Кабінет Міністрів України

**Національний університет біоресурсів і природокористування України**

Система нормативно-інформаційного забезпечення оцінки біопродуктивності лісів України

1. **Білоус Андрій Михайлович** – кандидат сільськогосподарських наук, начальник науково-дослідної частини Національного університету біоресурсів і природокористування України.
2. **Василишин Роман Дмитрович** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.
3. **Лакида Іван Петрович** – кандидат сільськогосподарських наук, асистент кафедри лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.
4. **Мовчан Дмитро Михайлович** – кандидат геологічних наук, науковий співробітник Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України».

РЕФЕРАТ

**Київ – 2014**

**Мета роботи.** Розробити систему нормативно-довідкового забезпечення для оцінювання біопродуктивності лісів України як інформаційну основу раціонального використання лісових ресурсів.

**Наукова новизна:**

* + - * опрацьовано теоретичні засади методології та методичні підходи оцінювання компонентів фітомаси і депонованого в ній вуглецю та енергетичного потенціалу головних лісотвірних деревних видів лісів України;
* розроблено нормативно-довідкове забезпечення оцінки фітомаси дерев у природних деревостанах ялиці білої у Карпатах, природних деревостанах бука лісового у Карпатах, природних та штучних деревостанах берези повислої у Поліссі, природних деревостани тополі тремтячої (осики) у Поліссі, природних деревостанах вільхи клейкої (чорної) у Поліссі;
  + - * розроблено нормативно-довідкове забезпечення оцінки фітомаси деревостанів у природних і штучних насадженнях сосни звичайної у Поліссі та Лісостепу України, штучних насадженнях сосни звичайної на Нижньодніпровських пісках, штучних насадженнях сосни кримської на Нижньодніпровських пісках, штучних насадженнях ялини європейської (смереки) у Карпатах, природних насадженнях ялиці білої у Карпатах, природних насадженнях бука лісового у Карпатах, природних та штучних насадженнях берези повислої у Поліссі, природних насадженнях тополі тремтячої (осики) у Поліссі, природних та штучних насадженнях вільхи клейкої (чорної) у Поліссі;
      * створено нормативно-довідкові матеріали для визначення енергетичного потенціалу лісів України;
      * розроблено нормативно-довідкове забезпечення оцінки депонованого вуглецю в лісових фітоценозах України;
      * розроблено нормативно-довідкове забезпечення визначення киснепродуктивності лісів України;
      * розроблено методичні підходи для оцінки біотичного потенціалу лісів та ідентифікації лісових масивів з використанням матеріалів дистанційного зондування Землі та встановлені взаємозв’язки між продуктивністю лісів та кругообігом речовин в довкіллі;
      * здійснено моделювання ходу росту лісів та розроблено динамічні таблиці біопродуктивності головних лісотвірних порід України.

**У процесі виконання роботи** опубліковано 8 монографій; 2 довідники, 6 брошур; 87 наукових статей, у тому числі 74 у фахових виданнях України та 8 у міжнародних виданнях; 4 науково-методичні рекомендації та 83 матеріали і тез наукових конференцій, захищено 3 кандидатські дисертації.

На сучасному етапі розвитку світової спільноти в умовах негативного антропогенного впливу на довкілля відбувається переосмислення та кардинальний перегляд існуючих стратегічних планів розвитку світової цивілізації, а новітні результати науково-технічного прогресу, головним чином, спрямовані на розвиток природозберігаючих технологій. У світових авторитетних наукових організаціях все частіше розглядаються питання, пов’язані із стабілізацією наявних сировинних, енергетичних та екологічних проблем та запобіганням очікуваних змін клімату. За таких умов відбулося підписання низки міжнародних домовленостей, які зобов’язують наукове співтовариство розробити стратегію компенсації промислових викидів біологічною фіксацією атмосферного вуглецю. Як наслідок, нагально необхідними стали знання біології кругообігу вуглецю та інших елементів. Нині основний пріоритет у вирішенні зазначеної проблеми покладається на лісові фітоценози планети.

