

лись на постійному фіксованому рівні, в реальних умовах практично неможливо. Маса деревної зелені та маса гілок крони дерева належать до параметрів, які постійно змінюються не тільки протягом вегетаційного періоду, а й з віком.

Більш статистично стійкі моделі залежності маси деревної зелені та гілок від основних таксаційних ознак дерева можна отримати в логарифмічній системі координат.

Література

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – 5-е изд., доп., – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 550 с.
2. Гончар М.Т. Лесные фитоценозы// Повышение продуктивности и охрана. – Львов: Вища шк., 1983. – 168 с.
3. Горкавий В.К. Статистика. – К.: Вища шк., 1995. – 415 с.
4. Давидов М.В. Оляха. М: Лесная пром – сть, 1979. – 78 с.
5. Иванова В.М., Калинина В.Н., Нешумова Л.А. и др. Математическая статистика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1981. – 371 с.
6. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. – М.: Наука, 1976. – 221 с.
7. Кашпор С.М., Строчинський А.А., Березівський Л.М. Біометрія. Робоча програма, методичні вказівки до лабораторних занять і самостійної роботи студентів. – К.: НАУ, 2002. – 58 с.
8. Лесная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, т. 1., 1986. – 563 с.
9. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии/ Под. Ред. А.З. Швиденко и др. – К.: Урожай, 1987. – 560 с.
10. Сортиментные таблицы для таксации леса на корню/ Отв. за вып. К.Е. Никитин. – К.: Урожай, 1984. – 628 с.
11. Сортиментные таблицы для таксации молодняков и средневозрастных древостоев/ Отв. за вып. А.А. Строчинский. – К.: Изд. УСХА, 1993. – 464 с.
12. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. – К.: Державне видавництво сільськогосподарської літератури, 1958. – 56 с.
13. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. – М.Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 600 с.
14. Українська енциклопедія лісівництва. – Львів: НАН України, т. 1., 1999. – 463 с.
15. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 253 с.
16. Шиманюк А.П. Дендрология. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 264 с.

УДК 630*905.1

Асист. Р.Р. Вицєга¹ – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИБІРКОВОЇ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ГІРСЬКИХ ЛІСІВ

Розглянуто основні аспекти методики проведення інвентаризації гірських лісів вибірковими методами. Наведено методику та результати статистичної інвентаризації лісового фонду Верхньодністровських Бескид.

Assist. R.R. Vytseha – NUFWT of Ukraine, L'viv

Methodical principles of selective inventory in mountain forests

The basic aspects of method of leadthrough of selective inventory of the mountain forests are considered by selective methods. A method and results of the statistical inventory of forest fund of Verkhnednisrovski Beskyd's are presented.

Для забезпечення сталого лісокористування, раціонального й ефективного використання лісових ресурсів необхідні достовірні та повні дані. Їх

¹ Наук. керівник: доц. С.І. Миклуш, канд. с.-г. наук – НЛТУ України.

можна отримати шляхом суцільного вимірювання (як це зроблено у Швейцарії), але це вимагає значних коштів, часу, кваліфікованих працівників. Надійна і репрезентативна інформація стану лісових ресурсів може бути отримана методами вибіркової лісоінвентаризації. Вона ґрунтується на застосуванні математико-статистичних, науково-обґрунтованих методів планування вибірки, де наперед можна встановити необхідну точність і достовірність результатів при певному рівні ймовірності, виходячи з обсягу вибірки, величини та кількості облікових одиниць, витрат тощо, тобто створити модель збору інформації [3, 6, 7].

Більшість лісових держав світу вичерпну інформацію про лісосировинні ресурси отримують шляхом проведення національної інвентаризації лісів (НІЛ) з урахуванням особливостей лісової політики, ролі лісового сектора в економіці країни, економічного стану та геоморфологічного розташування. НІЛ орієнтована, передусім, на швидке отримання об'єктивної та точної оцінки деревних ресурсів. Сьогодні національну лісоінвентаризацію проводять усі країни Європи, за винятком декількох Балканських країн, Білорусі, Молдови, Росії та України.

