

DOI: 10.32347/2786-7269.2022.2.115-131

УДК 528.77+528.931.3:528.935

к.т.н., доцент **Гуцул Т.В.**,

t.gutsul@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7192-3289,

к.с-г.н. **Мирончук К.В.**,

k.myronchuk@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5462-6226,

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ПРОБЛЕМНІ МОМЕНТИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВОСТАНІВ ПІД ЧАС ДЕШИФРУВАННЯ

Актуальність змісту топографічних карт різних масштабів тривалий час залишалася катастрофічною та невідповідною стану місцевості по всій території України. Відображення елементів рослинного покриву є невід'ємною складовою змісту топографічної карти будь-якої місцевості. Нещодавно анонсований проект «Зелена країна», ініціативи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України щодо державної стратегії управління лісами до 2035 р. мали на меті зростання частки заліснених площ по всій території країни, і навіть одержали певні позитивні результати в північно-західних та західних областях країни. Наразі, суттєві катастрофічні зміни (механічні пошкодження, лісові пожежі) відбуваються з деревостанами у місцях ведення бойових дій на півдні та сході України.

Переважає частина топографічних карт створюється та оновлюється шляхом фототопографічного знімання та подальшого дешифрування одержаних матеріалів. Кількісні характеристики об'єктів деревних насаджень визначають шляхом картометричних вимірювань та кореляційних співвідношень.

Лісорослинні умови для однакових деревостанів можуть відрізнятися, і як наслідок висота одних і тих же порід дерев залежно від умов зростання, що безпосередньо впливає на визначення класу бонітету може різнитися в декілька разів. Діаметр дерев на висоті грудей (1,3 м) визначають через кореляційну залежність середньої висоти дерева, віку та товщини його стовбура. Основні вимоги щодо зображення рослинного покриву на топографічних картах стосуються правильного та наочного відображення видів рослинного покриву, їх меж, кількісних та якісних характеристик.

Авторами проаналізовано основні породи деревної рослинності, вікові зміни їх висоти залежно від класів бонітету, встановлено кореляційну залежність між віком, середньою висотою та середньою товщиною стовбурів деревних рослин, а також інтерпольовано через зручні діапазони середні значення діаметрів стовбурів. Такі уточнення підвищують достовірність

зображеної інформації, зокрема в аспекті кількісної інформації по деревостанах.

Ключові слова: вимірювання; деревостій; дешифрування; дистанційне зондування; картографування; рослинність.

Постановка проблеми. На практиці топографічне картографування великих об'єктів здійснюють методом фототопографічного знімання за матеріалами аеро- і космознімання. При цьому, враховуються технічні вимоги до створення топокарт і планів. У виняткових випадках застосовують інші методи, які є дороговартіснішими [1]. Елементи деревного покриву на топографічних картах супроводжуються зображенням контуру рослинності, переважаючого виду та характеристиками деревостану в метрах (середньою висотою деревостою, товщиною стовбурів та середньою відстанню між деревами) [2, 3].

Рослинний покрив на знімках розпізнають за прямими дешифрувальними ознаками. Вони слугують індикатором для дешифрування інших компонентів ландшафту. Форма, колір, тіні та тон дозволяють встановити межі контурів деревної рослинності та їх породний (видовий) склад, а розмір об'єкта на знімку (довжина тіні) – висоту деревного покриву (лісонасаджень) та похідні від неї характеристики товщини стовбурів і середньої відстані між деревами. Елементи рослинного покриву – динамічний об'єкт природного світу, а тому й дешифрувальні ознаки лісів змінюються залежно від віку деревостану та фенологічної фази.

Ріст деревних рослин у висоту до кінця не вивчено. У наших деревних рослин спостерігається явно виражений ритм росту стовбурів у висоту, який залежить від особливостей виду та зовнішніх умов. Існує закон великого періоду росту, а, крім нього, величина річних приростів може коливатись з урахуванням погодних умов (температура, опади) [5].

Ріст окремих порід деревних насаджень, внаслідок їх біологічних особливостей неоднаковий. На величину окремого дерева крім означених особливостей впливає його походження, вік, повнота, лісорослинні умови, санітарний стан насаджень та ін. Тому, з метою мінімізації ймовірних діапазонів помилок під час визначення кількісних характеристик деревостанів необхідно враховувати вік, що дає можливість визначити дані бонітету.

Бонітет – це показник якості лісорослинних умов, що відображає потенційно можливу для цих умов продуктивність деревостанів визначеного деревного виду, віку і висоти [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 16 вересня 2022 р. Державне агентство лісових ресурсів України повідомило про проведення робіт із дешифрування космічних знімків території України для встановлення точної площі лісів [7].

Вже віддешифровано «маски лісів» 16 найбільш лісистих областей – 35 млн. га або 59% території України (північ, захід, центральна частина). Значення площі вкритих лісовою рослинністю ділянок виявилось більшим за офіційні дані 2010 р. приблизно на 20%. Залежно від регіону перевищення даних коливається від 12% до 28%. В цю різницю входять самосійні ліси за межами лісового фонду, лісосмуги, зелені насадження, захисні насадження. За результатами робіт, крім дійсних площ можна буде встановити їх категорію, право власності та ін.

В 1921 р. аерозйомка в США була використана для обліку лісових ресурсів шляхом дешифрування одержаних матеріалів. В перші роки за знімками визначали лише лісовкриті площі, а згодом і детальні свідчення про породи деревини та її запаси [8].

Аерофотознімання лісу проводиться частинами, в різні дні при неоднаковій освітленості, і як наслідок часто одержуються не порівнювані дані. Окрім того, різномасштабність, що спричиняється відхиленням оптичної вісі фотоапарата внаслідок зміни висот фотографування під час зальотів, призводить до обмеження корисної площі і значно збільшує вартість проведення таких робіт.