Україна, інтегруючись у європейське співтовариство, не може залишатися осторонь важливих міжнародних домовленостей в галузі лісового господарства та охорони природи. Участь у міжнародній діяльності, спрямованій на вирішення існуючих сировинних, енергетичних та екологічних проблем, потребує визначення головних напрямів діяльності у лісовому господарстві, які б змогли забезпечити виконання Україною вимог Кіотського протоколу щодо поглинання парникових газів та пост-Кіотських домовленостей. Однак управління раціональним використанням лісових ресурсів, енергетичним потенціалом, екологічними можливостями, вуглецевим балансом лісових екосистем та їх киснепродуктивністю на глобальному чи регіональному рівнях можливе лише за наявності адекватної системи нормативно-інформаційної бази для оцінювання біопродуктивності лісових фітоценозів. Проведені дослідження біопродуктивності лісів України є важливим внеском у вирішення задач регіональних і національних програм розвитку збалансованого лісового господарства та сприяють глобальному розв’язанню проблем раціонального природокористування та змін клімату.

**1. Система оцінювання біопродуктивності лісів як теоретична основа раціонального лісокористування**

Біопродуктивність лісів є комплексним поняттям, для вивчення якого потрібні значні ресурси і засоби багатьох біологічних та лісівничих дисциплін. Ця комплексність пояснюється багатогранністю лісових екосистем, складністю внутрішніх зв’язків між її компонентами, недостатньою вивченістю їх структури і функціонування, а відтак – неможливістю однозначної характеристики і опису цих зв’язків на нинішньому рівні розвитку наукової думки. Дослідження біопродуктивності лісів потребує застосування системи спеціальних методів цілої низки різноманітних лісівничих дисциплін: лісівництва, лісової таксації, екології, фізіології та багатьох інших.

Існує два основних напрями вивчення біологічної продуктивності лісів – екологічний і ресурсознавчий. На сьогодні характерною особливістю дослідження біопродуктивності лісів є намагання науковців якомога повніше описати різноманітні її аспекти. Помітним трендом є спрямованість на повніше охоплення раніше слабко та недостатньо досліджених аспектів, таких, як динаміка підземної частини деревостанів, оцінювання обсягів органічної речовини поза живими органами деревних рослин (кореневі ексудати та леткі органічні сполуки) як на етапі збору даних, так і при моделюванні. Особливої актуальності удосконалення підходів до визначення біопродуктивності лісових екосистем набуває у світлі глобальних запитів щодо кількісного оцінювання енергетичного потенціалу лісів, повного верифікованого бюджету вуглецю та чистої первинної продукції, які нерозривно пов’язані з нею.

Перспективними є дослідження біопродуктивності дерев, зелених насаджень на території населених пунктів і міських лісів для вирішення практичних задач ландшафтної архітектури та рекреації. Зокрема, проводяться дослідження щодо встановлення кількісного виразу вуглецедепонувальної ролі міських лісів, порівняння ефективності виконання екологічних функцій міськими та приміськими лісами, оцінювання їх компенсаторної ролі та киснепродуктивності.

Основним компонентом біопродуктивності лісів, найбільш придатним для вимірювання в натурі та кількісного оцінювання, є фітомаса – органічна рослинна речовина, що міститься у живих органах і тканинах живих рослин у надземній та підземній частинах лісової екосистеми. Залежно від функціональних і морфологічних ознак та господарських критеріїв, фітомасу рослин розділяють на фракції (компоненти), а саме: зелені асимілюючі органи, деревина стовбура, кора стовбура, деревина гілок крони, кора гілок крони, генеративні органи, підземні (кореневі) органи. Фітомасу вимірюють у сухому стані в т⋅га-1. В Україні також проводяться дослідження інших компонентів біопродуктивності лісових насаджень – мортмаси (детриту), продукції крони, живого надґрунтового покриву тощо.

