

середовищ з використанням біологічних тест-об'єктів як носіїв джерел сигналів. Врахування впливу вільної матриці на розв'язок системи рівнянь (4) дає змогу позбутись порушень процесу вимірювання шляхом розв'язку системи рівнянь вільних матриць:

$$[X_B][M_B] = [F_B], \quad (5)$$

де $[X_B]$, $[M_B]$, $[F_B]$ – відповідно матриці $[X]$, $[M]$, $[F]$ у варіанті вільних матриць, які утворюються в момент зосередження у довільній точці простору кількох джерел сигналів.

Рівняння (5) є моделлю процесу вимірювання забруднень полів та водних середовищ у випадку застосування біологічних тест-об'єктів як носіїв джерел вимірюваних сигналів з урахуванням непередбачуваності їх поведінки.

Для боротьби з порушеннями процесу вимірювання необхідно такі дані, отримують від джерел сигналів, зосереджених в околі однієї точки простору, при формуванні матричного рівняння (5) необхідно трактувати як дані отримані від одного джерела сигналів (береться їх середньо – квадратичне значення). Разом із даними від інших джерел сигналів вони утворюють матрицю $[F_B]$. З врахуванням цієї особливості будують також матриці $[X_B]$ і $[M_B]$. Розв'язок системи рівнянь вільних матриць (5) дає змогу позбутись порушень процесу вимірювання параметрів полів забруднень природних водних середовищ.

Технічна реалізація вимірювальної процедури, яка моделюється матричним рівнянням (5), здійснюється шляхом доповнення вимірювальної процедури (4) додатковою програмою формування рівняння вільних матриць (5) і його розв'язування. Згідно з цією програмою, отримувані від кожного із джерел сигналів дані впорядковують стосовно до показів навігаційного каналу, відповідно до умов формування вільних матриць $[M_B]$ і $[F_B]$. Застосування ЕОМ дає змогу формувати рівняння вільних матриць (5) і розв'язати їх у реальному часі. Розв'язок рівняння (5) отримуємо у вигляді числових значень вимірюваного параметра у кожній із точок водного простору, які формують елементи матриці $[F_B]$ відповідно з просторовим розподілом джерел сигналів.

Література

1. Драган. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. – Львів: Центр стратегічних еко-біо-технічних систем, 1997 р. – 360 с.
2. Фрэнкс Л. Теория сигналов. – М.: Сов. радио, 1974. – 344 с.
3. Євтух П.С. Чисельні методи та оптимізація обчислень на ЕОМ у складі ІВС// Вісник ДУ "Львівська політехніка": Сер. "Прикладна математика". – Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1988. – С. 314-317.

УДК 630*624:630*612

Ст. викл. Ю.Й. Каганяк, канд. с.-г. наук –
НЛТУ України

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ АГРЕГОВАНОГО НА ТИПОЛОГІЧНІЙ ОСНОВІ ГОСПОДАРСТВА

Проведено аналіз елементів методики розрахунку норми головного користування лісосічного господарства. Наголошено, що такий підхід до оптимізації розрахункової лісосіки базується на первинній організаційно-розрахунковій одиниці – госпо-

дарській секції. Внаслідок процедури оптимізації норми користування деревиною не враховується якісний аспект. Для формалізації процесу покращення породного складу пропонуємо агрегований варіант розрахунку норми головного користування. Модифікована раціональна лісосіка дає змогу зменшити у декілька разів залишки стиглого лісу вкінці обігу рубань, максимально збільшити частку головної деревної породи агрегованого господарства, вилучити з користування тимчасові господарські секції.

Ключові слова: господарська секція, агреговане господарство, норма головного користування, розрахункова лісосіка, оптимізація, раціональна лісосіка, обіг рубань.

Senior teacher Yu.Yo. Kaganyak – NUFWT of Ukraine

Optimization forest exploitation of the facilities aggregated on the typological basis

It is lead the analysis of substantive provisions of a design procedure of norm of the main using felling facilities. Such approach to optimization settlement clearing is based on primary organizational-calculated unit – economic section. As a result of procedure of optimization of norm of using lumber the qualitative aspect is not taken into account. For formalization of process of improvement of pedigree structure the aggregated variant of calculation of norm of the main using is offered. Modified rational clearing allows to reduce in some times rests of a ripe wood at the end of a revolution of cabin, maximum to increase a share of the main wood breed of the aggregated facilities, to withdraw from using time economic section.

Keywords: the economic section, the aggregated facilities, norm of the main using, settlement clearing, optimization, rational clearing, a revolution of cabin.

