

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Факультет лісового господарства та екології
Кафедра лісівництва, лісових культур та таксації лісу*

Кваліфікаційна робота на правах рукопису

Зінкевич Роман Анатолійович

УДК 630*5:24

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ВИЗНАЧЕННЯ САНІТАРНОГО СТАНУ НАСАДЖЕНЬ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКУ «RELASCOP»**

205 «Лісове господарство»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____. Р.А. Зінкевич
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Сірук Юрій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)
К.с.-г.н, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Висновок кафедри _____

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____

№ __ від «__» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище ,ім'я, по батькові)

«__» _____ 20__ р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти _____ захистив (ла)

(прізвище ,ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище ,ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Зінкевич Р. А. Визначення санітарного стану насаджень із використанням додатку «RELASCOP». - Кваліфікаційна робота на правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В сучасних умовах ведення лісового господарства, галузь щоденно отримує нові виклики щодо прискорення, діджиталізації та автоматизації ряду процесів та цілих ланок виробництва. Поряд із постійними нововведеннями, які у силу євроінтеграційних процесів потребує лісгосподарська галузь, важливим є дотримання чинних вітчизняних законодавчих норм, нормативів та методик. З метою автоматизувати і пришвидшити визначення показника повноти деревостанів безпосередньо в лісі для прийняття рішень по призначенню ряду лісгосподарських заходів, нами було розроблено і протестовано мобільний додаток «RELASCOPE+», який і презентується в даній роботі.

Ключові слова: реласкопічна таксація, категорія стану дерев, повнота, суцільний перелік, додаток смартфона, реласкопічний шаблон.

ANNOTATION

Zinkevych R. A. Determination of sanitary condition of plantations using the application "RELASCOP". - Manuscript qualification work

Qualification work for the master's degree in specialty 205 - forestry. - Zhytomyr Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The mobile application "RELASCOPE+" was developed and tested in order to automate and expedite the determination of the stand density index in the forest to make decisions on the purpose of a series of forestry activities. To determine the need for sanitary felling on the basis of measurements on relascopic sample plots was the main problem. The fundamental difference between the operation of the mobile application, unlike the foreign counterparts, was not the simple calculation of basal area of trees on sample plots, but with the simultaneous distribution of accounting trees by species and sanitary conditions categories. Therefore, it was decided to use the smartphone directly

as a counter. To clarify the correctness of the determination of the composition, stand density index and volume, 4 sample plots of rectangular shape were specially laid, where a complete enumeration was made and measurements were additionally made on 16 relascope sections. In addition, a complete enumeration of trees with sanitary conditions categories was carried out on one site, after which measurements were made on relascope sample plots using the "RELASCOPE+" application.

Keywords: relascope measurement, basal area, stand density index, sanitation felling, categories of tree sanitary condition, mobile application.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ І. МІСЦЕ РЕЛАСКОПІЧНОЇ ТАКСАЦІЇ В ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ТА ВИРОБНИЧІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	4
РОЗДІЛ ІІ. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
РОЗДІЛ ІІІ. ТЕСТУВАННЯ ДОДАТКУ «RELASCOPE+» В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ	18
3.1. Характеристика дослідних об'єктів	18
3.2. Результати дослідження та їх аналіз	23
ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

В сучасних умовах ведення лісового господарства, галузь щоденно отримує нові виклики щодо прискорення, діджиталізації та автоматизації ряду процесів та цілих ланок виробництва. Поряд із постійними нововведеннями, які у силу євроінтеграційних процесів потребує лісогосподарська галузь, важливим є дотримання чинних вітчизняних законодавчих норм, нормативів та методик. У зв'язку із специфікою нормативно-законодавчої бази різних країн світу у сфері лісового господарства неможливо запровадити передові технології в умови України без їх належного доопрацювання та адаптації.

В останнє десятиріччя в різних сферах галузі лісового господарства все частіше запроваджуються засоби автоматизації шляхом широкого застосування мобільних комп'ютерних засобів. Вже зараз лісове господарство України стоїть на порозі введення електронного обліку у лісах абсолютно усіх відомств, що можна назвати переломним етапом у системі обліку лісозаготівлі. Рік за роком і науковці, і практики все прогресивніше застосовують безпілотні літальні апарати при таксації лісових та мисливських угідь, інвентаризації садово-паркових об'єктів, моніторингу пожеж, спалахів шкідників та хвороб тощо. Смартфон став надійним засобом для навігації у лісових масивах не лише лісовпорядників, виробничників, котрі застосовують спеціальні програмні засоби, а і простих громадян, які за допомогою проекту «Ліс у смартфоні» можуть не лише орієнтуватися у лісових масивах, а й здійснювати громадський контроль. На разі, на завершальному процесі розробки перебуває програма для проведення матеріально-грошової оцінки лісосік, котра спрямована на автоматизацію визначення ряду показників при проведенні відведення лісосік.

З метою автоматизувати і пришвидшити визначення показника повноти деревостанів безпосередньо в лісі для прийняття рішень по призначенню ряду лісогосподарських заходів, нами було розроблено і протестовано мобільний додаток «RELASCOPE+», який і презентується в даній роботі.

Головною **метою** даної роботи є розробити та протестувати додаток на смартфоні, за допомогою якого у насадженнях на основі замірів на

реласкопічних пробних площах можна визначати потребу проведення санітарних рубок.

Завдання.

1. Розробити власну модель реласкопічного шаблону для можливості виконання замірів на реласкопічних ділянках у поєднанні зі смартфоном.
2. Підібрати необхідні нормативно-довідкові матеріали для створення бази даних мобільного додатку.
3. Створити алгоритм розрахунку необхідних таксаційних показників для коректного їх програмного обчислення.
4. Здійснити тестування мобільного додатку «RELASCOPE+» у польових умовах, порівнявши точність визначення сумарної повноти на реласкопічних пробних площах та при суцільному переліку.

Визначити потребу проведення суцільної санітарної рубки в насадженні за допомогою додатку «RELASCOPE+»

Об’єкт досліджень: визначення санітарного стану насаджень на реласкопічних пробних площах.

Предмет досліджень: визначення потреби проведення суцільної санітарної рубки в насадженні за допомогою додатку «RELASCOPE+».

Методика дослідження. Для визначення необхідної кількості реласкопічних пробних площ на ділянку за основу взяли рекомендації щодо кількості кругових пробних площ для обстеження стану насаджень. Для визначення повноти, запасу та складу насаджень були використані діючі в Україні нормативно-довідкові матеріали Підрахунок дерев проводився на реласкопічних площах із використанням шаблону з величиною BAF 1 за загальновідомою методикою.

Розподіл дерев за категоріями стану проводився відповідно до діючих санітарних правил. При цьому було враховано структуру «Картки пробних площ обстеження санітарного стану насаджень» (додаток 5 до Санітарних правил) [10].

Перелік публікацій автора за темою дослідження. По матеріалах виконаних досліджень магістрантом було опубліковано 4 наукові праці, в тому числі наукова стаття у фаховому виданні:

1. Зінкевич Р. А. Сірук Ю. В., Експрес-метод визначення санітарного стану насаджень за допомогою програми «RELASCOPE+». Ліс, наука, молодь: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених (20 листопада 2019 р.). – Житомир: ЖНАЕУ, 2019 – С. 86.

2. Сірук Ю.В., Зінкевич Р.А. Експрес-метод визначення санітарного стану насаджень за допомогою програми «RELASCOPE+». *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. 2020. № 5 (90). С. 73–81.