Базові принципи проведення вибіркової інвентаризації лісів передбачають закладання сітки пробних площадок за певною схемою розташування, яка повинна бути статистично репрезентативною для лісового фонду. Визначення оптимальних параметрів густоти сітки та способу їх розташування є дуже важливим аспектом, адже від кількості закладених пробних площадок залежить рівень точності отриманих результатів та витрати на проведенні польових робіт. З використанням Field-Map Inventory Designer [10] було зроблено модельний розрахунок для сіток з різною величиною растру (крок 0,2 км). Для кожного варіанту вираховано середнє значення, яке характеризує величину вибіркової помилки та стандартне відхилення вибіркової помилки інвентаризації, яке вказує на мінливість результатів при певній величині растру. В основу були закладені розрахунки за запасом, оскільки основним критерієм точності проведення вибіркової інвентаризації виступає, як правило, загальний запас деревостанів. Результати аналізу вказують, що вибіркова помилка зростає пропорційно збільшенню величини растру і при розміщенні пробних площадок 1,2×1,2 км вона буде становити менше 5 % [8]. Щоб забезпечити проведення інвентаризації з більшою точністю потрібно зменшити розмір сітки, що, своєю чергою призведе до збільшення кількості пробних площадок.

Досвід країн, які здійснюють облік лісосировинних ресурсів шляхом проведення вибіркової інвентаризації, вказує на доцільність використання при розробці оптимальної густоти сітки таких показників, як інтенсивність вибірки (I) та репрезентативність площадки (RP). Під останньою варто розуміти площу території, яку характеризує одна пробна площадка. Інтенсивність вибірки вказує на відношення площ закладених пробних ділянок до загальної площі території інвентаризації. Визначення інтенсивності вибірки вимагає встановлення розмірів пробних площадок та їх форми. Спираючись на аналіз літературних джерел, запропоновано використовувати кругові пробні пло-

щадки, як такі, що забезпечують простоту та легкість закладання у натурі. Також важливим показником є розмір пробних площадок. Це питання досліджували вітчизняні та закордонні науковці, однак однозначної думки не було досягнуто і тому це питання є актуальним і сьогодні. За даними багатьох дослідників пробна площадка повинна обліковувати 20-25 дерев, що відповідає розміру пробної площадки, залежно від віку, 100-600 м². Оскільки у лісовому фонді переважають середньовікові насадження, запропоновано використовувати пробні площадки розміром 500 м², (радіус площадки – 12,6 м.).

Методика збору польового матеріалу передбачала віднаходження пробної площадки у натурі, опис загальних характеристик пробної площадки, насадження та деревостану, що забезпечує комплексний підхід до збору інформації. Віднаходження у натурі пробної площадки проводиться з використанням GPS-приймачів, які дають змогу визначити поточні координати за допомогою мережі орбітальних супутників. Центри пробних площадок фіксують (магнітом, металевою пластинкою) або виконують геоприв'язку до характерного об'єкту за межами ділянки (найбільше дерево, камінь, скала) для подальшого віднаходження. Координати центрів кожної площадки заздалегідь вираховуються у камеральних умовах (з урахуванням величини растру, а відповідно – відстані між пунктами). Для цього потрібно мати координати хоча б однієї площадки. Опис ділянки включає: порядковий номер (шифр) ділянки, дату закладання, початок та закінчення польового дослідження, координати центру ділянки та систему координат, висоту н.р.м., проектне покриття (%), наявність природоохоронних об'єктів (мурашник, яр, скелі, розсипи каміння тощо), форма рельєфу, експозиція та кут нахилу схилу, тип ґрунту та його вологість, потужність Ah горизонту, наявність валунів. Для насадження вказують тип насадження, зімкнутість крон намету, наявність підросту, підліску та їх кількість. Для характеристики деревостану вимірюють на кожній пробній площадці відстань (горизонтальну проекцію) до стовбура дерева. Якщо дерево входить у межі ділянки, йому присвоюють порядковий номер (починаючи з одиниці на кожній пробній площадці), який наносять на стовбур крейдою або прикріплюють заздалегідь підготовлений номерний шаблон. Для кожного облікованого дерева визначають вид деревної породи, вік, походження, вертикальну приналежність, категорію технічної придатності, сучкуватість, вид та ступінь наявних пошкоджень, ступінь дефоліації, екологічну цінність, вимірюють діаметр (периметр стовбура) на висоті грудей, загальну висоту та висоту початку крони.