У наш час стрімко зростає застосування у аерозніманні безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Це зумовлено багатьма причинами і передусім собівартістю аерознімання, яка на декілька порядків менша від застосування пілотованих літаків [9]. Однак, на нашу думку, застосування як правило виправдане для детального знімання невеликих за площею об'єктів.

Огляд з космосу позбавлений цього недоліку, незважаючи на високу вартість даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), попри їх значну роздільну здатність, висота рослинного покриву, як і у випадку з матеріалами аерознімань, одержується шляхом дешифрування тіні.

Зображення тіні від об'єктів місцевості належить до суперечливих дешифрувальних ознак. Найчастіше за довжинами тіней дешифруються висотні характеристики об'єктів (в тому числі рослинності), а за її формою роблять висновок про силует. Довжина тіні залежить від розташування об'єкта на схилі та орієнтації до напрямку сонячних променів: на схилі гори, повернутому до сонця, довжина тіні об'єкта менша, ніж аналогічного об'єкта, розташованого на вершині або на протилежному схилі гори.

З метою визначення лісотаксаційних характеристик починає застосовуватися повітряне лазерне сканування (ПЛС). Завдяки ПЛС можливе одержання точної цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та цифрової моделі поверхні (ЦММ) лісового покриву, на основі порівняння котрих можна з достатньо високою точністю визначати висоти дерев, їх місцезнаходження, діаметри крон та особливості видового складу.

Однак, встановлено що для ефективного знаходження дерев та визначення їх кількості варто застосовувати RPC-моделі аналогічні до видового складу території на якій проводиться зйомка. При цьому щільність точок лазерного відбивання повинно бути на рівні не меншому за 50 точок/м², а дисперсія їх положення відносно RPC-моделі дорівнювати нулю [10].

Відомості про розробку багатоцільових лідарів з дифракційними оптичними елементами, пов'язаними з технологією лазерно-локаційного знімання поверхні Землі відносяться до останніх 5-7 років [11]. Одержані такими повітряними сканерами дані містять повну просторово-геометричну інформацію щодо рельєфу місцевості, рослинності, гідрографії та розташування всіх земних об'єктів, що потрапляють в смугу зйомки. Наразі NASA здійснює проект створення глобальної топографічної карти поверхні Землі Lidar Surface Topography (LIST). В рамках проекту розроблена концепція багатоцільового дифракційного лідара, котрий повинен забезпечити знімання смуги шириною 5 км на поверхні Землі з розрізненням 5 м (розмір пікселя) з висоти польоту 400-425 км [12].

Принципово інший спосіб виявлення кількісних характеристик лісових ресурсів можливий з використанням методів радіолокації. В листопаді 1981 р., детальну зйомку з борту шаттла виконано в рамках польоту STS-2 та детально відзнято близько 30% суші. Якість даних, порівняно невисока вартість та відносна оперативність їх одержання разом з потребою охоплення більшої частини території обумовили появу проекту SRTM в 1995 р. В результаті цієї місії побудовано високоточну ЦММ для 80% земної суші з роздільною здатністю 30 метрів.

Дані SRTM існують в кількох версіях та постійно проходять додаткові обробки (виділення берегових ліній та водних об'єктів, фільтрацію помилкових значень і т. ін.). Наразі найактуальніша версія 4 (вересень 2014) [13].

Дослідження щодо визначення можливості отримання оцінок висоти рослинного покриву за даними SRTM описано в [14] для територій Айови та Північної Дакоти. В ньому, одержано абсолютні похибки в 4,0 м та 1,1 м відповідно, а також шляхом лінійної регресії за усередненням 50 зразків зменшено діапазони відносної вертикальної похибки внаслідок фазового шуму з 13 м до 4 м для Айови та з 7 до 3 м для Північної Дакоти.

Оцінку точності ЦМР досліджуваної території створеної за джерелами глобальних висотних даних ASTER GDEM та SRTM відносно топографічних карт різних масштабів та умов рельєфу авторами проведено раніше, та одержано розходження висотних відміток топографічних карт на рівні від ± 7 м для рівнинної території до майже ± 12 м для гірської. При цьому, лісовкриті ділянки не розглядалися [15].

Вимірювання середніх діаметрів для різних порід проведено для сосни звичайної, дуба звичайного, ялини європейської, берези, акації білої, ясену та граба звичайного – С.М. Кашпор, А.А. Строчинський; бука лісового – М.В. Давідовим, С.М. Кашпор, А.А. Строчинський; вільхи чорної – Г.О. Порицьким, С.М. Кашпор, А.А. Строчинський [5,6].

Формулювання задачі дослідження. Встановити вплив показників лісорослинних умов (бонітету, віку і висоти деревостанів) на зміну кількісних характеристик, які застосовуються в топографічному картографуванні.

Актуальність і новизна. Один із ключових напрямів розвитку сфери топографо-геодезичної і картографічної діяльності полягає у формуванні та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних, а саме: створенні, оновленні, обробленні, зберіганні, використанні широким колом користувачів картографічної продукції (в першу чергу базової державної топографічної карти масштабу 1:10 000).

Абсолютна більшість державних топографічних карт всіх масштабів катастрофічно застаріла, не відповідає сучасному стану місцевості та потребує термінового оновлення. Зокрема, 98,4% творів відображають інформацію більш як 10-річної давності, а 70,3% карт показують стан місцевості більш як 20-річної давності. Зауважимо, що згідно п. 28 Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [16], періодичність оновлення державних топографічних карт становить не більше 5 років.

Нормативно визначена в Основних положеннях [1] періодичність оновлення топографічних карт залежать від багатьох факторів та має певну неузгодженість, адже об'єкти деревного покриву так чи інакше будуть наявні на кожному типі місцевості (промислово-розвинуті та густонаселені території – 5-7 років; сільськогосподарські середньо населені території – 8-10 років; гірські, лісові і степові малонаселені території – 10-15 років).

Згідно різних експертних оцінок, від 20 до 30% території України зазнали наслідків війни – це мінування, лісові пожежі внаслідок загорянь після обстрілів, різного роду забруднення тощо. Дискусійною залишається абсолютна площа вигорілих лісів внаслідок бойових дій, котра в десятки разів більша, ніж за аналогічний довоєнний період [17].