Дослідження і кількісне оцінювання вуглецедепонувальної та киснепродукувальної функцій лісів, а також їх енергетичного потенціалу базується на даних про фітомасу відповідних насаджень, оскільки названі компоненти біопродуктивності лісів є взаємопов’язаними, що дозволяє за допомогою математичних методів перейти від одного до іншого, застосовуючи при цьому довідкові дані про питому інтенсивність киснепродукування, вміст вуглецю та енергії у фітомасі (абсолютно сухій органічній речовині). Україна має значний потенціал щодо депонування атмосферного вуглецю лісовими насадженнями, що призведе до пом’якшення негативних кліматичних змін, а також нашій державі характерний значний енергетичний потенціал лісів, а продукування кисню деревостанами здатне поліпшити якість життя мешканців урбанізованих територій. Використання енергетичного потенціалу лісових насаджень в умовах України не має застережень з екологічної точки зору з огляду на особливості деревини як виду відновлюваного палива. На даний час відпрацьовано методику та здійснено оцінювання вуглецедепонувальної функції значної частини лісів України. Запропоновано науково-виробничий інструментарій для оцінювання киснепродукувальної функції лісів. Технології використання біомаси для одержання біоенергії в Україні тільки запроваджуються, проте мають перспективи в найближчому майбутньому. Для забезпечення ефективного еколого-енергетичного використання лісових ресурсів України необхідно на державному рівні врегулювати низку питань законодавчого, технічного та економіко-фінансового спрямування.

**2. Нормативи оцінки лісоресурсного потенціалу дерев основних лісотвірних видів України та чагарників**

Теорією та практикою наукових досліджень, які стосувалися вивчення питань біотичної продуктивності лісів та розробки нормативного забезпечення оцінки компонентів фітомаси дерев (деревостанів) доведено, що фактично неможливо уникнути питання дослідження якісних їх параметрів, до яких провідні науковці відносять щільність, вологість та вміст абсолютно сухої речовини.

Дослідниками із Національного університету біоресурсів і природокористування з метою оцінки якісних параметрів компонентів фітомаси дерев за майже десятирічний період зібрано багатогранний польовий дослідний матеріал, який характеризується наступними кількісними показниками: дослідних зрізів стовбура – 770 шт., з яких дерев ялиці білої – 243 шт., бука лісового – 96, берези повислої – 42, осики – 217, вільхи клейкої – 172 шт.; зразків гілок крони – 409 шт.; модельних гілок деревної зелені – 1240 шт.; наважок фотосинтезувального апарату (листя, хвоя) – 417 шт. Цей матеріал, зібраний за участю представників авторського колективу, дозволив держати адекватні результати для комплексної оцінки якісних параметрів таких компонентів фітомаси як деревина та кора стовбура, деревина та кора гілок крони, листя і хвоя. В результаті були також розроблені математичні моделі середньої та локальної базисної щільності компонентів дерев досліджуваних деревних видів.

Крім цього, з метою розроблення системи нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки кількісних параметрів фітомаси дерев, в досліджуваних деревостанах було закладено 218 тимчасових пробних площ, на яких зрубано та обміряно 1329 модельних дерев.

На основі вказаних дослідних даних були розроблені математичні моделі та нормативно-довідкові таблиці для оцінки надземної фітомаси та депонованого в ній вуглецю для дерев головних лісотвірних видів України, зокрема для: *природних деревостанів ялиці білої у Карпатах*; *природних деревостанів бука лісового у Карпатах; природних та штучних деревостанів берези повислої у Поліссі*; *природніхі та штучних* *деревостанів вільхи клейкої у Поліссі* *та* *природних деревостанів тополі тремтячої (осики) у Поліссі*. Таким чином, для кожного деревного виду, одержано десять нормативних таблиць, у яких відображена маса певних компонентів надземної фітомаси дерева в абсолютно сухому стані (у кг) (за винятком фракції деревної зелені) для модальних повнот деревостанів (0,7-0,8): фітомаса деревини стовбура, фітомаса кори стовбура, фітомаса стовбура у корі, фітомаса хвої (листя) дерева, фітомаса гілок крони у корі, фітомаса крони дерева, надземна фітомаса дерева, депонований вуглець у надземній фітомасі дерева, відношення надземної фітомаси дерева до об’єму стовбура у корі, фітомаса деревної зелені (*свіжозрубаний стан*).