Забезпечення власними лісоресурсами є важливою проблемою для держави, в якій дефіцит деревини покривається на третину. На фоні виснаження лісоресурсів може зрости частка деревної сировини в енерго-ресурсному забезпеченні країни. А.З. Швиденко, С. Нільсон, А.А. Строчинський вважають, що виснаження лісоресурсів спричинене недоліками системи природокористування [9]. Порушення принципу збалансованості лісозаготівель і відтворення лісоресурсів на практиці М.О. Мойсеев та С.Г. Синіцин пояснюють недосконалістю регіональних систем лісокористування [3, 6-8]. А.З. Швиденко, В.В. Страхов, С. Нільсон такий комплекс проблем, вирішення яких вимагає узгодження рішень з соціальних, екологічних та економічних питань, виносять за межі галузевого розгляду і вважають частиною світової політики [10]. Відхилення структури лісоресурсів від нормальних параметрів є об'єктивним сигналом для модифікації моделі лісокористування зі врахуванням принципів екологізації лісового господарства.

Забезпечення сталого користування лісоресурсами можливе у двох напрямках: підвищення продуктивності лісу шляхом інтродукції швидкорослих деревних порід за рахунок обмеження площі корінних лісотвірних або шляхом відтворення корінних лісотвірних порід. Переосмислення лісової політики у сфері лісовирощування пов'язане з ослабленням стійкості, погіршенням якості деревини інтродуцентів.

Об'єкт та предмет дослідження. Вирішення зазначеної проблеми вимагає розглядати лісовий фонд як цілісну систему з урахуванням особливостей її елементів. Важливою проблемою є встановлення первинної одиниці розрахунку норми користування стиглим лісом, якою тепер є госпсекція. Науковцями розглядають й альтернативні варіанти. Пропонується розраховувати лісосіку в агрегованому вигляді, наприклад С.М. Кашпор на рівні підприємства [1, 2].

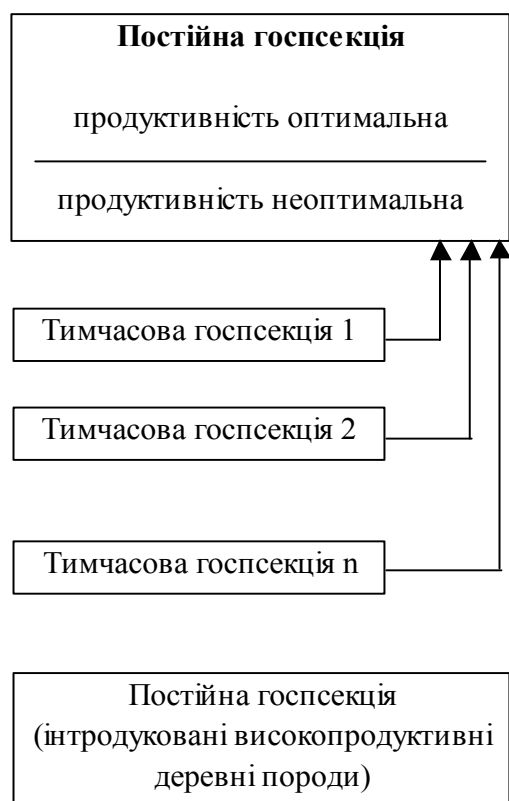


Рис. 1. Типова агрегація господарських секцій у систему

користання потенціалу едатопу. У постійні госпсекції без надходження площ виділяють інтродуковані продуктивні деревні породи.

До тимчасових госпсекцій належать такі деревостани порід, які не є метою ведення лісового господарства. Площі з них ідуть на поповнення постійної госпсекції. Тимчасові госпсекції можуть дублюватися в різних господарствах, оскільки малоцінні породи можуть зростати на ареалах декількох лісотвірних порід.

Оптимізація норми користування деревиною для групи госпсекцій з різним віком рубань повинна враховувати: особливості розподілу площ деревостанів за класами віку; різну інтенсивність лісокористування в госпсекціях з відмінним віком рубань; виділення тимчасових та постійних госпсекцій і об'єднання їх у господарство на типологічній основі; оптимізацію норми лісокористування в межах господарства із застосуванням процедури заміни тимчасових та розширеного відтворення постійної госпсекції.