У червні 2021 р. підписано указ про реалізацію в Україні проекту «Зелена країна» для збільшення площі під лісами. Мета – за 10 років збільшити площу під лісами на 1 млн. га. Протягом найближчих трьох років очікувалося висадження 1 млрд. дерев. Станом на 3 грудня 2021 р. рівень виконання проекту склав 6%. Області-лідери із заліснення – Житомирська (14,26 млн. дерев), Волинська (5,03 млн.), Київська (4,84 млн.), Запорізька (4,28 млн.), Луганська (3,52 млн.) та Львівська (3,48 млн.). Найменше дерев висаджено в Одеській та Миколаївській областях – 252 тис. та 264 тис. відповідно [18].

Забезпечення невиснажливого лісокористування потребує постійного аналізу кількісних та якісних показників лісових ресурсів [19]. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України підготувало проект державної стратегії управління лісами України до 2035 р., де переглянуло застарілі підходи до ведення лісового господарства, які в умовах зміни клімату потребують невідкладних змін. Очікується, що у результаті реалізації стратегії до 2035 р. Україна матиме: лісистість території країни до 18% [20].

Всі ці заходи потребуватимуть пошуку нових прийомів роботи при дешифруванні об'єктів рослинного покриву, спрямованих на правильне та наочне відображення різних видів рослинного покриву, їх кількісних та якісних характеристик для карт відповідного масштабу згідно [1].

Мета і методи досліджень. Застосовувані методи базувалися на систематизації та ототожненні чинного нормативно-правового забезпечення та сучасних досліджень за предметною областю. Шляхом системного підходу розглядалися традиційні прийоми встановлення кількісних характеристик деревостанів за матеріалами аеро- і космознімання. Їх особливості детальніше розкрито далі.

При дешифруванні використовують загальні методи і прийоми, керуються еталонами і зразками дешифрування.

Основні дешифрувальні ознаки для визначення порід лісу на знімках: структура зображення, розмір зернистості, характер рисунку зернистості та загальний тон (колір) зображення та диференціації тональності проекції крон дерев і проміжків між ними; стереометричні дані деревостанів (висота, діаметр стовбурів на висоті 1,3 м, щільності лісу, зімкнутості крон). Хвойні ліси на чорно-білих знімках (порівняно з листяними) характеризує зерниста структура зображення та темніший тон. Форма проекції крон може бути використана під час визначення породного складу лісу (у ялини та ялиці гостріша крона, ніж у сосни).

Листяні ліси зображуються світлішим тоном і менш чіткою зернистістю рисунку, так як крони сусідніх дерев часто переплітаються між собою. Крони листяних дерев мають яйцевидну форму. Березові ліси дають рівномірну, чітку,

середньозернисту структуру з однаковими за величиною проєкціями крон, котра майже не відрізняється від проміжків між ними. Осикові ліси мають куртинну зернисту структуру з однаковими за величиною світло-сірими проєкціями крон та сірими проміжками між ними. Дубові ліси дешифруються по бугристій крупнозернистій структурі зображення, котра складається із світло-сірих проєкцій крон та малих сірих проміжків між ними.

Мішані ліси характеризує неоднорідна структура, що пояснюється різною формою та величиною проєкції крон, нерівномірного розподілу крон в проєкції та різнотональністю (плямистістю) зернистої структури.

Висоту дерев визначають за формулою (1):

$$h = H/b \Delta p, \quad (1)$$

де Δp – різниця поздовжніх паралаксів двох точок в мм, одержаних як різниця абсцис цих точок (точки основи об'єкту та точки вершини об'єкту на суміжних стереоскопічних зображеннях); H – висота польоту в метрах, одержана з формуляру аерознімання; b – базис фотографування, вимірний по знімках в міліметрах, як середня відстань між їх центральними точками.

Діаметр дерев на висоті грудей (1,3 м) визначають на основі кореляційної залежності між середньою висотою дерев та віком при певних умовах зростання.

Середню відстань між деревами визначають шляхом підрахунку крон на прямих лініях, проведених по контуру лісу в різних напрямках. Розділивши довжину прямої (в м) на кількість крон, одержують середню відстань між деревами. Середні значення відстаней, одержаних за всіма напрямками і будуть середніми відстанями між деревами на даній ділянці лісу.

В результаті аналізу традиційних методів і прийомів дешифрування об'єктів рослинного покриву було сформульовано гіпотезу про вплив різноманітності бонітету деревостанів на їхні кількісні характеристики, які застосовуються в топографічному картографуванні.

Доведення гіпотези стало метою дослідження і розпочалося із аналізу графіків висот насінневих і порослевих насаджень за класами бонітету (за автором [5,6]).

Аналізувалися вимірювання середньої товщини дерев (см) на висоті 1,3 м залежно від виду (породи) дерев та їх бонітету проведеного рядом вчених. Було виявлено сильний кореляційний рівень зв'язку і лінійну залежність між висотами та середніми діаметрами стовбурів по всіх видах порід (значення $r > 0,99$).

Емпіричні дані вимірювань середньої товщини стовбурів для різних порід дерев у зв'язку з виявленою лінійною залежністю інтерполювалися на зручні діапазони.

Результати та їх обґрунтування. Державне агентство лісових ресурсів провело останній облік лісів в 2011 р., і зазначило, що вони становлять 15,9% від загальної території країни (площа лісового фонду – 10,4 млн. га, із яких вкриті лісовою рослинністю – 9,6 млн. га території). Землі лісового фонду – друга за площею категорія земель в Україні. Динаміка площ лісових земель засвідчує, що вони зросли на 21% протягом останніх 50 років, і держава має подальші плани щодо їх збільшення.

Ліси України сформовано понад 30 видами деревних порід, домінуючі серед них показано на рис. 1.

