d_9 – інших потенційних продуктів деревинного походження;
- $M = \sum_{i=1}^9 m_i$ – загальна вартість ресурсів рослинного походження, яка припадає на 1 м^3 отриманої деревини, грн./м³: m_1 – вартість грибів, m_2 – ягід, m_3 – плодів, m_4 – лікарської сировини, m_5 – технічної сировини, m_6 – сінокосів, m_7 – кормових ресурсів, m_8 – бджільництва, m_9 – інших потенційних продуктів недеревинного походження;
- $F = \sum_{i=1}^5 f_i$ – загальна вартість ресурсів тваринного походження з врахуванням корисної та шкідливої фауни, яка припадає на 1 м^3 отриманої деревини, грн./м³: f_1 – птахів, f_2 – звірів, f_3 – шкідників лісу, f_4 – комах, f_5 – інших представників фауни;
- $B = \sum_{i=1}^9 b_i$ – загальна вартість багатосторонніх корисних функцій (послуг) лісу, його впливу на довкілля, яка припадає на 1 м^3 отриманої деревини, грн./м³: b_1 – гіпотетична вартість рекреаційних функцій лісових ресурсів, b_2 – впливу лісу на захист ґрунтів від ерозії, b_3 – підвищення врожайності сільськогосподарських культур, b_4 – вплив на рівень ґрунтових вод, b_5 – регулювання водостоку, b_6 – продукування

кисню та насичення повітря фітонцидами, b_7 – очищення повітря від шкідливих газів, b_8 – підтримання дебету мінеральних джерел, b_9 – інші корисні функції лісу;

- $C = \sum_{i=1}^3 c_i$ – загальні витрати на вирощування та заготівлю дерев, а також авансовий капітал на основні фонди та нормовані оборотні засоби (собівартість вирощування), грн./га: c_1 – витрати на відтворення і охорону лісового насадження; c_2 – витрати на заготівлю круглих лісоматеріалів (за винятком попневої плати); c_3 – капітал, який авансується на придбання основних фондів і нормованих оборотних засобів;
- δ_n – норма дисконту, %;
- T – загальний період лісового циклу, років;
- ξ – внутрішня норма доходу (IRR-ВНД), %;
- R^* – оптимальна рента;
- $Q_i = Q(t)$ – фізична функція росту дерев, яка використовується для дослідження поведінки насаджень конкретного типу залежно від віку, м³/га.

Фізична функція росту дерева $Q(t)$ вказує на обсяг деревини (продукції), який можна отримати у будь-який момент її віку з 1 га. Для найбільш поширеного у Карпатському регіоні лісу (5Яц4Бк1Ялє) функцію росту дерев $Q(t)$ можна подати у такому вигляді:

$$Q(t) = a_0 \cdot t^{a_1} \cdot e^{a_2 \cdot t + a_3 \cdot t^2}.$$

Графічне представлення цієї функції подано на рис. 1.

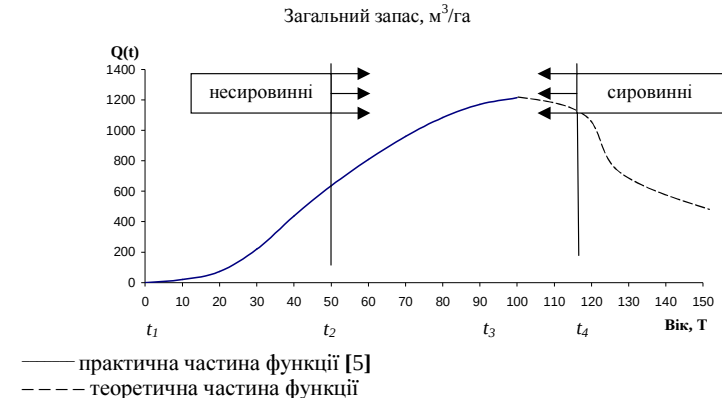


Рис. 1. Функція росту мішаних деревостанів ялиці білої

Варто зауважити, що деревина, яку можна реалізувати, з'являється тільки після того, як дерева досягнуть певного мінімального віку t_1 . Також, виходячи з екологічних міркувань, у лісі обов'язково повинна бути певна кількість дерев, яка б забезпечувала нормальне функціонування лісу як екологічної системи. Тобто, не рекомендується здійснювати вирубування, поки вік дерев не досягне якогось певного значення t_2 , визначення якого у даній роботі не розглядається. З іншого боку, на проміжку $[0, t_2]$ вартість вирубанної деревини є досить низькою.