При виконанні лісоінвентаризаційних робіт використовують сучасні високоточні прилади та програмні засоби, призначені для збору, зберігання та опрацювання інформації у різних форматах даних. Зокрема, для віднаходження центрів площадок використовують *GPS-приймачі* типу "*Magelan Meridian*", "*Trimble*" або інші модифікації, принцип роботи яких такий самий, але вони відрізняються розмірами, формою та точністю взяття координат. Діаметр стовбура дерева вимірюють електронною мірною вилкою типу "*Mantax*" або "*Mantax DigiTech*", периметр стовбура – спеціалізованою металічною рулеткою. Відстань від центра площадки до стовбура вимірюють лазерним

далекоміром "DME-201" або "Vertex-III", які автоматично переводять її у горизонтальну проекцію, що є дуже важливим у гірських умовах. Вік визначають за допомогою приростного або вікового бурава, а висоту вимірюють лазерними висотомірами "Vertex-III" або "TruPulse" [2]. Сьогодні широко використовують новітні технології лісівничо-таксаційних вимірювань, які об'єднують в один процес збір атрибутивної та картографічної інформації про лісові об'єкти й формують базу даних і автоматизують виконання вимірювань. Зокрема, для цього може бути використана польова ГІС Field-Mar [10]. Польові дослідження проводить бригада у складі двох осіб, які повинні бути підготовлені фахово і володіти навиками користування сучасними приладами та інструментами.

Методика камерального опрацювання передбачала отримання зведених даних за запасом та площею вкритих лісом земель.

Площу будь-якої категорії земель лісового фонду визначаємо за кількістю площадок певної категорії та за репрезентативністю площадки у загальній вибірці:

$$S_i = \frac{S}{N} \cdot n_i \text{ або } S_i = S \cdot \frac{n_i}{N} = S \cdot T_i, \quad (1)$$

де: S – загальна площа інвентаризації, га; S_i – площа певної категорії земель лісового фонду, га; N – загальна кількість пробних площадок, шт.; n_i – кількість площадок певної категорії земель лісового фонду, шт.; T_i – частка площадок, яка характеризує певну категорію земель лісового фонду.

Відношення n_i / N характеризує частку площадок, яка припадає на будь-яку категорію земель або на частку площі категорії у загальній площі об'єкта, що визначена за вибірковою сукупністю.

Для достовірного визначення загальної площі використовуються супутникові знімки (Landsat, IRS, Quick Bird). Важливим показником вибіркової інвентаризації є запас насаджень, як загальний на площі, так і середній на 1 га. Даний показник тісно корелює з об'ємом стовбура, який розраховуємо з використанням таблиць за двома входами або за допомогою алометричної функції:

$$V = a \cdot d_{1.3}^b \cdot H^c, \quad (2)$$

де: V – об'єм стовбура, м³; $d_{1.3}$ – таксаційний діаметр (на висоті 1,3 м), см; H – загальна висота дерева, м; a , b , c – параметри функції.

На підставі аналізу модельних дерев розраховують параметри функції для кожної породи. Для визначення об'єму стовбурів потрібно оперувати показником висоти стовбура.

Загальний запас визначається за формулою:

$$V = \frac{S}{n \cdot s} \cdot \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3)$$

де: V – загальний запас досліджуваної території, м³; S – загальна площа території досліджень, га; s – площа пробної площадки, га; n – кількість площадок, шт.; V_i – запас i -ої площадки, м³.

Статистичні показники, які застосовуються для оцінки основних параметрів окремих однорідних сукупностей деревостанів та їх похибок, обчислюють за прийнятими у лісовій таксації та біометрії формулами [6, 7].

Для зберігання, групування та опрацювання отриманого польового матеріалу використовують сучасне програмне забезпечення. Опрацювання зображень здійснюють за допомогою пакету програм компанії *ESRI: ERDAS Imagine, ARC/View*. Розрахунок основних показників здійснюють з використанням стандартних офісних програм: *Microsoft Office 2003 (Excel, Access)* або сучасного спеціалізованого програмного забезпечення, яке розроблене провідними лісовими державами. Основні статистики розраховують з використанням програмного пакету *Statistika v 6* [3].