3. Печенюк Є. П., Зінкевич Р. А. Аналіз можливості використання відносної вологості деревини як показника життєздатності дерев. Ліс, наука, молодь: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених (22 листопада 2018 р.). – Житомир: ЖНАЕУ, 2018 – С. 269-270.

4. Зінкевич Р. А. Застосування показника відносної вологості деревини як показника життєздатності дерев сосни звичайної та берези повислої. Майбутнє агровиробництва очима студентських лідерів: сучасні проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали наукового студентського форуму в рамках ХХІ зльоту студентських лідерів аграрної освіти, 31 травня 2019 р. / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2019.– С. 127-128.

Практичне значення одержаних результатів. Мобільний додаток «RELASCOPE+» у комплекті з реласкопічним шаблоном придатний для використання у виробничих і наукових цілях.

Структура та обсяг роботи.

Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок, з яких 25 – основна частина. До складу роботи входять: вступ, три розділи, висновки і список літератури. Ілюстрована 13-ма рисунками, цифровий матеріал представлений у вигляді 4-ти таблиць, кількість використаних літературних джерел – 41.

РОЗДІЛ I. МІСЦЕ РЕЛАСКОПІЧНОЇ ТАКСАЦІЇ В ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ТА ВИРОБНИЧІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

У науці і практиці лісотаксаційних робіт прийнято застосовувати три способи таксації насаджень: окомірний, суцільний і вибірковий [1]. Кожен з них має місце для проведення вимірювань і обліку на заданому рівні точності. При проведенні лісовпорядних робіт відповідно до встановлених нормативів точності застосовуються такі методи таксації: натурна окомірно-вимірювальна і окомірна таксація, дешифрувальна та раціональне суміщення окомірно-вимірювальної таксації на місцевості та камеральне дешифрування матеріалів ДЗЗ [2].

При проведенні таксації на ділянках, які у майбутньому ревізійному періоді не будуть задіяні у «комерційних» лісогосподарських заходах (рубки головного користування, лісовідновні рубки, рубки переформування, проріджування, прохідні рубки) застосовується здебільшого окомірна таксація. Даний метод таксації передбачає визначення всіх таксаційних показників виділу на базі здобутих у результаті колективного та індивідуального тренування навиків. Проте, найбільш значущі таксаційні показники деревостанів (зокрема повнота і висота) можуть коригуватися із застосуванням елементів вимірювальної таксації. Зрозуміло, що за рівнем точності окомірна таксація не може застосовуватися для проведення точних наукових досліджень, оскільки її мета здешевити проведення виробничої таксації на заданому рівні точності. Досить часто рівень окомірної таксації в силу суб'єктивних причин виходить за межі нормативної точності.

Суцільний спосіб таксації в теорії є найбільш точним, оскільки при даному методі облікується генеральна сукупність варіант у виділі. На практиці у зв'язку із надзвичайно великою трудомісткістю даний метод застосовується вкрай рідко. Замір показників генеральної сукупності варіант в силу суб'єктивних причин також може призвести до систематичних помилок, що не завжди дає підстави вважати суцільний метод таксації найбільш точним і універсальним для найбільш значущих наукових

досліджень. Але, при належній ретельності виконання даний метод таксації у порівнянні з вибірковими варто вважати більш точним, оскільки буде напряду залежати лише від точності приладів. Елементи суцільного методу (визначення одного чи декількох таксаційних показників) є типовими при таксації лісосік під суцільні рубки (головного користування, лісовідновні, санітарні, інші господарські), коли при переліковій таксації облікуються всі дерева за діаметром. Також при визначення потреби проведення суцільної санітарної чи вибіркової санітарної рубки на невеликих за площею ділянках (до 1 га) робиться суцільний перелік дерев за діаметром і категорією стану.

Набагато більшої популярності в наукових дослідженнях і виробничій практиці набули вибіркові методи таксації. Їх широке застосування пояснюється насамперед значною економією часу та трудових ресурсів при проведенні замірів лише в межах вибірки. В багатьох випадках вибіркова таксація є єдиним можливим методом проведення лісотаксаційних робіт. Деякі дослідники вважають [3], що вибіркові методи можуть бути більш точними за суцільні, що пояснюється тим, що в процесі останніх виконавці, довгий час виконуючи одноманітну роботу, досить часто втрачають пильність і припускаються грубих помилок. Оскільки вибіркові методи передбачають поетапні вимірювання при їх набагато меншій тривалості, то дійсно є передумови стверджувати що сам облік може проводитися більш точно. На думку деяких вчених [4] зменшення часу на проведення досліджень дає змогу залучити більш кваліфікований персонал та краще контролювати проведення замірів. Застосуванню даного методу повинне передувати чітке математичне і статистичне планування досліджу, яке здатне при дотриманні всіх умов забезпечити необхідну точність в умовах поставленої задачі. Майстерність виконавців при плануванні вибіркової таксації при дослідницьких роботах полягає в дотриманні принципу: забезпечити при встановленій точності мінімальні затрати [5]. Головною задачею, яка ставляється до виконавців при вибірковій таксації – це вміння вдало, повно і точно зробити вибірку. Для цього необхідно дотримуватися

вимог по забезпеченню репрезентативності вибірок та достатнього обсягу, який дасть змогу отримати показники на заданому рівні достовірності [6,7].

Професор Швиденко А.З. [8] загалом вибіркові методи за технологією проведення вимірювань поділяв на перелікові, реласкопічні і комбіновані. Інші вчені [9] класифікували вибіркові методи на наступні: реласкопічні, реласкопічно-перлікові, вибірково-перелікові і комбіновані [1].

Чільне місце у вибірковій таксації лісу займає реласкопічна таксація. Саме даний метод по праву називають одним із найбільш істотних здобутків лісотаксаційної науки. Основоположником даного методу є австрійський учений Вальтер Біттерліх, який власне і винайшов основні прилади, які і досі успішно застосовуються за кордоном і в Україні – повнотомір та реласкоп. Першочерговим завданням реласкопічної таксації було визначення суми площ поперечних перетинів дерев на 1 га із використанням кутомірних інструментів. Проте трохи пізніше, на початку другої половини минулого століття Levis Grosebaugh довів можливість застосування даного методу для визначення інших показників деревостану [1]. Також даним вченим було описано принципи формування вибірки у залежності від розмірів дерев, що згодом відобразилося у встановленні так званих реласкопічних коефіцієнтів (BAF), які напряду залежали від діаметру облікових дерев. На основі результатів цих досліджень в нашій країні і було сформовано нормативи, де було зазначено величину реласкопічного коефіцієнта у залежності не лише від середнього діаметру деревостану, а й повноти [6,7].

В Україні реласкопічна таксація на практиці застосовується здебільшого для визначення сум поперечних перетинів на 1 га. Крім реласкопічних шаблонів, які широко використовуються при лісотаксаційних роботах у країнах Європи, досить широкого застосування набули в нас і клиновидні призми або так звана призма Анучина, яку запровадив у лісотаксаційну практику М.П. Анучин. Стосовно інших більш універсальних приладів, на кшталт дзеркального реласкопа В. Бітерліха чи його електронного аналога – дендрометра Criterion RD 1000, то їх використання на

практиці в Україні обмежене досить високою вартістю. Одним із найбільш сучасних таксаційних приладів, який використовують при реласкопічній таксації є ультразвуковий далекомір-висотомір Haglöf Vertex, котрий в комплекті зі спеціальним радіовідбивачем дозволяє навіть при густому підліску та підрості встановлювати граничні значення діаметра, при якому дерево належить до реласкопічної вибірки.