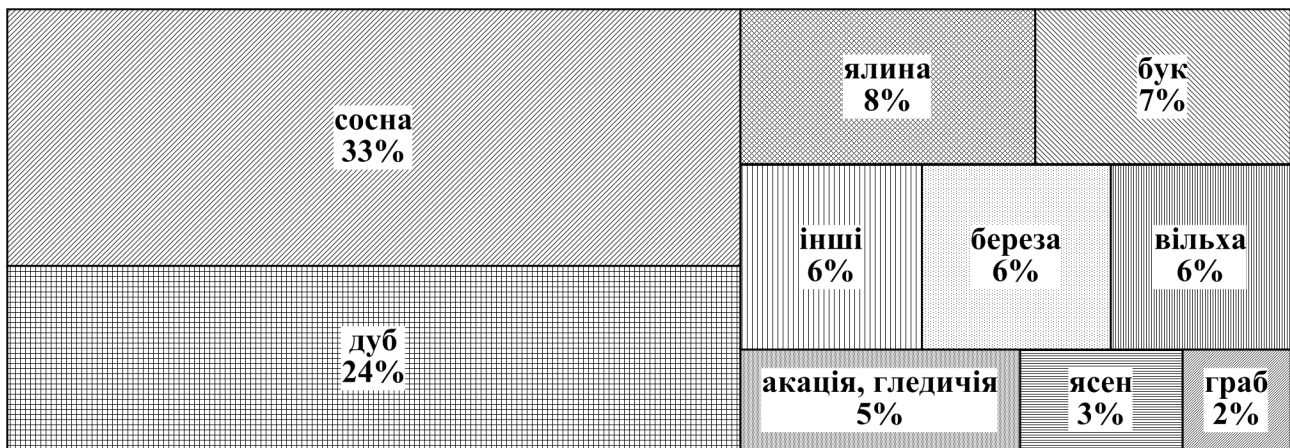


Рис. 1. Розподіл площі лісів України за переважаючими деревними площами.

Лісові деревостани класифікують на топографічних картах за складом та метричними характеристиками [2,3].

За складом насадження поділяють на листяні та хвойні, яким присвоєні самостійні групові знаки і змішані деревостани, які зображують комбінуванням цих знаків; їх розміщують залежно від переважання відповідних груп порід на місцевості. Для подальшого поділу змішаних деревостанів введені пояснювальні підписи, які наводять ліворуч від графічного зображення без скорочення. Якщо деревостої за складом однорідний на 80% і більше – вказують одну назву породи, в усіх інших випадках – дві. Назву домінуючої в контурі породи розміщують у верхньому ряду підпису. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах [21] містить 9 порід хвойної (кедр, кипарис, модрина, секвоя, сосна, тис, туя, ялина, ялиця) та 18 порід листяної (бук, в'яз, верба, вільха, горіх, граб, дуб, евкаліпт, в'яз, берест, каштан, клен, липа, осика, пальма, тополя, ясен) рослинності.

Метричні показники деревостану на топографічних творах характеризують його верхній ярус за середньою висотою, товщиною стовбурів (на рівні грудей людини) та за відстанню між деревами. Для малих та вузьких контурів, як виняток, допускається тільки підпис висоти деревостою. В населених пунктах цей скорочений підпис дають тільки при наявності на плані вільного місця.

Характеристики складу та метричні дані деревостану у великих контурах потрібно наводити з розрахунку один-два комплексні показники на кожен 1дм² плану; при цьому повинні враховуватися зміни в обліку деревостою. Якщо ці зміни трапляються дуже часто та супроводжуються дрібноконтурністю ділянок, то допускається розміщення показників деревостою з виходом за межу контуру або поряд з ним.

Бонітування насаджень здійснюється за шкалою класів бонітету, що позначаються римськими цифрами (*I^b, I^a, I, II, III, IV, V, V^a*) у зростаючому порядку (рис. 2). Початково розрізняли 5 класів бонітету: до I класу належали найпродуктивніші насадження, які росли у висоту найшвидше; до V – найменш продуктивні. З ширшим упровадженням в ліси України іноземних порід (інтродуцентів, таких, як дугласія, акація біла, гібридні модрини і тополі, та ін.), довелося додати класи бонітету, вищі за I – I^a, I^b, і навіть I^c. Для деревостанів у дуже несприятливих умовах (болота, солонці, шахтні відвали, та ін.) додали V^a і V^b бонітети.

Для визначення класу бонітету насінневих і порослевих насаджень встановлені окремі таблиці, оскільки інтенсивність їхнього росту не є однаковою (насінневі в ранньому віці ростуть повільніше).

Як видно з рис. 2 висота одних і тих же порід при однаковому віці залежно від класу бонітету може різнитися у декілька разів. Бонітет лісу залежить від глибини ґрунту, його вологості та родючості, котрі в гірських умовах Карпат і Криму тісно пов'язані з крутизною схилу. При цьому, визначення бонітету лише за одним знімком не можливо.

Між біометричними параметрами дерев (висотою та діаметром) існує сильний кореляційний зв'язок. Нами використано результати вимірювань значень віку дерев (роки), середньої висоти (м) та середнього діаметру (см) відповідно певного бонітету [5, 6]. Проведено інтерполяцію по основним деревним породам. Визначено проміжні значення середнього діаметру стовбура (на висоті 1,3 м) у сантиметрах різних порід у різних лісорослинних умовах (бонітет). Початок діапазону середніх висот обумовлено вимогами [1].

Із даних на рис. 3, видно збільшення середнього діаметру та висоти відносно бонітету в однаковому віці. Спостерігається тенденція збільшення середнього діаметру та середньої висоти дерев із покращенням лісорослинних умов зростання. Максимальними показниками характеризуються основні

лісотвірні породи, такі як: сосна звичайна – середній діаметр для I^a бонітету у віці 100 років становить 39 см; дуб звичайний – 46 см; ялина європейська – 35 см; бук лісовий – 34 см відповідно. Найбільша середня висота спостерігається у дуба звичайного I^a бонітету. Також потрібно відзначити, що дуб звичайний має більші біометричні показники відносно інших порід.