Ріст дерев може продовжуватись протягом багатьох років, щоправда, у кінцевому результаті функція росту дерев $Q(t)$ досягає точки перегину t_3 , після чого спадає, тобто відбувається їх вирубування або природне відмирання. Вирубування дерев необхідно здійснювати і тому, що у перестійних насадженнях після t_4 по-

ступово знижується вартість деревини. Звідси можна зробити висновок, що оптимальний вік вирубування дерев повинен знаходитись у проміжку $[t_2, t_4]$.

Як вже згадувалось вище, об'єм деревини з часом (до t_3) зростає, а отже похідна від функції росту дерев $Q(t)$ при такому зростанні є більшою від нуля, тобто $Q'(t) > 0$.

Виходячи з вказаних вище припущень, для одної ротації дерев отримаємо:

- $\eta = D + M + F + B$ – гіпотетична загальна вартість всієї лісової продукції, грн./м³;
- τ – вік насаджень, у момент якого відбувається одна ротація (вирубування) дерев, рік;
- $D(\tau) = \eta \cdot Q(\tau)$ – загальний рівень доходу від реалізації всієї лісової продукції, грн./га;
- $\Pi(\tau) = \eta \cdot Q(\tau) - C$ – загальний прибуток від реалізації всієї лісової продукції, грн./га;
- $\bar{\Pi}(\tau) = \frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{\tau}$ – усереднений обсяг прибутку, який можна отримати від реалізації всієї лісової продукції протягом віку одної ротації дерев (обсяг прибутку від реалізації сталої продукції), грн./га · рік

У практиці моделювання лісівничих процесів можна виділити такі альтернативні критерії для обчислення оптимальних періодів ротації дерев.

1. Вік насаджень, який максимізував би певний обсяг прибутку від реалізації сталої продукції. Цільова функція буде виглядати таким чином:

$$\bar{\Pi}(\tau) = \frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{\tau} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Оскільки функція (1) повинна мати максимум, то, на основі необхідної умови існування екстремуму, її похідна у шуканій точці має дорівнювати нулю, тобто:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{\Pi}(\tau)}{d\tau} &= \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{\tau} \right) = 0; \\ \frac{\eta \cdot Q'(\tau) \cdot \tau - (\eta \cdot Q(\tau) - C)}{\tau^2} &= 0 \Rightarrow \eta \cdot Q'(\tau) \cdot \tau - (\eta \cdot Q(\tau) - C) = 0; \\ \eta \cdot Q'(\tau) - \frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{\tau} &= 0; \end{aligned}$$

Отже $\eta \cdot Q'(\tau) - \bar{\Pi}(\tau) = 0$.

Для розв'язання цього нелінійного рівняння доцільно використати числові методи, які в процесі знаходження розв'язку не використовують похідних: метод дихотомії, метод з використанням послідовності чисел Фібоначчі, метод золотого січення та ін. В результаті його розв'язання отримаємо значення ($\tau = t_a$), яке вказує на вік насаджень, у момент якого відбудеться одна ротація (вирубування) дерев і при цьому отримається максимальний обсяг прибутку від реалізації сталої продукції.

2. Вік насаджень, який максимізував би теперішню вартість чистого прибутку, отриманого у кінці першого періоду ротації (період коротший $t_6 < t_a$). Якщо вартість вкладень є невідомою на початку планованого періоду ротації, то дохід від суцільного вирубування у кінці періоду дисконтується за ставкою дисконту δ . У такому випадку теперішня вартість чистого прибутку буде розраховуватись як:

$$\Pi(\tau)_m = \eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - C.$$

Звідси, згідно з критерієм 2, цільова функція буде мати такий вигляд:

$$\Pi(\tau)_m = \eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - C \rightarrow \max. \quad (2)$$

Аналогічно до критерію 1 знаходимо першу похідну та прирівнюємо її до нуля:

$$\begin{aligned} \frac{d\Pi(\tau)_m}{d\tau} &= \frac{d}{d\tau} (\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - C) = 0; \\ \eta \cdot Q'(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - \delta \cdot \eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} &= 0; \\ \eta \cdot Q'(\tau) - \delta \cdot \eta \cdot Q(\tau) &= 0. \end{aligned}$$