Крім проведення лісотаксаційних робіт при лісовпорядкуванні та наукових дослідженнях, реласкопічна таксація для виробничих потреб передбачена при проведенні оцінки лісопатологічного та санітарного стану насаджень [10]. Кількість пробних площ при цьому регламентується нормативними документами з таксації лісу [7]. Проте, на практиці лісопатологи, як правило, на ділянках до 1 га (найбільш поширені) проводять суцільний перелік дерев із їх розподілом на ступені товщини та категорії стану. Стимує використання реласкопічної таксації на виробництві відсутність чіткої методичної основи для проведення планування і безпосереднього виконання самих облікових робіт. Діючі нормативи по вибірковій таксації [7] є досить складними для їх дотримання на виробництві, оскільки передбачають перед проведенням самих лісотаксаційних робіт встановити категорію однорідності насаджень за повнотою і характеристикою деревостану (8 категорій). Рекомендована кількість реласкопічних пробних площ (РПП) є занадто великою для виробничих задач (переважно від 7 до 27). Крім цього ускладнює практичне застосування і вибір реласкопічного коефіцієнта (BAF), оскільки при збільшенні повноти та діаметру чисельність РПП теж відповідно зростає. В лісовпорядній інструкції [2] дещо спрощена методика нормативів закладання РПП, оскільки виділяється менше категорій насаджень (7) за більш узагальненими критеріями по формі та складу насаджень (три групи). Нормативна точність визначення суми площ поперечних перетинів при лісовпорядних роботах є нижчою (10 %) у порівнянні із загальноприйнятими нормативами вибіркової таксації в Україні (5 %) [7]. У лісовпорядній інструкції [2] також відсутня

інформація щодо кількості РПП у виділах площею менше 3 га, посиляючись на те, що на ділянках площею до 2 га при переліковій таксації потрібно проводити суцільний перелік, проте в обох нормативах нічого не зазначено стосовно кількості РПП при проведенні вибірково-вимірjuвальної таксації. Більш чіткою і лаконічною є рекомендація по кількості кругових пробних площ при обстеженні стану насадження [11], де береться до уваги лише площа (від 1 га) ділянки і повнота насадження. Але в даному стандарті не передбачено використання реласкопічних методів таксації.

Варто зазначити, що попри велику популярність закордоном, виключно «класична» реласкопічна таксація при проведенні лісової інвентаризації у країнах Європи, США та Китаї застосовувалася вкрай рідко [12]. В Україні при проведенні інвентаризації лісів у двох областях були використані концентричні пробні площі постійного радіуса. В «чистому вигляді» реласкопічну вибірку при проведенні національної інвентаризації лісів науковці [миронюк, 2019] не рекомендують застосовувати, що пов'язано із систематичним заниженням сум поперечних перетинів і збільшенням обсягів польових робіт. На відміну від України, в деяких країнах Європи є більш детальні рекомендації щодо планування даного вибіркового методу [13]. Якщо в нашій країні найбільш популярним при реласкопічній таксації є реласкопічний коефіцієнт 1, то в скандинавських країнах застосовуються кутомірні шаблони з величиною BAF від 1,5 до 4 [12]. Це пояснюється наявністю більших площ високоповнотних насаджень, при замірах в яких використання більшого реласкопічного коефіцієнта дає змогу уникати випадків перекривання дерев, які знаходяться подалі до центру, а також зменшити кількість сумнівних дерев [14,15].

Висновки до розділу. Використання реласкопічної таксації в Україні, на відміну від багатьох країн Європи, є досить обмеженим. Закордоном, на відміну від нашої країни, вибірково-вимірjuвальна таксація проводиться не лише при проведенні лісотаксаційних робіт при лісовпорядкуванні, а також наукових дослідженнях. В країнах Західної та Північної Європи є досить

поширеним застосування реласкопічних методів лісівниками безпосередньо при лісовирощуванні, зокрема з метою визначення достатнього ступеня зрідження та ефективності проведення рубок догляду. В Україні є велика перспектива у використанні реласкопічної таксації на виробництві. Перепоною цього на даний час є складна для виробництва нормативна база по вибірковій таксації та недостатній рівень підготовки фахівців лісової галузі. Застосування реласкопічної таксації у поєднанні із сучасними технічними засобами здатне значно покращити ситуацію не лише при проектуванні важливих лісогосподарських заходів, а й в процесі їх виконання та контролю ефективності.

РОЗДІЛ II. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення мети автоматизації визначення сумарної повноти та запасу в деревостанах за допомогою мобільного додатку на реласкопічних пробних площах для можливості визначення потреби проведення та контролю ряду лісогосподарських заходів було передбачено виконати наступні завдання:

1. Розробити власну модель реласкопічного шаблону для можливості виконання замірів на реласкопічних ділянках у поєднанні зі смартфоном.
2. Підібрати необхідні нормативно-довідкові матеріали для створення бази даних мобільного додатку.
3. Створити алгоритм розрахунку необхідних таксаційних показників для коректного їх програмного обчислення.
4. Здійснити тестування мобільного додатку «RELASCOPE+» у польових умовах, порівнявши точність визначення сумарної повноти на реласкопічних пробних площах та при суцільному переліку.
5. Визначити потребу проведення суцільної санітарної рубки в насадженні за допомогою додатку «RELASCOPE+».

Головною метою даної роботи є розробити та протестувати додаток на смартфоні, за допомогою якого у насадженнях на основі замірів на реласкопічних пробних площах можна визначати потребу проведення санітарних рубок.

Модель реласкопічного шаблону. Потреба розроблення власної моделі реласкопічного шаблону виникла у зв'язку із наступними причинами:

- висока вартість реласкопічних шаблонів закордонного виробництва;
- обмежене використання класичного повнотоміра Біттерліха через одну величину реласкопічного коефіцієнта ($BAF = 1$);
- відсутність деяких величин реласкопічного коефіцієнта ($BAF = 3$) у стандартних шаблонах закордонного виробництва на ринку України;

- складність одночасного проведення заміру стандартним реласкопічним шаблоном та занесення даних в смартфон одним виконавцем.

Орієнтованою моделлю для розробки послугував електронний повнотомір Masser RC2 (рис. 1), в якому поєднується замір із одночасним підрахунком даних за допомогою лічильника і наступним перенесенням на ПК для подальшого опрацювання.



Рис.1. Електронний повнотомір Masser RC2 [16]

Оскільки принципова різниця роботи мобільного додатку полягала не в простому підрахунку сум площ поперечних перетинів дерев на пробах, а з розподілом облікових дерев за породами і категоріями стану, тому було вирішено в якості лічильника використати безпосередньо смартфон. З метою полегшення робіт при обліку було вирішено провести фіксацію ланцюжка шаблона безпосередньо на шиї (рис. 2). З метою забезпечення необхідного співвідношення між щільною шаблона при $BAF = 1$ (0.5 см) і відстанню його до очей (25 см) було проведено калібрування за допомогою лінійки з наступним регулюванням довжини ланцюжка.