Базуючись на математичних залежностей компонентів фітомаси дерев та використовуючи показники їх енергоємності, авторами також розроблені норматив кількісної оцінки акумульованої в досліджуваних компонентах фітомаси енергії, як необхідної складової системи інформаційного супроводу використання відновлювальних джерел енергії. Встановлено, що найвищою енергоємністю характеризуються деревина граба звичайного, один кубічний метр якої за цим показником є еквівалентним 362 м3 природного газу. Найнижча енергоємність спостерігається у компонентів фітомаси хвойних деревних порід, які дещо поступаються м’яколистяним, особливо це чітко простежується для деревини та кори стовбурів дерев. Щодо гілок, то тут найвищі показники є характерними для деревини і деревини у корі ясена звичайного – 11,6 ГДж ∙(м3)-1 та кори граба звичайного – 11,9 ГДж ∙(м3)-1, при цьому, найнижчим вмістом енергії в 1 м3 характеризуються компоненти фітомаси крони дерев сосни звичайної. Таким чином, одержані в процесі досліджень параметри енергоємності компонентів фітомаси головних лісотвірних видів України та нормативно-довідкові таблиці вмісту енергії в компонентах фітомаси є основою для оцінки енергетичного потенціалу деревної біомаси при здійсненні наукового, екологічного, лісівничого та техніко-економічного обґрунтування розширеного використання лісосировинних ресурсів.

Наступним напрямом досліджень даної наукової роботи є оцінка біопродуктивності чагарникових видів, зокрема верби попелястої. Зменшення інтенсивності ведення сільського господарства на осушених землях та поступовий занепад меліоративної системи на більшій території Українського Полісся сприяв швидкому відновленню природних екосистем з надмірною зволоженістю. Значну частину таких територій зайняли чагарникові верби, які виступили у ролі порід-піонерів. Беручи активну участь у сукцесіях чагарникові верби сформували на зволожених площах своєрідні чагарникові фітоценози. Для розробки нормативно-інформаційного забезпечення, щодо оцінки біопродуктивності вказаного виду протягом 2011-2013 років на території Чернігівської, Житомирської, Рівненської та Київської областей було здійснено збір польових дослідних даних. Всього відібрано 44 екземпляра кущів верби попелястої із зняттям біометричних показників та встановленням надземної фітомаси. На основі польового матеріалу було запропоновано математичні моделі та нормативно-довідкові таблиці фітомаси кущів верби попелястої в абсолютно-сухому стані.

Розроблені нормативи впроваджені в системі підприємств Державного агентства лісових ресурсів України та вищих навчальних закладів лісівничого профілю.

**3. Система нормативно-інформаційного забезпечення оцінювання біопродуктивності лісових насаджень**

Наукові дослідження, що пов’язані з вивченням біопродуктивності лісових фітоценозів, поєднали в собі використання значної кількості методів та форм наукового пізнання. Загальнонаукові методи, такі як аналіз, синтез, спостереження та моделювання, були поєднані з конкретно-науковими методами пізнання, що розроблені для лісової таксації, лісівництва тощо. Комплексний підхід до проведених наукових досліджень дозволяв отримати інформацію, яка характеризує процес формування біотичної продуктивності лісів України.