Отже $\eta \cdot Q'(\tau) - \delta \cdot D(\tau) = 0. \quad (3)$

В результаті розв'язання цього нелінійного рівняння одним з числових методів, який в процесі знаходження розв'язку не використовує похідних, отримаємо значення ($\tau = t_b$), яке вказує на вік насаджень, у момент якого відбудеться одна ротація (вирубування) дерев і при цьому отримається максимум теперішньої вартості чистого прибутку від реалізації всієї лісової продукції.

Варто звернути увагу на те, що частиною від'ємника рівності (3) є загальним рівнем доходу від реалізації всієї лісової продукції. Якщо $\eta \cdot Q'(\tau) = \delta \cdot \eta \cdot Q(\tau)$, то ставку дисконту, за якою буде дисконтуватися дохід від суцільного вирубування у кінці періоду ротації, можна визначити як:

$$\delta = \frac{Q'(\tau)}{Q(\tau)}. \quad (4)$$

Це означає, що вирубування дерев не повинно здійснюватись до того часу, поки права сторона формули (4) не буде дорівнювати нормі дисконту, тобто $\frac{Q'(\tau)}{Q(\tau)} = \delta_n$.

3. Вік насаджень, який максимізував би внутрішню норму доходу (IRR-ВНД). Норма доходу ξ – це більш високий коефіцієнт прибутковості (рентабельності), який анулює теперішню вартість чистого доходу, отриманого в кінці першого періоду ротації (у модель не внесена рента та дещо коротший період ротації).

Проведемо такі розрахунки:

Спочатку нам потрібно знайти $\max \xi$, тобто максимальне значення ВНД. Також відомо, що в цьому випадку

$$\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\xi \cdot \tau} - C = 0; \quad (5)$$

Звідси знайдемо ξ , $\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\xi \cdot \tau} = C$;

$$\ln(\eta \cdot Q(\tau)) - \xi \cdot \tau = \ln C$$

$$\xi = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{\eta \cdot Q(\tau)}{C}.$$

Отже, цільова функція буде мати такий вигляд:

$$\xi = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{\eta \cdot Q(\tau)}{C} \rightarrow \max. \quad (6)$$

Продиференціюємо рівність (5), та прирівняємо її до нуля, отримаємо:

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\tau}(\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\xi \cdot \tau} - C) &= 0; \\ \eta \cdot Q'(\tau) \cdot e^{-\xi \cdot \tau} - \xi \cdot \eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\xi \cdot \tau} &= 0; \\ \xi &= \frac{Q'(\tau)}{Q(\tau)}.\end{aligned}$$

Враховуючи (6), отримаємо:

$$\frac{Q'(\tau)}{Q(\tau)} = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{\eta \cdot Q(\tau)}{C} \Rightarrow \frac{Q'(\tau)}{Q(\tau)} - \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{\eta \cdot Q(\tau)}{C} = 0.$$

В результаті розв'язання цього нелінійного рівняння одним з числових методів, який в процесі знаходження розв'язку не використовує похідних, отримаємо значення ($\tau = t_a$), яке вказує на вік насаджень, у момент якого відбудеться одна ротація (вирубання) дерев і при цьому отримається максимальне значення внутрішньої норми доходу від реалізації всієї лісової продукції.

$$\text{Необхідно зауважити, якщо } \begin{cases} \xi < \delta & t_a > t_b \\ \xi = \delta, \text{ то} & t_a = t_b \\ \xi > \delta & t_a < t_b \end{cases}.$$

Отже, якщо $\xi > \delta$, то $t_a < t_b < t_a$.

4. Вік насаджень, який максимізував би теперішню вартість всіх чистих доходів, прийнятих протягом одного нескінченного циклу ротації (у модель включаться рента).