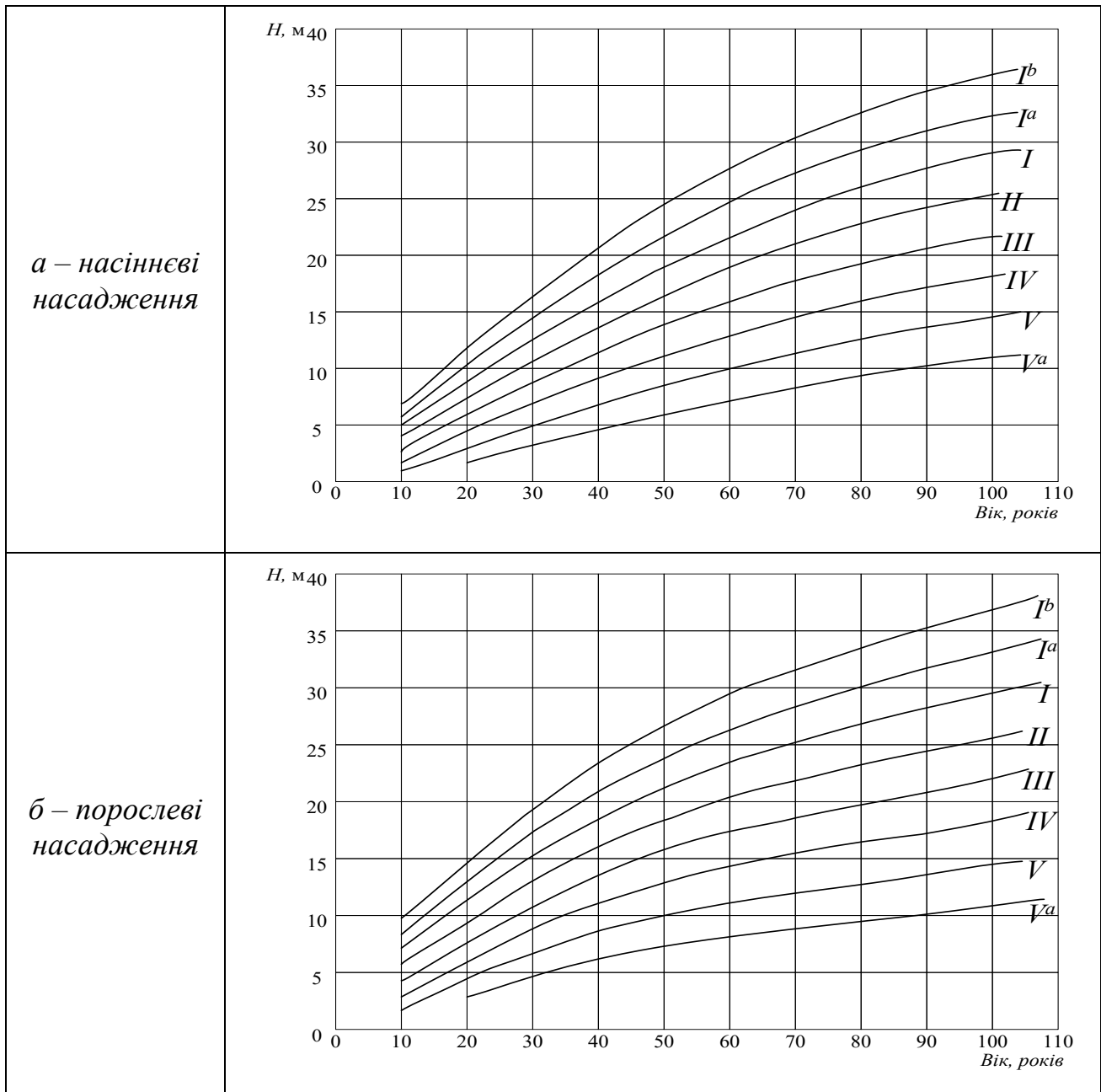


Рис. 2. Висоти насаджень за класами бонітету [6]

Мінімальні біометричні показники з усіх наведених порід у III-V бонітетах. Так, середній діаметр сосни звичайної у 100-річному віці в V бонітеті – 15 см. Відповідно для дуба звичайного IV бонітету у віці 100 років мінімальний середній діаметр – 24 см.