В ході наукового пошуку науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України була використана та адаптована до дослідних об’єктів методика, що запропонована проф. П.І. Лакидою, яка вирізняється серед інших оригінальним і новітнім, з позиції системного підходу і практичного застосування, баченням проведення польових і камерально-лабораторних робіт. Основні теоретичні засади та практичні прийоми зазначеної методики пройшли успішну апробацію в Міжнародному інституті прикладного системного аналізу (Лаксенбург, Австрія). За участю авторського колективу вона була успішно реалізована у низці міжнародних проектів: «Carbon, Climate and Managed Land in Ukraine: Integrated Data and Models of Land Use for NEESPI (Forest Sector)» (2006-2008 рр.), «Biomass Energy Europe» (2008-2010 рр.), «GESAPU – Geoinformation technologies, spatio-temporal approaches, and full carbon account for improving accuracy of GHG inventories» (2010-2014 рр.).

Інформаційною базою розроблення системи нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання біопродуктивності лісових насаджень слугували дані зібрані на тимчасових пробних площах. Загальний обсяг тимчасових пробних площ та опрацьованих модельних дерев в межах досліджуваних деревних видів, наступний:

* *штучні деревостани сосни звичайної у Поліссі та Лісостепу*. Використані матеріали 123 тимчасових пробних площ (ТПП), де зрубано і обміряно 1497 модельних дерева (МД);
* *природні деревостани сосни звичайної у Поліссі та Лісостепу*. До обробки, аналізу та моделювання нормативів залучені дані 28 ТПП, де зрубано і обміряно 355 МД;
* *штучні деревостани сосни звичайної на Нижньодніпровських пісках*. Оцінка компонентів фітомаси проведена на 53 ТПП, де зрубано і обміряно 420 МД;
* *штучні деревостани сосни кримської на Нижньодніпровських пісках*. Дослідження і моделювання компонентів фітомаси проведено на 52 ТПП, де зрубано і обміряно 437 МД;
* *штучні деревостани ялини європейської (смереки) у Карпатах*. До обробки, аналізу та моделювання нормативів залучені дані 42 ТПП, де зрубано і обміряно 405 МД;
* *природні деревостани ялиці білої у Карпатах*. Оцінка компонентів фітомаси проведена з використанням результатів досліджень на 43 ТПП, де зрубано і обміряно 215 МД;
* *природні деревостани бука лісового у Карпатах*. Дослідження компонентів фітомаси проведено на 21 ТПП, де зрубано і обміряно 187 МД;
* *природні та штучні деревостани берези повислої у Поліссі*. Використані дані досліджень, проведених на 137 ТПП, де зрубано і обміряно 1287 МД;
* *природні деревостани тополі тремтячої (осики) у Поліссі*. Дослідження компонентів фітомаси проведено на 47 ТПП, де зрубано і обміряно 263 МД;
* *природні та штучні деревостани вільхи клейкої (чорної) у Поліссі*. Дослідні дані підсумовують результати таксації 56 ТПП, де зрубано і обміряно 363 МД.

На основі зібраних даних, в т. ч. частково і за участю авторського колективу, науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України, були розроблені статичні нормативи для оцінки надземної фітомаси та депонованого в ній вуглецю для заначених деревевостанів головних лісотвірних видів України.

Варто зазначити, що окрім статичних нормативів оцінки біопродуктивності лісових насаджень в роботі запропоновано також нормативи, що відображають динамічні тренди біопродуктивності.

Одним з основних інформаційних джерел, без якого неможливо обійтися при стратегічному плануванні лісового господарства, обліку лісів та їх ресурсів є таблиці ходу росту (ТХР). Вони необхідні для проектування та здійснення заходів з підвищення продуктивності лісів, а також слугують для відображення, динаміки росту лісових масивів в межах різних типів лісорослинних умов та природно-кліматичних зон. Наразі використовуються ТХР нормальних, оптимальних та модальних насаджень.