Всі попередні критерії мали розв'язок тільки у тому випадку, коли розглядався тільки один період ротації. Якщо передбачається можливість лісовідновлення, то оптимальна ротація повинна враховувати недоотримання прибутків від реалізації всієї наступної лісової продукції. Припускаючи, що всі інші параметри залишаються незмінними, встановимо такий набір ротацій: $t_1 < t_2 < \dots < t_m$ – у випадку, коли ліс є повністю вирубаний та відновлений, починаючи з посіву при $t=0$ на незалисненій ділянці. Отже, утворюється такий ряд:

$$-C + e^{-\delta \cdot \tau_1} (\eta \cdot Q(\tau_1) - C) + e^{-\delta \cdot \tau_2} (\eta \cdot Q(\tau_2) - C) + \dots + e^{-\delta \cdot \tau_m} (\eta \cdot Q(\tau_m) - C) \quad (7)$$

Припустимо також, що менеджер буде намагатись досягнути однакових цілей у кожній ротації, тобто $m \rightarrow \infty$. Тоді отримаємо:

$$\sum_{i=1}^{\infty} e^{-\delta \cdot \tau_i} (\eta \cdot Q(\tau_i) - C) - C = \frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{e^{-\delta \cdot \tau} - 1} - C.$$

Звідси за критерієм 4, цільова функція буде мати такий вигляд:

$$\frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{e^{-\delta \cdot \tau} - 1} - C \rightarrow \max. \quad (8)$$

Знову знаходимо похідну від (8) та прирівнюємо її до нуля:

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\tau} \left(\frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{e^{-\delta \cdot \tau} - 1} - C \right) &= 0; \\ \frac{(\eta \cdot Q(\tau) - C)' \cdot (e^{-\delta \cdot \tau} - 1) - (\eta \cdot Q(\tau) - C) \cdot (e^{-\delta \cdot \tau} - 1)'}{(e^{-\delta \cdot \tau} - 1)^2} &= 0.\end{aligned}$$

Припускаючи, що $e^{-\delta \cdot \tau} \neq 1$, отримаємо:

$$\eta \cdot Q'(\tau) \cdot (e^{-\delta \cdot \tau} - 1) = -\delta \cdot e^{-\delta \cdot \tau} (\eta \cdot Q(\tau) - C);$$

$$\begin{aligned}\frac{\eta \cdot Q'(\tau) \cdot (e^{-\delta \cdot \tau} - 1)}{\eta \cdot Q(\tau) - C} &= -\delta \cdot e^{-\delta \cdot \tau}; \\ \frac{\eta \cdot Q'(\tau)}{\eta \cdot Q(\tau) - C} &= -\frac{\delta \cdot e^{-\delta \cdot \tau}}{e^{-\delta \cdot \tau} - 1} = -\frac{\delta \cdot e^{-\delta \cdot \tau} \cdot e^{\delta \cdot \tau}}{(e^{-\delta \cdot \tau} - 1) \cdot e^{\delta \cdot \tau}} = -\frac{\delta \cdot e^0}{e^0 - e^{\delta \cdot \tau}} = -\frac{\delta}{1 - e^{\delta \cdot \tau}}; \\ \text{Таким чином,} \quad \frac{\eta \cdot Q'(\tau)}{\eta \cdot Q(\tau) - C} - \frac{\delta}{e^{\delta \cdot \tau} - 1} &= 0.\end{aligned} \quad (9)$$

В результаті розв'язання цього нелінійного рівняння одним з числових методів, який в процесі знаходження розв'язку не використовує похідних, отримаємо значення ($\tau = t_c$), яке вказує на вік насаджень, у момент якого відбудеться повністю вирубування всього лісу та його відновлення і при цьому отримається максимальне значення теперішньої вартості всіх чистих доходів від реалізації всієї лісової продукції.

Отриманий вираз (9) збігається з формулою Фаустмана, до якої може бути застосований порівняльний статистичний аналіз [3]. Формула (9) може бути переписана у більш читабельний вигляд таким чином:

$$\eta \cdot Q'(\tau) = \delta \cdot \eta \cdot Q(\tau) + \delta \cdot \frac{\eta \cdot Q(\tau) - C}{e^{\delta \cdot \tau} - 1}. \quad (10)$$

Отже, у рівності (10) ми бачимо, що норма доходу від реалізації деревостанів $\eta \cdot Q'(\tau)$ повинна дорівнювати сумі можливого доходу на капітал та нормі доходу інвестованої теперішньої вартості всіх чистих доходів від наступних ротацій при нормі дисконту δ . Формула Фаустмана є ключовою у лісівничій економіці і багато вчених вважають її основою нормативної та позитивної економічної моделі лісового менеджменту.