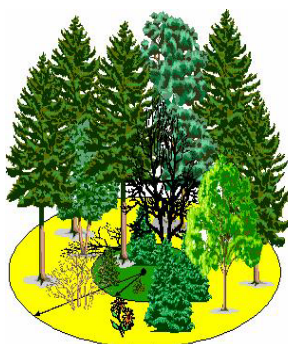
Однак для використання результатів вибіркової інвентаризації на регіональному або національному рівні потрібно розробити комплекс програм, який повинен забезпечувати автоматизоване вирішення статистичного обґрунтування вибіркової лісоінвентаризації на основі функції згоди мінімальних витрат і максимальної точності лісоінвентаризаційних робіт, ідентифікацію і верифікацію математичних моделей росту дерев і деревостанів, використання оптимальних схем вибірки при лісоінвентаризації (систематична, випадкова, стратифікована), формування вихідних форм (згідно прийнятих стандартних облікових форм або ж, при потребі, довільних форм за запитом користувача), закріпивши їх відповідною нормативно-правовою документацією [1]. Для зберігання та обміну даними варто використовувати СУБД відкритого формату типу SQL-server. Тоді вихідна інформація може бути представлена у вигляді стандартних форм державного обліку лісових ресурсів з зазначенням основних лісотаксаційних показників деревостанів у розрізі порід, класів віку, типів лісу, класів бонітету, груп повноти, сортиментної структури, з можливістю оцінки якості лісових культур, природного відновлення, розміру та якості проведених господарських заходів, приросту лісів тощо.

Згідно з запропонованою методикою проведено вибірку інвентаризацію лісового фонду Верхньодністровських Бескид. Охоплено територію площею 21288 га. З урахуванням лісистості та рельєфу території утворено мережу пунктів досліджень з величиною растру сітки 1,2×0,4 км. Для дослідження закладено 471 кругову реласкопічну пробну площадку, загальний вигляд якої та її горизонтальну проекцію зображено на рис. 1. Параметри підплощадок та розміри облікованих на ній дерев наведено у табл. 1.

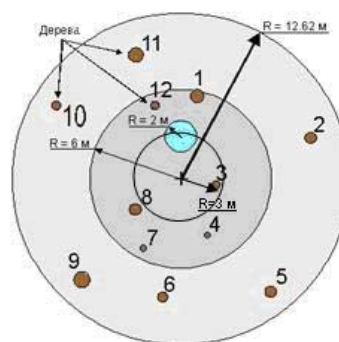
Табл. 1. Параметри підплощадок РКПП

Радіус кола, м	Площа кола, м ²	Діаметр вимірюваних дерев, см
до 3,0	28,2	більше 7 см.
до 6,0	113,0	більше 12 см.
до 12,6	500,0	більше 30 см.

Збір польового матеріалу проводили з використанням сучасного інструментального забезпечення: GPS-приймач "Magelan", лазерний далекомір-висотомір "Vertex-III", приростний бурав "Cortex" [2]. Методика камерального опрацювання передбачала отримання зведених даних за запасом та площею вкритих лісом земель.



а) загальний вигляд РКПП



б) горизонтальна проекція РКПП

Рис. 1. Реласкопічна кругова пробна площа (РКПП)

Площу вкритих лісом земель визначали з використанням супутникового знімку Landsat-7 ETM+, який охоплює територію інвентаризації, шляхом виділення, так званої, "лісової маски" [5,9]. За результатами експертної класифікації отримали "лісову маску" (рис. 2) і визначили площу вкритих лісом земель, яка становить 8 070,1 га.

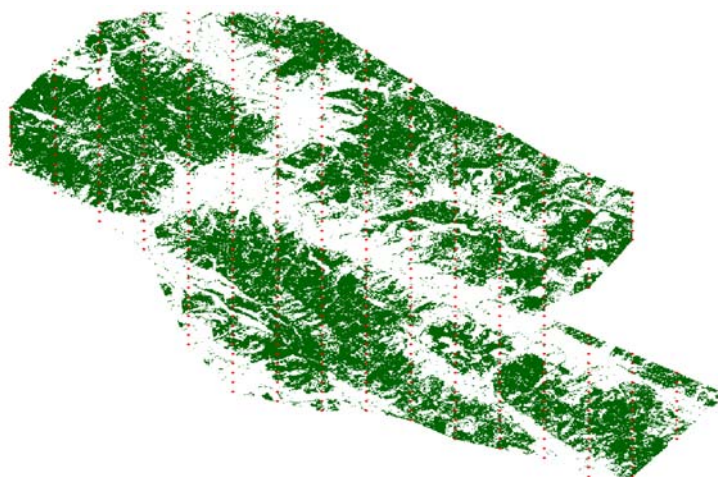


Рис. 2. "Лісова маска" території досліджень

Об'єм стовбурів ялини розраховано через функцію твірної, яку запропонували Т. Riemer, К. Gadow [4]:

$$V(h_1, h_2) = F(h_2) - F(h_1), \text{ де } F(h) = \int f(h)dh, \quad (4)$$

де: h_1, h_2 – фіксовані висоти стовбура.