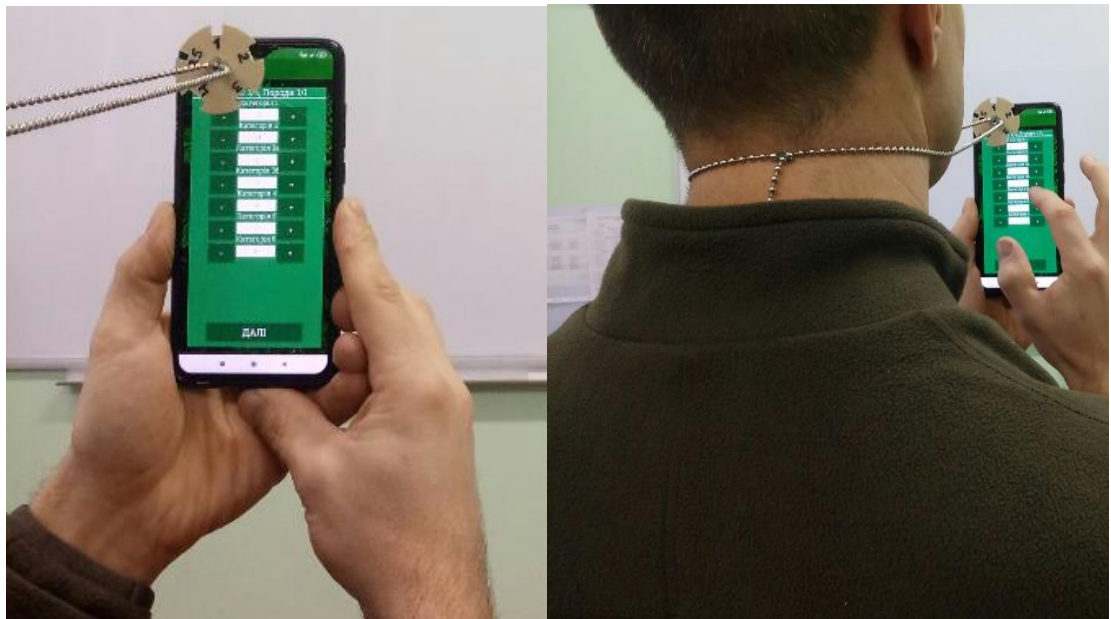


Рис.2. Зовнішній вигляд кріплення реласкопічного шаблону

Нормативно-довідкові та інформаційні матеріали. Для визначення необхідної кількості реласкопічних пробних площ на ділянку за основу взяли рекомендації щодо кількості кругових пробних площ для обстеження стану насаджень [11]. Вибір зумовлений як простотою використання, так і достатньою точністю, враховуючи, що на виробництві в переважній більшості обстеження проводяться на невеликих за площею ділянках. Для визначення повноти, запасу та складу насаджень були використані діючі в Україні нормативно-довідкові матеріали [7]. Сам обрахунок показників здійснювався за загальноприйнятими методами [11]. Підрахунок дерев проводився на реласкопічних площах із використанням шаблону з величиною BAF 1 за загальновідомою методикою [1]. Відстань між центрами реласкопічними ділянок шукали за формулою:

$$L = K \times \sqrt{\frac{S}{n}}, \text{ в якому}$$

L - це віддаль між центрами майданчиків у м;

S - площа таксаційного виділу в кв. м;

n - кількість реласкопічних проб, котрі потрібно позначити;

K - коефіцієнт, який урахує фактичну форму ділянки.

Коефіцієнт K може варіювати від 0,7 до 1,0,: для ділянок, форма яких близька до квадратної – 1,0; до форми прямокутника – 0,9; для ділянок з овальною формою (правильною) – 0,8; для ділянок із неправильною формою і звивистими межами – 0,7 [2].

Розподіл дерев за категоріями стану проводився відповідно до діючих санітарних правил. При цьому було враховано структуру «Картки пробних площ обстеження санітарного стану насаджень» (додаток 5 до Санітарних правил) [10].

Алгоритм роботи програми і розрахунку показників.

Для початку роботи з додатком потрібно заповнити адресну частину: назва підприємства, лісництва, квартал, виділ, підвиділ. Внесення наступних показників (повноти, площі та кількості порід) зумовлює відповідний програмний пошук даних згідно нормативно-довідкових матеріалів (рис. 3).

The screenshot shows the 'RelaScope+' mobile application interface. At the top, the status bar displays the time 23:07 and various icons. The app header is green with the text 'RelaScope+'. Below the header, the location is set to 'ДП "Житомирське" ЛП' and 'Левківське'. There are three input fields: 'Введіть квартал', 'Номер виділу', and 'Введіть ділянку'. Below these, the 'Повнота:' (Density) is set to '0.3'. There are also input fields for 'Площа' (Area) and 'Кількість порід' (Number of species). A note at the bottom of the form says 'Обов'язково заповніть всі поля' (Mandatory to fill all fields). At the very bottom, there is a green button labeled 'ДАЛІ' (Next).

Рис. 3. Запис первинних даних перед початком замірів

Повнота записується згідно даних матеріалів лісовпорядкування, «Площа» повинна відповідати площі обстежуваної ділянки, кількість порід визначається після попереднього огляду насадження.

При зазначенні кількості порід (в нашому випадку дві) необхідно згідно матеріалів лісовпорядкування вказати вік та бонітет кожної породи (рис. 4).

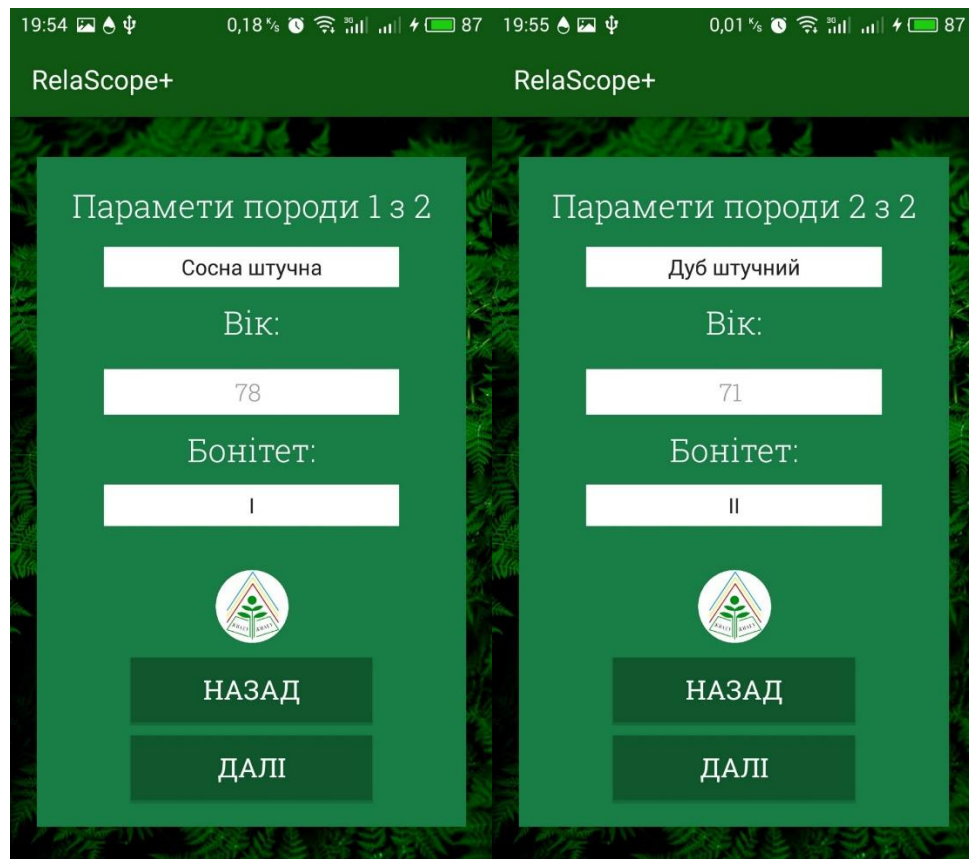


Рис. 4. Внесення даних по деревних породах

Порода із врахуванням походження та бонітет вибирається із випадального списку згідно наявних таблиць ходу росту. Вік вказується з точністю до року. При обчисленні повноти і запасу програма здатна інтерполювати та екстраполювати дані.