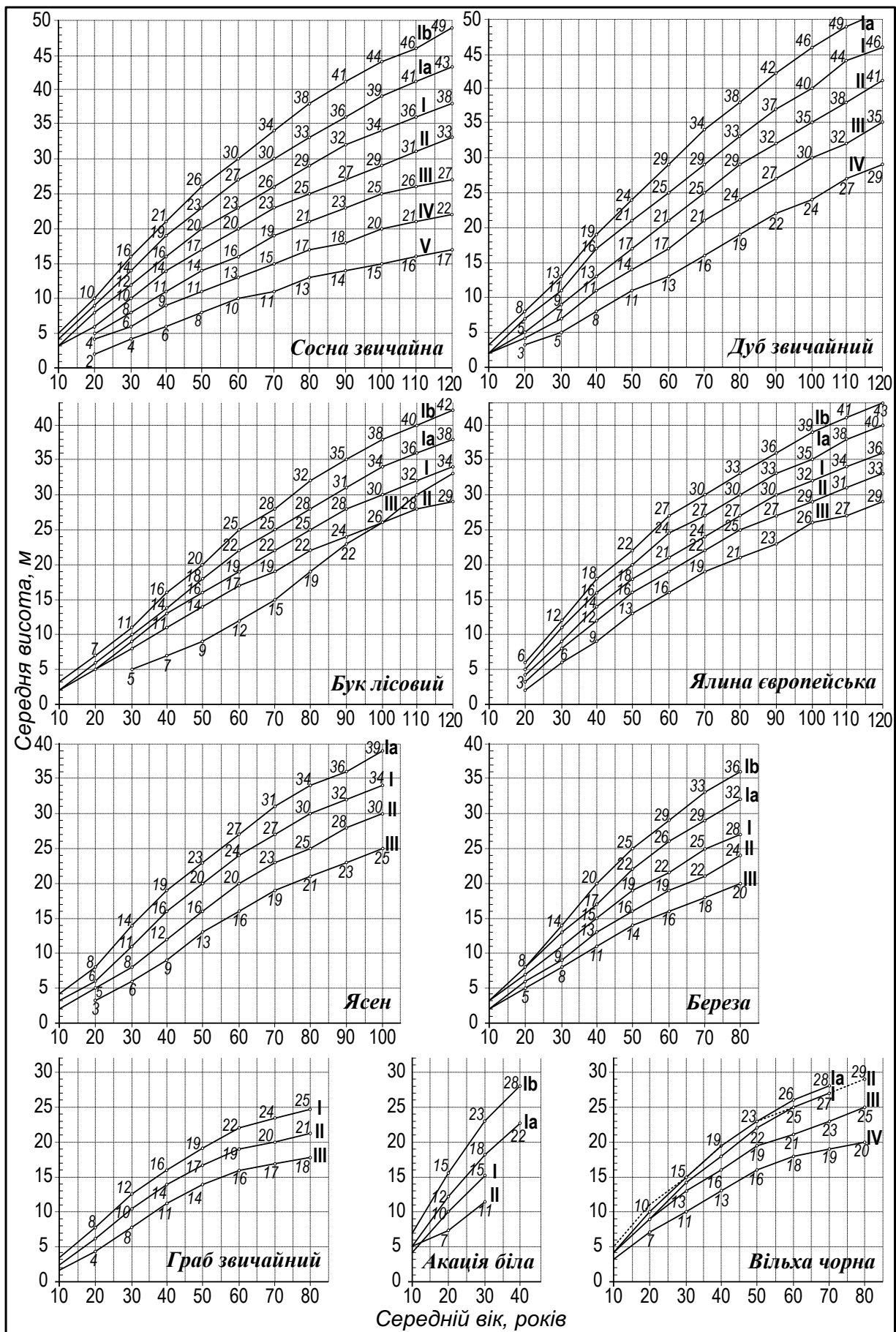


Рис. 3. Динаміка зміни середнього діаметру основних порід.

Дані для V бонітету для дуба звичайного, IV та V бонітету для ялини європейської, IV та V бонітету для бука звичайного відсутні [5, 6]. Середній діаметр ялини європейської у III бонітеті при 100 річному віці становить 26 см і бука лісового – 26 см відповідно.

Потрібно відзначити, що незалежно від умов зростання діаметр дерева завжди залежить від висоти.

Ясен, вільха чорна, береза, акація біла та граб звичайний переважно зростають у мішаних насадженнях. Середній діаметр ясену в 100 річному віці коливається між 25 см для III бонітету та 39 см для I^a бонітету. Значення середнього діаметру вільхи чорної складає 29 см у I бонітеті у 80 років, а берези – 24 см відповідно. Мінімальні показники, при тих же параметрах, у IV бонітеті 20 см для вільхи чорної та берези у III бонітеті – 20 см. Акація біла досягає 28 см середнього діаметру у I^b бонітеті у віці 40 років, у II бонітеті – 11 см.

Отож, за зображенням знімка, можна визначити висоту деревостану по його тіні, породний склад, а вік насадження одержати із даних матеріалів лісовпорядкування, що проводяться кожні 10 років [4]. За висотою та віком насадження, можемо визначити бонітет (рис. 2), а використовуючи побудовані на рис. 3 графіки уточнити середнє значення діаметру деревостану. Одержані результати можна додавати до змісту топографічних карт.

Висновки та рекомендації подальшого дослідження. Крупномасштабне картографування та пов'язані з ним детальні обстеження рослинного покриву – трудомісткі та дорогі операції, котрі практично завжди здійснюються на ключових ділянках. Вибір ділянок для картографування в крупному масштабі, або типової моделі рослинної спільноти досліджуваного регіону важливий і відповідальний момент.

Широке впровадження методів дистанційного зондування Землі надвисокого просторового розрізнення призвело до появи нових можливостей у вивченні лісових ресурсів. Технології такого вивчення ґрунтуються на методах комп'ютерного оброблення зображень та геоінформаційного аналізу. Такі технології дозволяють дистанційно виконувати серед іншого й вивчення метричних параметрів деревостанів на рівні окремих дерев.

Традиційно в топографічному картографуванні, де основним джерелом даних залишаються матеріали аеро- і космознімання визначають висоту тіні від об'єктів деревостою, і через кореляційне співвідношення між середньою висотою дерева та товщиною стовбура вказують значення товщини (діаметра) на висоті 1,3 м. Однак, лісотаксаційні дані доводять, що традиційний підхід доволі узагальнений, і не враховує поняття лісорослинних умов та бонітету. Наведені графіки (рис. 3) засвідчують, що одновікові, одновидові деревні

рослини, залежно від приналежності до класів бонітету можуть мати зовсім інші висоти, а відповідно і товщини стовбурів.

У перспективі, за даними видового складу деревостанів, середніми висотами, середніми діаметрами, повнотою насаджень – по дешифрованих знімках, можна розрахувати орієнтовний запас деревини у певному виділі.