5. Вік насаджень, який максимізував би теперішню вартість чистого доходу, отриманого у кінці першого періоду ротації (відсоткові нарахування віднімаються від теперішньої вартості чистих прибутків $\Pi(t)_m$). Тут цільова функція буде виглядати таким чином:

$$\Pi(\tau)_m - R \cdot \int_0^{\tau} e^{-\delta \cdot t} dt = 0; \quad (11)$$

$$\Pi(\tau)_m + \frac{R}{\delta} \cdot e^{-\delta \cdot \tau} \Big|_0^{\tau} = 0;$$

$$\Pi(\tau)_m + \frac{R}{\delta} \cdot (e^{-\delta \cdot \tau} - 1) = 0;$$

$$\Pi(\tau)_m - \frac{R \cdot (1 - e^{-\delta \cdot \tau})}{\delta} = 0;$$

Звідси,

$$R = \frac{\Pi(\tau)_m \cdot \delta}{1 - e^{-\delta \cdot \tau}} \rightarrow \max. \quad (12)$$

Враховуючи, що $\Pi(\tau)_m = \eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - C$, знову знаходимо похідну від (12) та прирівнюємо її до нуля:

$$\frac{dR}{d\tau} = \delta \cdot \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \cdot \tau} - C}{1 - e^{-\delta \cdot \tau}} \right) = 0;$$

$$\delta \cdot \frac{\eta \cdot e^{-\delta \tau} \cdot (Q'(\tau) - \delta \cdot Q(\tau)) \cdot (1 - e^{-\delta \tau}) - (\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \tau} - C) \cdot \delta \cdot e^{-\delta \tau}}{(1 - e^{-\delta \tau})^2} = 0.$$

Припускаючи, що $e^{-\delta \tau} \neq 1$, отримаємо:

$$\eta \cdot (Q'(\tau) - \delta \cdot Q(\tau)) \cdot (1 - e^{-\delta \tau}) = (\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \tau} - C) \cdot \delta;$$

$$\frac{\eta \cdot (Q'(\tau) - \delta \cdot Q(\tau))}{\eta \cdot Q(\tau) \cdot e^{-\delta \tau} - C} - \frac{\delta}{1 - e^{-\delta \tau}} = 0.$$

$$\text{Таким чином, } \frac{\eta \cdot Q'(\tau) - \delta \cdot D(\tau)}{\Pi(\tau)_m} - \frac{\delta}{1 - e^{-\delta \tau}} = 0. \quad (13)$$

В результаті розв'язання цього нелінійного рівняння одним з числових методів, який в процесі знаходження розв'язку не використовує похідних, отримаємо значення ($\tau = t_0$), яке вказує на вік насаджень, у момент якого відбудеться вирубування всього лісу в кінці першого періоду ротації і при цьому отримається максимальне значення теперішньої вартості чистого доходу від реалізації всієї лісової продукції.

Підсумовуючи поставлені нами задачі, можемо стверджувати, що результати за різними критеріями будуть відрізнятися. Схематично, результати можна зобразити у вигляді рис. 2.

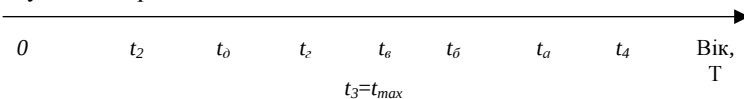


Рис. 2. Схема розподілу оптимальних значень t залежно від обраного критерію

З рис. 2 видно, що всі оптимальні періоди ротації знаходяться у проміжку ($t_2; t_4$), тобто, з одного боку забезпечується певний екологічний, науково обґрунтований мінімум, а з іншого боку – немає перестійних насаджень та втрат у вартості деревини через її перестиглість. Всі сировинні фактори зміщують оптимальний період ротації вправо, а всі несировинні – вліво. Також варто звернути увагу на те, чим більше економічних факторів ми включаємо у модель (рента, ставка дисконту), тим більше оптимальний вік рубань зміщується вліво.