Після запису вказаних полів буде здійснено розрахунок необхідної кількості реласкопічних пробних площ на ділянці. Наприклад, при повноті насадження 0,7 та площі ділянки 0,5 га потрібно провести замір на чотирьох РПП (рис. 5.).



Рис. 5. Необхідна кількість замірів

Таким чином на ділянці, де наявні дві породи потрібно закласти чотири реласкопічні проби. Відповідно на кожній реласкопічній ділянці замір буде проводитися окремо по кожній породі (рис. 6).

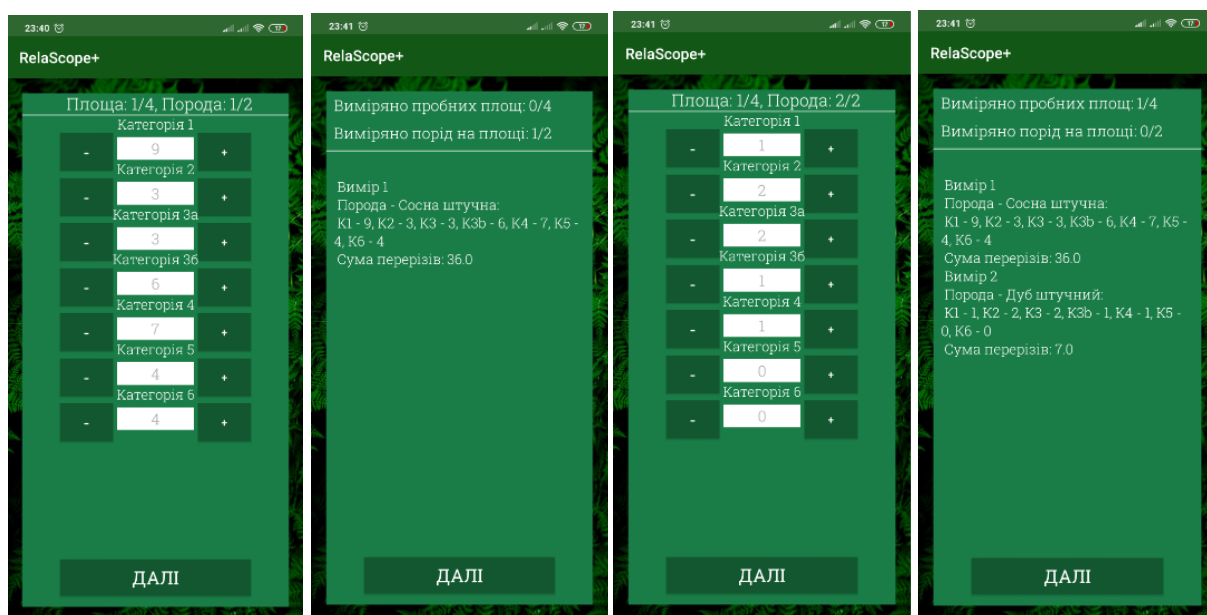


Рис. 6. Занесення даних на першій реласкопічній ділянці

Після проведення замірів на необхідній кількості РПП (на прикладі - 4), за середньоарифметичними значеннями сум поперечних перетинів по кожній породі визначалася її повнота і запас (рис. 7).

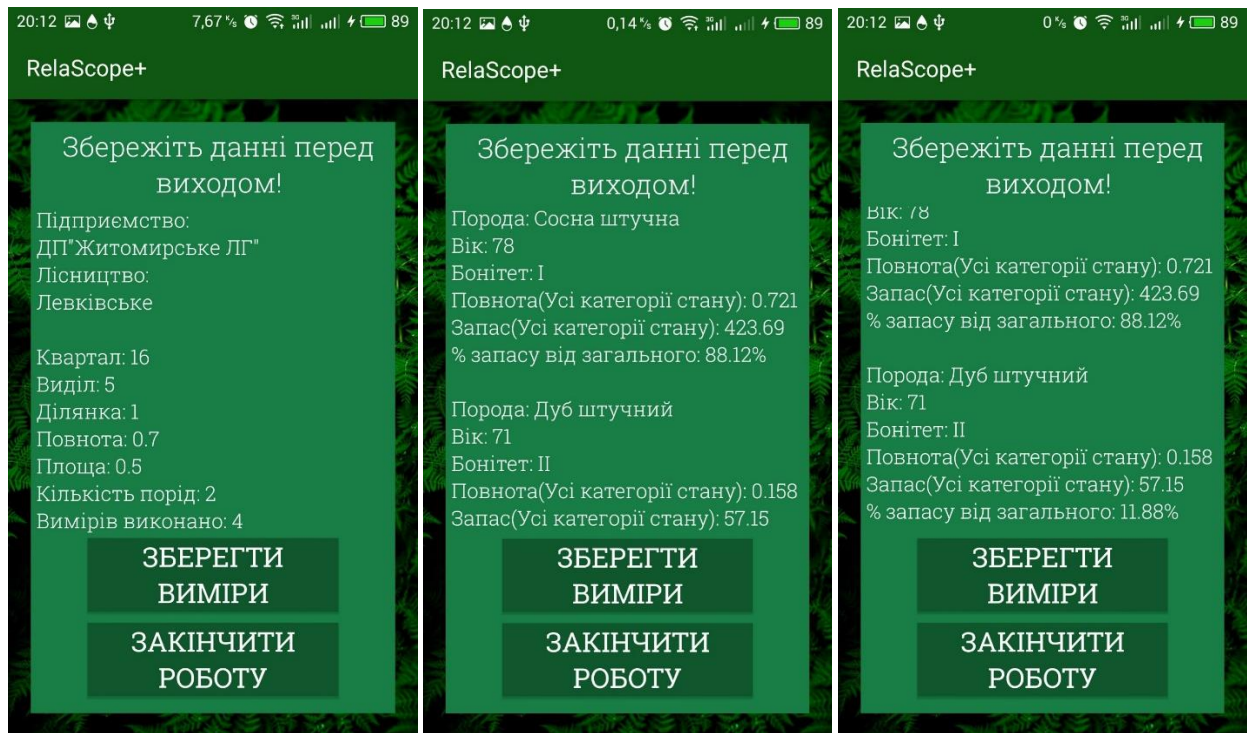


Рис. 7. Результати замірів по породах

Результати проведених замірів подаються двома блоками: в першій частині подається загальна інформація і звіт за складовими породами (див. рис 7), у другій частині, яка є основною, подаються сумарні результати замірів повноти і запасу на 1 га в розрізі категорій стану дерев (рис. 8).