Література

1. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000: затвердж. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України №156 від 31.12.1999 р. і погодж. з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України.
2. Умовні знаки для топографічних карт масштабу 1:10 000. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. – 64 с.
3. Умовні знаки для топографічних карт масштабу 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. – К.: Мін. екології та природних ресурсів України, 2002. – 52 с.
4. Лісові карти (плани лісонасаджень). URL: <http://epl.org.ua/human-posts/9539/> (дата звернення 10.01.2023).
5. Лісотаксаційний довідник / уклад.: С. М. Кашпор, А. А. Строчинський. Київ : Держ. агентство ліс. ресурсів України, 2012. – 507 с.
6. Гром М.М. Лісова таксація : Підрч. Вид.3-е. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – 416 с.
7. Триває робота із дешифрування космічних знімків території України для встановлення точної площі лісів. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/news/tryvaie-robota-iz-deshyfruvannia-kosmichnykh-znimkiv-terytorii-ukrainy-dlia-vstanovlennia-tochnoi-ploshchi-lisiv> (дата звернення: 08.01.2023).
8. Forkuot G., Maathius B. Comprasion of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana - Implications for Hydrological and Environmental Modelling // Studies on Environmental and Applied Geomorphology. - 2012. – p. 219-240.
9. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотною літальною апарату / [В. Глотов, А. Церклевич, О. Збруцький та ін.]. // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – 2014. – №27. – С. 131–136.
10. Исследование достоверности определения лесотаксационных характеристик по данным воздушного лазерного сканирования / В.И.Кузин, Р.А. Попов, М.А. Алтынцев, С.А. Арбузов. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – №4. – С. 54–57.
11. Coltin B. Lidar to image coregistration on orbital data / Brian Coltin // International Conference on Image Processing. Melbourne / Brian Coltin. – Melbourne: Australia, 2013. – С. 775–779.
12. Соломатин В.А. Многолучевые лидары в воздушном лазерном сканировании / В.А. Соломатин, Д.А. Балабанова. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – №3. – С. 115–119.
13. Forkuot G., Maathius B. Comprasion of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana – Implications for Hydrological and Environmental Modelling // Studies on Environmental and Applied Geomorphology. – 2012. – p. 219-240.
14. Vegetation height estimation from Shuttle Radar Topography Mission and National Elevation Datasets [Електронний ресурс] / [J. Kellndorfer, W. Walker, P. Leland та ін.] // Remote Sensing of Environment. – 2004. – Режим доступу до ресурсу: <https://pubag.nal.usda.gov/download/38817/PDF>

15. Hutsul T. Comparative accuracy assessment of global DTM and DTM generated from Soviet topographic maps for the purposes of road planning [Електронний ресурс] / T. Hutsul, Y. Smirnov // *Geodesy and Cartography*. – 2017. – № 43. p. 173–181. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.3846/20296991.2017.1412638>
16. Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування: Постанова КМУ від 04 вер. 2013 року № 661 (ПКМУ № 661). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-п#Text> (дата звернення: 08.01.2023).
17. Решетило О. «Війна не закінчується на лінії фронту». Як бойові дії впливають на екосистеми, та чи зможе природа відновитися самостійно. ШоТам. URL: <https://shotam.info/viy-na-ne-zakinchuietsia-na-linii-frontu-yak-boyovi-dii-vplyvaiut-na-ekosystemy-ta-chy-zmozhe-priroda-vidnovytysia-samostiyno/> (дата звернення: 08.01.2023).
18. Мільярд дерев за три роки: план поки що виконано лише на 6%. Слово і Діло. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/12/03/novyna/finansy/milyard-derev-try-roky-yak-vukonuyut-prohamu-zelenskoho> (дата звернення: 08.01.2023).
19. Миронюк В.В. Інвентаризація рівнинних лісів України за даними супутникової зйомки. Монографія / В.В. Миронюк. Харків : АТ «Харківська книжкова фабрика “ГЛОБУС”», 2020. – 240 с.
20. В Україні планують збільшити лісистість території держави до 18% | Ліси Хмельниччини. Ліси Хмельниччини | Хмельницьке обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <https://kmlis.gov.ua/v-ukraini-planuyut-zbilyshyti-lisistii/> (дата звернення: 08.01.2023).
21. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000: затверд. начальник Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України 1998 р. і погодж. з начальником Центрального топографічного управління Генерального штабу Збройних сил України.

Candidate of technical science **Hutsul Taras**,
Candidate of agricultural science **Kateryna Myronchuk**,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

PROBLEM POINTS OF DETERMINING THE METRIC CHARACTERISTICS OF WOOD STANDS DURING DECODERING

The relevance of the content of topographic maps of various scales for a long time remained catastrophic and did not correspond to the state of the area throughout the territory of Ukraine. The display of vegetation elements is an integral part of the content of a topographic map of any area. The recently announced "Green Country" project, the initiatives of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine regarding the state forest management strategy until 2035 aimed at increasing the share of forested areas throughout the country, and even achieved certain positive results in the northwestern and western regions countries. Currently, significant catastrophic changes (mechanical damage, forest fires) are taking place in the forest stands in the places of hostilities in the south and east of Ukraine.

The majority of topographic maps are created and updated by means of phototopographic surveying and subsequent deciphering of the obtained materials. Quantitative characteristics of tree plantation objects are determined by cartometric measurements and correlation ratios.

Forest vegetation conditions for the same tree stands may differ, and as a result, the height of the same tree species depending on the growth conditions, which directly affects the determination of the bonity class, may vary several times. The diameter of trees at breast height (1.3 m) is determined through the correlation between the average height of the tree, its age and the thickness of its trunk. The main requirements for the representation of vegetation cover on topographic maps relate to the correct and visual display of types of vegetation cover, their boundaries, quantitative and qualitative characteristics.

The authors analyzed the main types of woody vegetation, the age-related changes in their height depending on the bonity classes, established a correlation between the age, average height and average thickness of the trunks of woody plants, and also interpolated through convenient ranges the average values of the diameters of the trunks. Such clarifications will increase the reliability of the displayed information, in particular in the aspect of quantitative information on tree stands.

Key words: measurement; tree stand; deciphering; remote sensing; mapping; vegetation.