Методика дослідження. Основний напрямок та принципи користування лісом в Україні зумовлені довгостроковою програмою розвитку лісової галузі "Ліс-2015" і є важливим елементом розроблення державної лісової політики. В Україні оптимізація норми річного користування деревиною проводиться згідно з чинною "Методикою визначення розрахункової лісосіки" [5], а обсяги лісозаготівлі визначаються шляхом аналізу величини локальних лісосік (за станом, першої та другої вікових, рівномірного користування та раціональної). Особливу увагу привертає раціональна лісосіка як найперспективніша. Її виражено системою алгебраїчних рівнянь 1, які охоплюють множину ймовірних варіантів лісосік:

У цій роботі агрегацію проведено на рівні господарства, де основою організації є історично сформовані ареали деревних лісотвірних порід. Кожен таксаційний виділ характеризуємо типом лісу, а тому не виникає труднощів для технічної реалізації об'єднання площ у господарство. У господарство входять одна постійна госпсекція та декілька тимчасових (рис. 1). У межах підприємства можлива організація декількох господарств.

До постійної госпсекції об'єднано вкриті лісовою рослинністю землі з перевагою цільової деревної породи. Решту земель розподіляють між тимчасовими госпсекціями господарства. У межах рівня продуктивності пропонують об'єднувати деревостани декількох бонітетів. Насадження з бонітетами, відмінними від опорного значення, виділяємо у підгрупу "неоптимальна продуктивність" для виявлення відсотка ви-

$$\begin{cases} x_1 = s_1; \\ x_1 = 2^{-1} \cdot (s_1 + s_2); \\ x_1 = m^{-1} \cdot (s_1 + s_2 + \dots + s_j + \dots + s_{m-1} + s_m). \end{cases} \quad (1)$$

Задача оптимізації розміру користування полягає у пошуку максимуму, що не призводитиме до зменшення відпуску стиглого лісу при поступовому наближенні до нормальної лісосіки. Прогноз максимальної розрахункової лісосіки зводиться до вибору результату за форм. 2. Алгоритм трансформації просторово-часового низки на наступний період виражено системою рівнянь 3.

$$\max x_1 = \min_m \left(m^{-1} \cdot \left(\sum_{j=1}^{m-1} s_j + s_m \right) \right), \quad (2)$$

$$\begin{cases} s_1(t+1) = s_1(t) + s_2(t) - \max x_1(t); \\ s_j(t+1) = s_{j+1}(t); j = 1, 2, \dots, m-1; \\ s_m(t+1) = \max x_1(t). \end{cases} \quad (3)$$

Не зменшення розміру користування у динаміці не завжди задовольняє ширше трактування принципу неперервного невиснажливого користування лісом. Необхідно звернути увагу на можливе погіршення якісної структури лісового фонду. Запобігання цьому негативному явищу є домінуючим у методиці оптимізації розміру лісокористування системи госпсекцій.

Для сукупності госпсекцій загальна площа локальних лісосік знижує можливий розмір лісокористування. Просте сумування норми користування в окремих госпсекціях не відхилено з причини неврахування зв'язків, які об'єктивно виникають при розгляді їх як системи. З теорії системного аналізу відомо, що для оптимізаційної моделі повинна виконуватися нерівність 4. Різниця між лівою та правою частинами нерівності дає додатну величину, яку називають системним ефектом (Δ), отримують за форм. 5.

$$\max X_1(t) \geq \sum_{i=1}^M \max x_1^i(t), \quad (4)$$

$$\Delta = \max X_1(t) - \sum_{i=1}^M \max x_1^i(t), \quad (5)$$

де: i – номер госпсекції, $i = 1, 2, \dots, M$; $X_1(t)$ – розрахункова лісосіка для агрегованого об'єкта.

Системний ефект зростає, якщо: проходить укрупнення об'єкта розрахунку; відбувається перерозподіл площ між госпсекціями у процесі розширеного відтворення під впливом довгострокової програми; здійснюється комплексний облік користування різними ресурсами лісу при багатоцільовому веденні лісового господарства; зростає відмінність у формі розподілу площ за класами віку кожного елементу системи.

В.В. Комков запропонував методику розкидування системного ефекту, яку передбачає поділ госпсекцій на два блоки: "більш цінні секції" та "менш цінні секції" [3, 4]. Формалізовано така операція вирішується за допомогою форм. 6.

$$x^i(1)_\Delta = \min \{ \max [R_{i \min}; \max x^i(1)]; R_{i \max} \}, i = 1, 2, \dots, M. \quad (6)$$

Ми пропонуємо об'єднувати госпсекції на рівні господарства. Організують одну постійну (w_1) та декілька тимчасових (z_{1j}) госпсекцій. У межах господарства для госпсекцій з різним віком рубань ряд розподілу площ за класами віку різний за тривалістю. Це призводить до порушення умови рівності класів віку. У рядах досягання з меншим віком рубань відсутні елементи, які характерні для госпсекцій з більшим віком рубань. При виконанні цієї умови системний ефект не може однозначно бути більшим або дорівнювати нулю. Системний ефект найвірогідніше є меншим за нуль, оскільки розрахована норма користування в цілому за системою характеризуватиме і наближатиме до величини лісосіки госпсекції з найдовшим рядом досягання.