Виходячи з розв'язків вказаної вище моделі, потрібно встановити: коли та які саме дерева вирубувати для забезпечення найкращого еколого-економічного ефекту та сталості лісокористування; якщо за одним з критеріїв знайдено розв'язок, чи буде він оптимальним для конкретної ділянки; які будуть при цьому можливі екологічні наслідки. Отже, у процесі розв'язання конкретної задачі необхідно адаптувати критерії до типів лісу, оскільки вони визначають основні цілі лісокористування.

Література

1. Bowes, M.D. and J.V.Krutila. Multiple Use Management of Public Forest Lands. in A.V.Kneese and J.L.Sweeny (eds), Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. II, Amsterdam: North-Holland. 1985. – 108 pp.
2. Faustmann, M. On the Determination of the Value which Forest Land and Immature Stands Pose for Forestry. in M.Gane (ed.), Martin Faustmann and the Evolution of Discounted Cash Flow, Oxford: Oxford Institute. 1849. – 107 pp.
3. Jobstl, H. Ein Model des Forstbetriebes. Osterr. Agrarverlag, Wien – 1986. – 208 pp.

4. 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.

5. Гриник Г.Г. Морфолого-таксаційна оцінка динамічних деревостанів ялиці білої в Бескидах. (Українські Карпати). – Автореферат. На здоб. наук. ступ. к.с.-г.н. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000. – 20 с.

6. Снякевич І.М. Економіка галузей лісового комплексу. – Львів. – 1996. – 181 с.

7. Снякевич І.М. Економіка лісокористування. – Львів – 1999. – 396 с.

8. Туниць Ю.Ю. Экономические проблемы комплексного использования и охраны лесных ресурсов. – Львов. – 1976. – 216 с.

УДК 630*

Р.Р. Олійник¹, к.с.-г.н.; М.Ю. Попков², к.с.-г.н.; В.М. Брезнев³,
В.С. Олійник⁴, к.с.-г.н.; І.Ф. Калущкий⁵, д.с.-г.н.; доц. М.В. Чернявський, к.с.-г.н –
УкрДЛТУ; П.О. Гвоздик⁶, к.юрид.н.

НОВА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА СТРАТЕГІЯ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ ДЛЯ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ*

Вказано, що протягом останнього десятиріччя обсяги лісокористування у Карпатському регіоні зменшилися майже удвічі, однак, методи і технологія рубок лісу залишаються далеко не досконалими і не відповідають екологічним вимогам. Значна розбіжність і дисбаланс між екологічними, соціальними і економічними цілями призводить до необхідності розробки нової стратегії лісокористування, яка б могла об'єднати принципи екології та (ринкової) економіки. Водночас природоохоронна політика повинна бути передбачуваною і прийнятною для лісового бізнесу.

R.R. Oliynyk, M.Yu. Popkov, V.M. Brezhnev, V.S. Oliynyk, I.F. Kalutsky,
M.V. Chernyavsky, P.O. Gvozdyk

New ecological-economical strategy of the forest use for Ukrainian Carpathians

For the last decade the volume of the forest use in the Carpathian region decreased due to various reasons almost twice. However, methods and technology of forest felling remains very imperfect and do not correspond to the ecological requirements. There are big discrepancies and misbalance between ecological, social and economical goals. This requires a new strategy of forest use, which could unite the principles of the sound ecology and sound (market) economy. At the same time nature conservation policy should be responsive and acceptable for forest business.

У Карпатському регіоні налічується 2,2 млн. га лісів, що становить 23 % їх загальнодержавної площі. Землі лісового фонду займають 46,9 % території карпатських областей, тут зосереджені значні запаси деревини. Лісові екосистеми відіграють основну еколого-стабілізуючу роль. В останнє десятиліття внаслідок різних причин обсяг лісозаготівель зменшився приблизно в 2 рази. Однак, способи і технологія рубання лісу залишилися дуже недосконалими, часто екологічно збитковими. Існують великі протиріччя і дисбаланс між екологічними та соціально-економічними цілями. Тому потрібна нова стратегія лісокористування, яка б по-

* перший заступник директора УкрНДІрліс

² начальник науково-інформаційного центру лісоуправління Держкомлісгоспу

³ начальник об'єднання "Укрдержліспроект"

⁴ завідувач лабораторією лісівництва УкрНДІрліс

⁵ начальник Івано-Франківського обласного управління лісового господарства

⁶ голова Івано-Франківського міського суду

* Робота виконана за фінансової підтримки міжнародного фонду "Відродження", проект 200925