ТХР модальних деревостанів представляють собою деяку усереднену характеристику однорідних груп існуючих деревостанів окремого регіону, при цьому їх кількісне наповнення значною мірою залежить від інтенсивності та якісних параметрів попередньо здійснюваних лісогосподарських заходів. При цьому, основною перевагою ТХР модальних деревостанів, в порівнянні з відповідними нормативами для «нормальних» деревостанів, які містять кількісну характеристику найбільш продуктивних в певних лісорослинних умовах деревостанів і слугують еталоном, на досягнення якого повинно бути направлене ефективне лісове господарство, є відображення динамічних процесів в реально існуючих деревостанах.

Нині для побудови таблиць ходу росту модальних деревостанів поєднують кілька методів з розробкою моделей росту у вигляді математичних залежностей. Зазвичай це аналітичний та статистичний методи. При цьому, кількісні параметри моделей таксаційних показників встановлюються в результаті статистичного опрацювання матеріалів пробних площ та реляційної бази даних “Повидільна таксаційна характеристика лісу” за допомогою регресійних залежностей. Саме зазначений методичний підхід і став базовим в ході моделювання динаміки таксаційних показників панівних лісотвірних видів України в межах даної роботи.

Авторами пропонуються таблиці ходу росту деревостанів головних лісотвірних видів Українських Карпат та Полісся (*ялина європейська, ялиця біла, бук лісовий, береза повисла, осика, вільха клейка (чорна) та сосна звичайна*).

Враховуючи результати роботи 18-ої конференції сторін РКЗК ООН (Катар, 2012 р.), де була продовжена дія Кіотського протоколу, необхідністю стає майбутня оцінка вуглецевого бюджету лісів, яка передбачає таксацію фітомаси, чистої первинної продукції та низки інших показників лісових насаджень, які до цього не визначалися вітчизняною системою обліку лісів. Для ефективної практичної реалізації зазначених задач, потрібні нові види лісотаксаційних нормативів, важливим різновидом яких є моделі і таблиці біопродуктивності лісових насаджень. Вони є основою для пофракційної оцінки динаміки фітомаси, приростів фітомаси та чистої первинної продукції лісів.

Дослідними даними для інформаційного забезпечення моделювання оцінки і прогнозу динаміки компонентів біотичної продуктивності лісів були дані ТПП, основним завданням при використанні яких є встановлення взаємозв’язку між таксаційними показниками і фітомасою лісових насаджень. В результаті проведених досліджень авторами були запропоновані таблиці динаміки біопродуктивності головних лісотвірних видів Українських Карпат та Полісся (*ялина європейська, ялиця біла, бук лісовий, береза повисла, осика, вільха клейка (чорна)*). Крім цього, для карпатських деревних видів були також запропоновані нормативно-довідкові дані для оцінки їх вуглецедепонувальної (таблиці динаміки вуглецю та чистої первинної продукції) та киснепродукувальної функції (таблиці киснепродуктивності).

Аналогічні дослідження були проведені і для урбанізованих лісових насаджень, зокрема міських лісів Києва. Використовуючи відомості, наведені у реляційній базі даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» ВО «Укрдержліспроект», а також розроблені таблиці для кількісного оцінювання киснепродукувальної функції лісових насаджень міських лісів м. Києва, можна розрахувати загальну киснепродуктивність цих лісів, яка досягає 5,7∙106 тонн. Залучаючи інформацію про поточний приріст киснепродуктивності як нормативну, можна стверджувати, що щорічно штучними сосняками міських лісів м. Києва продукується 53,0 тис. тонн кисню. При цьому, загальні обсяги вуглецю, депонованого штучними сосняками міських лісів м. Києва, які становлять 2,0∙106 тонн.