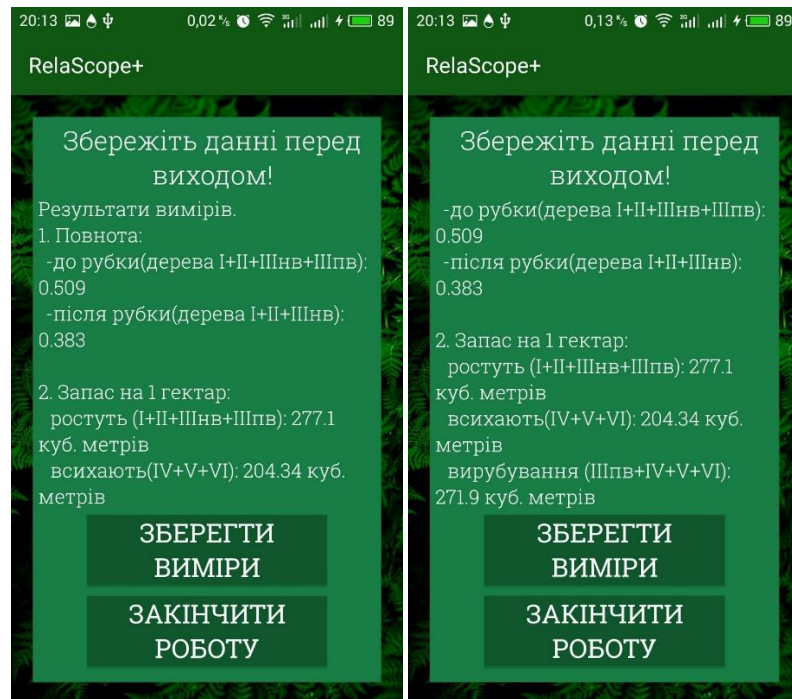


Рис. 8. Результати замірів по категоріях стану дерев

Звіт за категоріями стану побудований згідно вимог «Картки пробних площ обстеження санітарного стану насаджень» (додаток 5 до Санітарних правил) [10].

З метою апробації мобільного додатку були проведені дослідження у чистих та мішаних насадженнях Левківського лісництва ДП «Житомирське ЛГ». Для в'ясування коректності визначення складу, повноти і запасу було спеціально закладено 4 пробні площі прямокутної форми, де здійснено суцільний перелік і додатково проведено заміри на 16 реласкопічних ділянках. Крім цього на одній ділянці проведено суцільний перелік дерев із зазначенням категорій стану, після чого було проведено заміри на реласкопічних пробних площах із застосуванням додатку «RELASCOPE+».

Висновки до розділу. Для більш широкого використання реласкопічної таксації при лісотаксаційних роботах необхідно забезпечити виробничу і наукову сферу доступними засобами. До цих засобів можна віднести не лише виробництво дешевих і універсальних (BAF від 0,5 до 4) реласкопічних шаблонів, а й належного програмного забезпечення для мобільних комп'ютерних засобів, які здатні не лише автоматизувати визначення таких таксаційних показників як склад, сумарна повнота, запас, а й оперативно визначити потребу проведення певного лісогосподарського заходу, наприклад відповідного виду санітарної рубки.

РОЗДІЛ III. ТЕСТУВАННЯ ДОДАТКУ «RELASCOPE+» В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

3.1. Характеристика дослідних об'єктів

Для перевірки правильності роботи додатку «RELASCOPE+» при визначенні повноти та запасу і складу було вирішено провести заміри на чотирьох ділянках. Для цього була спочатку проведено суцільний перелік на спеціально закладений пробних площах (ПП) розміром 50×100 м. Три пробні площі були закладені у чистих насадженнях, одна - у мішаних. Характеристика дослідних об'єктів згідно матеріалів лісовпорядкування наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Загальна характеристика насаджень, де були проведені дослідження

№ пробної площі	Тип лісо- рослинних умов	Склад	Вік, років	Повнота, од	Бонітет	Середній діаметр, см	Середня висота, м
1	B2	10Сз	77	0,6	I	30	25
2	B2	10Сз	77	0,8	I	30	25
3	A2	10Бп	48	0,6	II	16	15
4	B3	5Сз4Бп1Влч	52	0,7	I	21	20

Суцільний перелік на дослідних ділянках виконували бригадою в кількості 3-х осіб. Площа і форма ПП свідомо обиралися однакові з розрахунку розміщення на ділянках достатньої кількості дерев головної породи, а також з метою порівняння затрати часу на проведення переліку. Перелік на всіх ПП проводили за 4-х сантиметровими ступенями товщини. В польових умовах було проведено перелік дерев лише за діаметром і породами. Сумарну повноту, запас на 1 га і склад визначали вже в камеральних умовах (додаток А). Фотозображення ПП 1 показано на рис. 9.



Рис. 9. Суцільний перелік дерев на ПП 1

Реласкопічну таксацію проводили згодом із застосуванням повнотоміра Біттерліха (рис. 10).



Рис. 10. Реласкопічна таксація на ПП 1

Додаток «RELASCOPE+» застосовували в якості лічильника виключно по «Категорії І». При проведенні замірів також фіксували загальний час обліку. Відстань між центрами РПП на всіх ділянках згідно розрахунків склала 31,8 м.

Пробна площа №1 була закладена в чистому штучному сосновому насадженні, в якому була проведена ліквідація повалених дерев, внаслідок чого утворилися вікна в наметі (див рис. 10). Пробна площа №2 знаходилася на сусідній ділянці в ідентичному насадженні, але без будь-яких лісогосподарських заходів протягом останніх років. Повнота даного насадження візуально була значно більшою (рис.11).



Рис. 11. Реласкопічна таксація на ПП 2

Дослідна ділянка №3 знаходилася у чистому штучному березовому насадженні із відносно рівномірним розміщенням дерев (рис. 12). В насадженні була проведена вибіркова санітарна рубка.



Рис. 12. Реласкопічна таксація на ПП № 3

Насадження, в якому була закладена пробна площа №4 відрізнялося від попередніх не лише мішаним складом, а й природним походженням і випадковим розміщенням дерев. Для проведення реласкопічної таксації на даній ділянці був використаний саморобний шаблон на ланцюжку (рис. 12).



Рис. 12. Реласкопічна таксація на ПП № 4

Для перевірки роботи додатку за його безпосереднім призначенням - визначенні санітарного стану насадження шляхом обчислення повноти і запасу дерев відповідних категорій стану, було спеціально закладено одну пробну площу. В якості дослідної ділянки було обрано типове чисте соснове середньовікове насадження з наявністю сухостійних, всихаючих і сильно ослаблених дерев. Вік – 55 років, склад 10Сз, тип лісорослинних умов – В₂, бонітет І, походження штучне. Сумарна повнота сироростучих і сухостійних дерев становила 0,7, середній діаметр 21 см, середня висота – 21 м. Спочатку на дослідній ділянці площею 0,5 га був проведений суцільний перелік дерев за діаметром із розподілом на категорії стану. Після цього на цій же ділянці було на чотирьох РПП проведено відповідні заміри із заповненням значень у смартфон (рис. 13).



Рис. 13. Визначення площ поперечних перетинів дерев різних категорії стану

При проведенні польових робіт було також зафіксовано затрати часу на виконання перелікової та реласкопічної таксації.

3.2. Результати дослідження та їх аналіз

Порівняння замірів сум площ поперечних перетинів на 1 га за даними реласкопічної і перелікової таксації показало розбіжності між значеннями в межах від 3,5 % до 20,1 % (табл. 2).