Негативний системний ефект означає, що включені до розрахунку ряди досягання в такому вигляді, в якому вони є, не можливо розглядати як єдину систему. Госпсекції з більшим віком рубання, об'єднані у систему з секціями із меншим обігом, будуть одночасно і меншими за інтенсивністю лісокористування. Тому, для створення передумов об'єднання групи госпсекцій з різним віком рубань в єдиний ряд досягання необхідно врахувати матрицю переходу площ із тимчасових секцій у постійну. Такий перерозподіл площ має бути поступовим, плановим, без різких скачків, зростаючим у часі.

Аналітичне забезпечення цієї процедури у постійній госпсекції реалізовано на основі моделі раціональної лісосіки. Для реалізації програми поступової заміни тимчасових госпсекцій необхідне коригування моделі раціональної лісосіки. Суть її полягає в тому, що при повному поступовому вилученні площі розрахункової лісосіки скорочується просторово-часовий ряд. Синхронно зменшуємо індекс початкового класу стиглих насаджень ($m-1$) в оптимізаційній моделі. Цей крок веде до поступової зміни нормальної лісосіки (її зростання) та вилучення площ з тимчасової госпсекції рівно за обіг рубань. Модель описано системою рівнянь 7.

$$\begin{cases} x_1 = s_{j \min}; \\ x_1 = (2 - j_{\min} + 1)^{-1} \cdot (s_{j \min} + s_{j \min+1}); \\ x_1 = (K - j_{\min} + 1)^{-1} \cdot (s_{j \min} + s_{j \min+1} + \dots + s_{j \min+K-1}); \\ x_1 = (m - j_{\min} + 1)^{-1} \cdot (s_{j \min} + s_{j \min+1} + \dots + s_j + \dots + s_{m-1} + s_m). \end{cases} \quad (7)$$

$$\max x_1 = \min_{K=m-j_{\min}+1} \left((m - j_{\min} + 1)^{-1} \cdot \left(\sum_{j=\min}^{m-1} s_j + s_m \right) \right).$$

Результати розрахунку. Застосовуючи оптимізаційні моделі запропонованих методик впродовж обігу рубання, розраховано прогноз лісокористування стиглою деревиною, а результати подано у табл. 1.

Загальний розмір головного користування для різних варіантів методик з диференціацією за госпсекціями та порівняння результатів подано у табл. 2.

Табл. 1. Прогноз лісосік госпсекцій та господарства

Варіант методики	Госп-секції	Періоди прогнозу, десятиріч								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Існуюча на цей час	w_1	178	198	360	555	683	683	683	683	683
	z_{11}	75	162	274	331	331	331	331	331	331
	z_{12}	41	41	60	60	60	60	60	60	60
	z_{13}	19	19	27	37	37	37	37	37	37
2. Агрегованого господарства (В.В. Комкова)	w_1	178	198	360	555	683	683	683	683	683
	z_{11}	28	28	63	162	262	262	262	262	262
	z_{12}	65	65	65	65	46	65	65	65	65
	z_{13}	36	36	36	33	16	17	27	36	36
	Ag	368	429	603	840	1045	1045	1045	1045	1045
3. Запропонована	w_1	178	198	360	555	808	857	857	857	857
	z_{11}	75	162	274	451	451	451	451		
	z_{12}	41	41	69	69	69	69			
	z_{13}	19	19	27	60	60				

Табл. 2. Підсумок головного користування

Варіанти методики	Користування по госпсекціях за обіг рубань					Сумарне користування за обіг рубань	Площа госпсекції
	w_1	z_{11}	z_{12}	z_{13}	Ag		
1. Існуюча	4706	2497	502	287	—	7992	9000
2. Агрегована	4706	1591	556	273	7465	7126	9403
3. Запропонована	5527	2315	358	185	—	8385	9000
Різниця між 3 і 1	+821	-182	-144	-102	—	+393	—

Аналіз результатів. Недоліком 1-ї методики є значне нагромадження стиглого лісу впродовж обігу рубань. При дефіциті стиглих насаджень норма користування деревиною постійно наростає у динаміці. В інших випадках прогноз річного користування зростає неістотно. Аналіз варіантів оптимізації користування вказує на поступове наближення цього показника у перші десятиріччя прогнозу до норми. Чим неоднорідніший розподіл площ за класами віку госпсекції, тим довший період нормалізації головного користування деревиною. Нагромадження стиглого лісу за обіг рубань у госпсекціях становить $\approx 20\%$ від загальної їх площі.