На підставі аналізу модельних дерев були розраховані параметри моделі для ялини. Розрахунок об'єму стовбурів інших деревних порід здійснюємо з використанням таблиць за двома входами. Оскільки згідно з методикою у польових умовах проводили замір висот трьох середніх за діаметром дерев, то висоту дерев, які не були виміряні на пробній площадці, вираховуємо за допомогою математичної функції. Для порівняння були використані різні функції: лінійні, степеневі, логарифмічні, поліноми різних порядків, Михайлова. Однак найкращі результати одержані за функцією Чапмана-Річардса (Chapman-Richards). Функція має такий вигляд:

$$H = 1.3 + a \cdot \left(1 - e^{-(b \cdot D)^{\frac{1}{c}}} \right), \quad (5)$$

де: H – загальна висота стовбура, м; D – діаметр на висоті 1,3, м; a, b, c – коефіцієнти функції.

Коефіцієнти функції розраховані як для всіх порід разом, так і для переважаючих порід зокрема на кожній пробній площадці.

Розрахунок основних показників здійснено з використанням програмного забезпечення Field-Map Inventory Analyst та Field-Map Data Collector ("використовувалась технологія Field-Map (IFER-Monitoring and Mapping Solutions. S.r.o., www.field-mapping.com), надана НЛТУ України у 2006 р. у рамках програми міжнародного співробітництва Чеської Республіки – проект ТехІнЛіс")[10]. За результатами математичного опрацювання отримали розподіл запасу, площ та кількості стовбурів у розрізі вікової структури (за класами віку та групами віку), ступеней товщини та висоти, санітарного стану (дефоліації, шкідників та хвороб), екологічної цінності як для усіх порід разом, так і для переважаючих порід зокрема з точністю у межах до 4,14-4,59 %. Результати досліджень доповнюють характеристики насаджень лісового фонду і можуть бути використані при проектуванні лісогосподарських та лісовпорядкувальних робіт з метою раціонального використання лісових ресурсів.

Сьогодні проекти зі створення систем національної інвентаризації лісових ресурсів зі застосуванням вибірових методів широко впроваджуються у різних країнах за підтримки Організації з продовольства і сільського господарства ООН.

Сучасна система обліку лісового фонду поступово змінюється у напрямку широкого використання статистичних методів дослідження і створення системи інформаційного забезпечення управління лісами, яка базується на основі об'єднання лісовпорядкування, інвентаризації та моніторингу лісів. Комплексний підхід проведення обліку та оцінки лісосировинних ресурсів дасть змогу отримати цілу низку важливих еколого-економічних показників, які можуть бути використані для управління лісами на засадах сталого розвитку.

Література

1. Букша І.Ф. Держкомлісгосп запроваджує сучасні інформаційні технології в лісовому господарстві. – Доступний з: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=59086064&cat_id=33355500.
2. Горошко М.П., Миклуш С.І., Король М.М., Вицега Р.Р. Сучасні засоби виміральної інвентаризації// Наук. вісник НЛТУУ: Символ дерева у світовій культурі та художній творчості. – Львів: НЛТУУ. – 2006, вип. 16.4 – С. 192-200.
3. Миклуш С.І, Вицега Р.Р., Черни М. Статистична інвентаризація насаджень Верхньодністровських і Сколівських Бескид// Лісівництво і агролісомеліорація. 2006, вип. 109. – Х.: 2006. – С. 117-126.
4. Миклуш С.І, Вицега Р.Р., Черни М. Залежність збігу стовбура від його біометричних показників// Наук. вісник НАУ/ Лісівництво. Декоративне садівництво/ Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К.: НАУ, 2006, вип. 103. – С. 178-185.
5. Миклуш С.І., Гаврилюк С.А. Виділення "лісової маски" для Західного Лісостепу України/ Лісівництво і агролісомеліорація. 2006, вип. 110. – Х.: 2006. – С. 60-66.
6. Митропольский А.К. Элементы математической статистики. – М.: Изд-во Управления печати Ленгорисполкома, 1969. – 272 с.
7. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методика и техника обработки лесоводственной информации. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
8. Черны М., Вопенка П., Левкивский Н.П., Букша И.Ф. Определение густоты сети пробных площадок национальной инвентаризации лесов Украины// Наук. вісник НАУ/ Лісівництво. Декоративне садівництво/ Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К.: НАУ, 2006, вип. 103. – С. 163-172.
9. Nasa. Landsat 7 Science Data Users Handbook. – Доступний з: http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter2/.html.
10. Field Map. – Доступний з: <http://www.ifer.cz>.