Таблиця 2

Визначення сум площ поперечних перетинів на дослідних ділянках

№ ПП	«RELASCOPE+»				Суцільний перелік		Різниця	
	№РПП	$\sum \Pi_i, \text{ м}^2/\text{га}$	$\sum \text{Пср} \pm m^*, \text{ м}^2/\text{га}$	Сумарна повнота	$\sum G, \text{ м}^2/\text{га}$	Сумарна повнота	$\sum G, \text{ м}^2/\text{га}$	%
1	1	29	$25,5 \pm 1,8$	0,53	31,9	0,66	-6,4	20,1
	2	25						
	3	27,5						
	4	20,5						
2	1	39,0	$38,8 \pm 1,0$	0,81	40,2	0,84	-1,4	3,5
	2	41,5						
	3	37,5						
	4	37,0						
3	1	16,5	$15,5 \pm 0,7$	0,60	14,2	0,55	+1,3	8,4
	2	17						
	3	14						
	4	15,5						
4	1	24,0	$24,8 \pm 1,4$	0,71	26,2	0,75	-1,4	5,6
	2	27,5						
	3	23,0						
	4	24,5						

* Примітка. $\sum \Pi_i$ – сума площ поперечних перетинів на одній РПП; $\sum \text{Пср} \pm m$ – середнє значення і основна помилка середнього суми площ поперечних перетинів на дослідній ділянці;

Як бачимо з поданої вище таблиці у насадженнях із більшою повнотою (ПП 2 та ПП 4) різниця між значеннями сум площ поперечних перетинів є несуттєвою – 3,5-5,6 %. У насадженнях із меншою повнотою (ПП 1 та ПП 3) розбіжності виявилися порівняно більшими. На дослідній ділянці №1, де відмічене нерівномірне розміщення дерев по площі, було виявлено

найбільше розходження між показниками – 20 %. При цьому при визначенні сум площ поперечних перетинів на РПП відмічена і найбільша мінливість значень даного показника ($CV=14,5\%$). Також середня варіація абсолютної повноти ($CV=10,9\%$) виявлена і на дослідній ділянці № 4, яка знаходилася у мішаному деревостані. На ПП 2 і ПП 3 при реласкопічній таксації мінливість значень сум поперечних перетинів незначна ($CV = 5,2-8,4\%$). На даних ділянках кількість РПП була достатньою для належної точності дослідження ($p < 5\%$). Щодо ПП 1 та ПП 4, то на даних ділянках, зважаючи на більшу варіацію, для отримання більш точних результатів потрібно було б збільшити кількість РПП. Варто відмітити, що мінливість значень шуканого показника на даних ділянках не є надто великою, враховуючи те, що насадження, де були проведені дослідження, згідно нормативів вибіркової таксації [7] за однорідністю слід віднести до III-V категорій, для яких коефіцієнт варіації на площах 2-8 га становлять 16-22 %.

Щодо затрати часу на виконання замірів, то була відмічена явна перевага реласкопічної таксації над перелічувальною. Наприклад, при суцільному переліку на ПП 1 було затрачено близько 90 хвилин часу при проведенні роботи трьома виконавцями (без проведення розрахунків). Реласкопічна таксація, яка здійснювалася одним виконавцем на чотирьох РПП з використанням «RELASCOPE+» тривала близько 15 хвилин включно з обрахунками.

Для апробації експрес-методу було проведено заміри сум площ поперечних перетинів на РПП в розрізі груп категорій стану дерев. Варіація абсолютної повноти на даній дослідній ділянці загалом незначна ($CV = 8,6\%$). Оскільки характер розміщення сухостою, всихаючих і ослаблених дерев на ділянці відносно рівномірний, на РПП було відмічено відносно близькі значення сум площ поперечних перетинів дерев різних груп категорій стану (таблиця 3).

**Визначення сум площ поперечних перетинів за категоріями стану дерев
з використанням додатку «RELASCOPE+»**

№ РПП	Групи категорій стану дерев	Сума площ поперечних перерізів, м²/га		
		ΣПкс*	ΣПі*	ΣПкс*і ±m *
1	I+II	13,5	29,0	I+II = 13,4±0,6 III нв = 1,5±0,5 III пв = 1,6±0,7 IV-VI = 13,9±1,3 Разом = 30,4±1,3
	III нв	2,0		
	III пв	2,0		
	IV-VI	11,5		
2	I+II	13,0	27,5	
	III нв	1,5		
	III пв	-		
	IV-VI	13,0		
3	I+II	12,0	33,0	
	III нв	2,5		
	III пв	1		
	IV-VI	17,5		
4	I+II	15	32,0	
	III нв	-		
	III пв	3,5		
	IV-VI	13,5		

** Примітка. $\sum G_{i kc}$ - сума площ поперечних перетинів групи категорій стану дерев на одній РПП, $\sum P_{ср kc}$. Середнє суми площ поперечних перетинів групи категорій стану дерев на дослідній ділянці.*

У зв'язку з тим, що дерев категорій стану III нв і III пв на деяких РПП не було взагалі, це відобразилося відповідно на дуже сильній варіації сум площ поперечних перерізів цих категорій. Також відмічена значна варіація суми площ поперечних перетинів дерев IV-VI категорій стану ($CV = 18,4\%$).

Порівняння результатів по визначенню абсолютної повноти дерев різних категорій стану при проведенні суцільного переліку на площі 0,5 га та на реласкопічних ділянках дали наступні результати (таблиця 4).

Порівняння результатів визначення сум площ поперечних перетинів за категоріями стану дерев

Групи категорій стану дерев	Сума площ поперечних перерізів, м ² /га		Сумарна повнота	
	«RELASCOPE+»	Суцільний перелік	«RELASCOPE+»	Суцільний перелік
I+II	13,4	12,2	0,32	0,30
III нв	1,5	1,5		
III пв	1,6	2,6	0,34	0,40
IV-VI	13,9	15,8		
Разом	30,4	32,1	0,66	0,70

Різниця у визначенні суми площ поперечних перерізів на 1 га при застосуванні перелікової та реласкопічної таксації склала 5,3 %. За групами категорій стану дерев найбільш відрізняються результати саме по тих категоріях стану, дерева яких назначаються в санітарні рубки (III пв - VI). Показники відносної повноти дерев, які мають залишитися після проведення санітарно-оздоровчого заходу є дуже близькими – 0,3 і 0,32, що вказує на задовільну точність при розподілі дерев за категоріями стану на реласкопічних ділянках. В обох випадках результати досліджень підтвердили доцільність проведення санітарної вибіркової рубки на даній ділянці, оскільки сумарна повнота здорових дерев є вищою критичної (0,1). Різниця у часі проведення замірів при суцільному переобліку і на реласкопічних ділянках є також значною (150 і 30 хвилин відповідно).

Висновки до розділу. При визначенні суми площ поперечних перерізів методами реласкопічної таксації при використанні BAF=1 і мобільного додатку «RELASCOPE+» вдалося майже в п'ять разів швидше виконати польові роботи і при цьому відразу отримати результати без проведення камеральних робіт. Поряд з цим при застосуванні реласкопічних методів помічено певне зниження показників абсолютної повноти у порівнянні із суцільнопереліковими методами від 4 до 20 %. При визначенні санітарного стану експрес-метод продемонстрував задовільну точність.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дослідних робіт по визначенню санітарного стану насаджень із використанням методів реласкопічної таксації було протестовано мобільний додаток «RELASCOPE+». При цьому здійснено порівняння результатів, отриманих шляхом традиційної перелікової таксації із замірами на реласкопічних ділянках. В результаті досліджень можна зробити наступні висновки:

1. В процесі проведення реласкопічної таксації із використанням смартфона було вирішено вдосконалити модель реласкопічного шаблону шляхом зміни способу кріплення і відстані до очей.