Застосування 2-ї методики ("переведення" системного ефекту на менш цінні госпсекції), на перший погляд, покращує якісну структуру лісового фонду; дає змогу реалізувати схему моделювання процесу відновлення деревних ресурсів для системи госпсекцій за дотримання принципу неперервного невиснажливого користування лісом з одночасним врахуванням кількісного та якісного аспектів. Однак об'єднання у систему елементів, що віднесені до різних типів лісу, на наш погляд, є некоректним. Нагромадження стиглого лісу за обіг рубань у госпсекціях становить 24% від загальної площі госпсекцій. Результати свідчать про неповне використання лісоресурсів внаслідок застосування методики розкидування системного ефекту в агрегованому господарстві. Подібні результати отримав С.М. Кашпор, внаслідок застосування процедури оптимізації користування при об'єднанні госпсекцій на рівні підприємства [2]. Нагромадження стиглого лісу спостерігається на рівні 20% .

За нашою методикою, нагромадження стиглого лісу впродовж обігу рубань у госпсекціях (див. табл. 2) становить $\approx 6-7\%$ від загальної площі господарства. Ефект головного користування внаслідок застосування моделі заміни тимчасових та розширеного відтворення постійної госпсекції становить 393 га. Оптимізація користування окремо за локальними лісосіками веде до нагромадження стиглого лісу у кінці обігу рубань у 3 рази більше, ніж за нашим варіантом.

Висновки. Оптимізація розрахункової лісосіки для постійної госпсекції реалізується згідно з програмою розширеного відтворення лісоресурсів, основою якої є раціональне стале в часі користування, принципами якого є вирівнювання площ за класами віку, підвищення продуктивності, оптимізація породного складу. Для тимчасових госпсекцій застосовується програма заміни об'єкта у перспективі. Рівномірність розподілу їх площ за класами віку, збільшення концентрації запасу не є метою лісовирощування.

Трансформація просторово-часових рядів, врахування матриці переходу площ між госпсекціями дає змогу адекватно оцінити реальне користування деревиною шляхом врахування покращення якісної структури. Перехід площ у постійну госпсекцію забезпечує досягнення поступового наближення до очікуваного співвідношення цільового асортименту деревних порід.

Забезпечено стабільне зростання площі госпсекції та розміру лісосіки в межах заданого періоду функціонування системи. За повний обіг рубань постійна госпсекція та господарство збігаються. Реалізація такої моделі сприяє зростанню прибутку, внаслідок постійного збільшення частки ціннішої деревини у загальному обсязі лісозаготівлі.

Література

1. Гірс О.А., Новак Б.І., Кашпор С.М. Лісовпорядкування: Підручник. – К.: Арістей, 2004. – 384 с.
2. Кашпор С.М. Осучаснення моделі розрахунку розміру головного лісокористування// Наук. вісник НАУ. – К.: НАУ. – 1998, вип. 8. – С. 207-213.
3. Комков В.В., Моисеев Н.А. Оптимизация воспроизводства лесных ресурсов. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 246 с.
4. Комков В.В., Моисеев Н.А., Денисенко П.И. Оптимизация размера лесопользования для системы хозяйственных секций// Лесное хозяйство. – 1981, № 9. – С. 11-17.
5. Методика визначення розрахункової лісосіки (№ 105 від 14.09.2000 р.).
6. Моисеев Н.А. Воспроизводство лесных ресурсов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 263 с.
7. Сеницын С.Г. Рациональное лесопользование. – М.: Агропромиздат, 1987. – 333 с.
8. Стёпин В.В., Сеницын С.Г. Лесное хозяйство в системе природопользования. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1978. – 43 с.
9. Швиденко А., Нильсон С., Строчинський А. Прогноз стану українських лісів і лісокористування на наступне сторіччя// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів. – 1995, вип. 3.1. – С. 9-15.
10. Швиденко А.З., Страхов В.В., Нильсон С. К оценке продуктивности лесов России// Лесное хозяйство. – 2000, № 1. – С. 5-9.