REFERENCES

1. Osnovni polozhennia stvorennia ta onovlennia topohrafichnykh kart masshtabiv 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1 000 000 / Zatv. Nakazom Hol. upr. heodezii, kartohrafiï ta kadastru Ukrainy № 156 vid 31.12.99 r. {in Ukrainian}.
2. Umovni znaky dlia topohrafichnykh kart masshtabu 1:10 000. – K.: Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy, 2001. – 64 s. {in Ukrainian}.
3. Umovni znaky dlia topohrafichnykh kart masshtabu 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. – K.: Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy, 2002. – 52 s. {in Ukrainian}.
4. Lisovi karty (plany lisonasadzhen). URL: <http://epl.org.ua/human-posts/9539/> (data zvernennia 10.01.2023). {in Ukrainian}.
5. Lisotaksatsiinyi dovidnyk / uklad.: S.M. Kashpor, A.A. Stochynskyi. Kyiv : Derzh. ahentstvo lis. resursiv Ukrainy, 2012. – 507 s. {in Ukrainian}.
6. Hrom M.M. Lisova taksatsiia : Pidrch. Vyd.3-e. – Lviv : RVV NLTU Ukrainy, 2010. – 416 s. {in Ukrainian}.
7. Tryvaie robota iz deshyfruvannia kosmichnykh znimkiv terytorii Ukrainy dlia vstanovlennia tochnoi ploshchi lisiv. Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv

Ukrainy. URL: <https://forest.gov.ua/news/tryvaie-roboty-iz-deshyfruvannia-kosmichnykh-znimkiv-terytorii-ukrainy-dlia-vstanovlennia-tochnoi-ploshchi-lisiv> (data zvernennia: 08.01.2023). {in Ukrainian}.

8. Forkuot G., Maathius B. Comprasion of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana - Implications for Hydrological and Environmental Modelling // *Studies on Environmental and Applied Geomorphology*. - 2012. – p. 219-240. {in English}

9. Analiz i perspektyvy aeroznimannia z bezpilotnoho litalnoho aparata / [V. Hlotov, A. Tserklevych, O. Zbrutskyi ta in.]. // *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky i vyrobnytstva*. – 2014. – №27. – S. 131–136. {in Ukrainian}.

10. Issledovanie dostovernosti opredeleniya lesotaksatsionnykh kharakteristik po dannim vozdushnogo lazernogo skanirovaniya / V.I.Kuzin, R.A. Popov, M.A. Altintsev, S.A. Arbuzov. // *Izvestiya visshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotosemka*. – 2013. – №4. – S. 54–57. {in Russian}.

11. Coltin B. Lidar to image coregistration on orbital data / Brian Coltin // *International Conference on Image Processing*. Melbourne / Brian Coltin. – Melbourne: Australia, 2013. – C. 775–779. {in English}

12. Solomatin V.A. Mnogolucheve lidari v vozdushnom lazernom skanirovanii / V.A. Solomatin, D.A. Balabanova. // *Izvestiya visshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotosemka*. – 2017. – №3. – S. 115–119. {in Russian}.

13. Forkuot G., Maathius B. Comprasion of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana – Implications for Hydrological and Environmental Modelling // *Studies on Environmental and Applied Geomorphology*. – 2012. – p. 219-240. {in English}

14. Vegetation height estimation from Shuttle Radar Topography Mission and National Elevation Datasets [Elektronnyi resurs] / [J. Kellndorfer, W. Walker, P. Leland ta in.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2004. – Rezhym dostupu do resursu: <https://pubag.nal.usda.gov/download/38817/PDF14>. {in English}

15. Hutsul T. Comparative accuracy assessment of global DTM and DTM generated from Soviet topographic maps for the purposes of road planning [Elektronnyi resurs] / T. Hutsul, Y. Smirnov // *Geodesy and Cartography*. – 2017. – № 43. p. 173–181. Rezhym dostupu do resursu: <https://doi.org/10.3846/20296991.2017.1412638> {in English}

16. Poriadok zahalnodержavnogo topohrafichnogo i tematychnogo kartohrafuvannia: Postanova KМУ vid 04 ver. 2013 roku № 661 (PKМУ № 661). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-p#Text> (data zvernennia: 08.01.2023). {in Ukrainian}.

17. Reshetylo O. «Viina ne zakinchietsia na linii frontu». Yak boiovi dii vplyvaiut na ekosystemy, ta chy zmozhe pryroda vidnovytysia samostiino. ShoTam.

URL: <https://shotam.info/viy-na-ne-zakinchuietsia-na-linii-frontu-yak-boyovi-dii-vplyvaiut-na-ekosystemy-ta-chy-zmozhe-pryroda-vidnovytsia-samostiyno/> (data zvernennia: 08.01.2023). {in Ukrainian}.

18. Miliard derev za try roky: plan poky shcho vykonano lyshe na 6%. Slovo i Dilo. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/12/03/novyna/finansy/milyard-derev-try-roky-yak-vykonuyut-prohramu-zelenskoho> (data zvernennia: 08.01.2023). {in Ukrainian}.

19. Myroniuk V.V. Inventaryzatsiia rivnynnykh lisiv Ukrainy za danymy suputnykovoï ziomyky. Monohrafiia / V.V. Myroniuk. Kharkiv : AT «Kharkivska knyzhkova fabryka “HLOBUS”», 2020. – 240 s. {in Ukrainian}.

20. V Ukraini planuiut zbilshyty lisystist terytorii derzhavy do 18% | Lisy Khmelnychchyny. Lisy Khmelnychchyny | Khmelnytske oblasne upravlinnia lisovoho ta myslivskoho hospodarstva. URL: <https://kmlis.gov.ua/v-ukraini-planuiut-zbilshyty-lisysti/> (data zvernennia: 08.01.2023). {in Ukrainian}.

21. Klasyfikator informatsii, yaka vidobrazhaietsia na topohrafichnykh kartakh masshtabiv 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000: zatverd. nachalnyk Holovnoho upravlinnia heodezii, kartohrafiï ta kadastru pry Kabineti Ministriv Ukrainy 1998 r. i pohodzh. z nachalnykom Tsentralnoho topohrafichnoho upravlinnia Heneralnoho shtabu Zbroinykh syl Ukrainy. {in Ukrainian}.