2. При використанні звичайного повнотоміра Біттерліха (BAF 1) у поєднанні зі смартфоном визначено, що у порівнянні з даними перелікової таксації сума площ поперечних перетинів на більшості дослідних ділянок була заниженою. Загалом точність визначення сумарної повноти на реласкопічних пробних площах порівняно з матеріалами суцільного переліку є задовільною (на 4 з 5 ділянок розходження склало не $> 0,05$).

3. Застосування мобільного додатку «RELASCOPE+» при визначенні санітарного стану насадження на потребу проведення суцільної санітарної рубки продемонструвало достатню точність при визначенні повноти дерев відповідних категорій стану, а також оперативність проведення польових робіт.

4. Зважаючи на те, що використання пропонованого способу визначення суми площ поперечних перерізів та запасу деревини на 1 га в розрізі категорій стану дерев, здатне забезпечити скорочення витрати трудових ресурсів і часу (майже вп'ятеро) вважаємо, що даний експрес-метод варто в подальшому впровадити у виробництво як альтернативний спосіб визначення потреби призначення відповідного виду санітарних рубок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лісова таксація: навчальний посібник / В. В. Миронюк, В. А. Свинчук, А. М. Білоус, Р. Д. Васишин.- К.: НУБіП України, 2019.- 220 с.
2. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Частина 1. Польові роботи – Ірпінь, 2006.
3. Йейтс Ф. Выборочный метод в переписях и обследованиях. М.: Статистика, 1965. 434 с.
4. Кокрен У. Методы выборочного исследования. М.: Статистика, 1976. 440 с.
5. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесная промышленность, 1978. 270 с.
6. Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. - 495 с.
7. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – Київ : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
8. Швиденко А. З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации горных лесов зоны интенсивного ведения хозяйства: диссертация...доктора сельскохозяйственных наук: 06.03.02. К., 1981. 449 с.
9. Федосимов А. Н., Анисочкин В. Г. Выборочная таксация леса. М.: Лесная промышленность, 1979. 172 с.
10. Санітарні правила в лісах України (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756) Режим доступу:: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF>.
11. Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання. СОУ 02.02.-37-476:2006. – К., Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.
12. Tomppo E., Gschwantner Th, Lawrence M., Ronald E. McRoberts National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting. Heideberg : Springer, 2010. 612 p.
13. Kershaw, J. A., Ducey, M. J., Beers, T., & Husch, B. (2016). Forest Mensuration, 5th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell

14. Kinnunen, J., Maltamo, M., & Paivinen, R. (2006). Standing volume estimates of forests in Russia: how accurate is the published data? *Forestry*, 80(1), 53–64.
15. Tomppo, E., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Ihalainen, A., Katila, M., Makela, H., Vainikainen, N. (2011). Designing and Conducting a Forest Inventory - case: 9th National Forest Inventory of Finland. 21, 1-270.
16. http://www.lhm-pushkino.ru/page/ru_RU/lesotax/polnotomer
17. <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/5-90-2020/yekspryes-myetod-viznachyennya-sanitarnogo-stanu-nasadzhyen-za-dopomogoyu-programi-relascope>
18. Зінкевич Р. А. Сірук Ю. В., Експрес-метод визначення санітарного стану насаджень за допомогою програми «RELASCOPE+». Ліс, наука, молодь: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених (20 листопада 2019 р.). – Житомир: ЖНАЕУ, 2019 – С. 86.
19. Сірук Ю.В., Зінкевич Р.А. Експрес-метод визначення санітарного стану насаджень за допомогою програми «RELASCOPE+». *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. 2020. № 5 (90). С. 73–81.
20. Печенюк Є. П., Зінкевич Р. А. Аналіз можливості використання відносної вологості деревини як показника життєздатності дерев. Ліс, наука, молодь: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених (22 листопада 2018 р.). – Житомир: ЖНАЕУ, 2018 – С. 269-270.
21. Зінкевич Р. А. Застосування показника відносної вологості деревини як показника життєздатності дерев сосни звичайної та берези повислої. Майбутнє агровиробництва очима студентських лідерів: сучасні проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали наукового студентського форуму в рамках XXI зльоту студентських лідерів аграрної освіти, 31 травня 2019 р. / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2019.– С. 127-128.
<https://knau.kharkov.ua/xxi/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1>

[%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%BC%D1%83.pdf](#)

22. Паулюкявичус Г.Б. Роль леса в экологической стабилизации ландшафтов. – М.: Наука, 1983. – 215 с.

23. Побединский А.В. Рубки главного пользования. М.: Лесн. промышл., 1980. – 191 с.

24. Побединский А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. – М.: Лесн. промышл., 1979. – 174 с.

25. Погребняк П.С. Общее лесоводство. Учебник. М.: Колос, 1968. – 440 с.

26. Попов В.В. Научные основы выращивания широколиственных насаждений в северной лесостепи. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 318 с.

27. Разумов В.П. Лесоводство. Учебное пособие. – Брянск: Приокское кн. изд-во. Бр. отдел., 1973. – 226 с.

28. Редько Г.И., Шлапак В.П. Петр I об охране природы и использовании природных ресурсов. – Киев: Либидь, 1993. – 174 с.

29. Руководство по уходу за лесом / Д.Добрев, А.Дамянов, П.Турлаков, Б. Богданов. Пер. с болг. Л.И.Хомутовой. – М.: Лесн. промышл., 1983. – 240 с.

30. Сеннов С.Н. Уход за лесом. Экологические основы.- М.: Лесн. промышл., 1984, - 127 с.

31. Сеннов С.Н. Лесоводство. Учебное пособие. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 132 с.

32. Строительство и реконструкция лесопарковых зон. / В.С.Моисеев, Л.Н.Яновский, В.А.Максимов и др. – Л.: Стройиздат, 1990. – 288 с.

33. Таранков В.И. Экологическая роль леса. – Воронеж: ВЛТИ, 1988. - 50 с.
34. Тихонов А.С., Зябченко С.С. Теория и практика рубок леса. – Петрозаводск: Карелия, 1990. - 224 с.
35. Тихонов А.С., Набатов Н.М. Лесоведение. Учебное пособие. – М.: Экология, 1995. – 320 с.
36. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. Учебное пособие. М., Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 596 с.
37. Уиллиамс М.Р.В. Рациональное использование лесных ресурсов (организация и управление): Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Экология, 1991. - 128 с.
38. Хайретдинов А.Ф., Конашова С.И. Рекреационное лесоводство. – Уфа: Башгосагроунив., 1994. – 223 с.
39. Вирощування соснових лісів в Українському Поліссі : лісовідновлення / [М. Савущик, С. Самоплавський, І. Черевко, М. Попков] // Лісовий і мисливський журнал. – 2005. – № 6. – С. 18–20.
40. Справочник лесовода / [П. С. Пастернак, П. И. Молотков, И. Н. Патлай. и др.]. – К. : Урожай, 1990. – 296 с.
41. СОУ 02.02–37–476:2006 Пробні площі лісовпорядні. К.: Мінагрополітики.