Перспективним інноваційним напрямом сучасних лісівничих досліджень, який тісно пов'язаний з вивченням біопродуктивності лісових фітоценозів, є лісова біоенергетика виробничого спрямування. Одним із об’єктів досліджень в цьому напрямі розглядається енергетичний потенціал деревної біомаси та оптимізація його використання для заміни викопних видів палива з дотриманням концептуальних засад сталого розвитку. В останні десятиліття, екологічна стабілізація навколишнього природного середовища та енергетичне забезпечення життєдіяльності людини розглядалися як два взаємовиключні процеси, які неможливо спрямувати в межах однієї площини для досягнення єдиної суспільної мети. Подібні тенденції характерні також і для початку ХХІ століття, однак є і виключення, які, в першу чергу, пов’язані із використанням відновлювальної енергетичної деревної біомаси. Саме в цьому випадку, за належного наукового супроводу, можна забезпечити поєднання екологічних та енергетичних інтересів суспільства (Василишин, Білоус, Макарчук, Лакида, 2011; Василишин, Білоус, 2011; Василишин, 2013; Лакида, Василишин, 2013).

В сучасних українських реаліях розвиток енергетичної галузі розглядається через призму обсягів та вартості імпортованих енергоресурсів, частка яких в енергетичному балансі країни має домінантне становище. З метою зменшення енергозалежності національної економіки та покращення екологічного стану навколишнього природного середовища, через зменшення викидів шкідливих хімічних речовин в результаті спалювання викопних видів палива, наукове співтовариство ініціює розроблення низки науково-інноваційних проектів використання біомаси, в т.ч. деревної, як стратегічного енергетичного ресурсу. Пошук альтернативних джерел відновлювальної енергії в умовах повної енергетичної залежності України від країн експортерів енергоресурсів з найвищими показниками витрат енергії на одиницю продукції у Європі, є стратегічним завданням для більшості галузей економіки, в тому числі для лісового господарства.

На даному етапі, для успішного вирішення завдань у напрямі оцінки лісоенергетичних можливостей лісогосподарського виробництва України потрібна коректна та об’єктивна оцінка енергопродуктивності лісів, особливо в багатолісних регіонах країни, якими є Карпатський та Поліський регіони. Це завдання частково реалізовано в даній науковій роботі, через розроблення таблиць енергопродуктивності насаджень *ялини європейської, ялиці білої, бука лісового, берези повислої, осики, вільхи клейкої (чорної)*.

Загалом в роботі представлено систему нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки біопродуктивності лісових насаджень, як передумови оцінки їх лісоресурсного потенціалу.

Значна частина, розроблених нормативів були впроваджені в системі підприємств Державного агентства лісових ресурсів України.

**4. Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки біопродуктивності лісових насаджень**

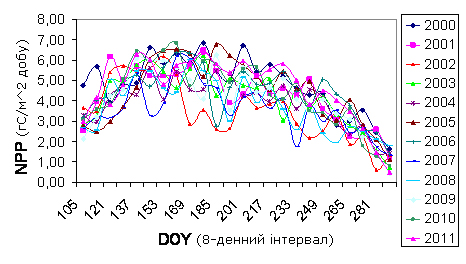
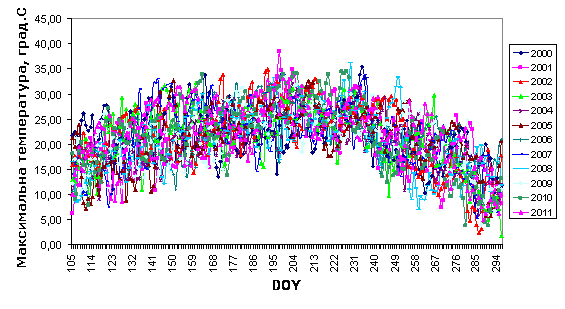
Враховуючи сучасні глобальні кліматичні зміни та зміни в навколишньому середовищі, оцінка і аналіз сучасного стану і динаміки балансу вуглецю є надзвичайно важливим питанням.

Розвиток супутникових технологій, який відбувається протягом останніх десятиліть, дозволяє залучати для таких досліджень методи дистанційного зондування Землі. Такі методи, разом з традиційними наземними вимірюваннями дозволяють покращити оцінки і наше розуміння тенденцій, що відбуваються в екосистемах взагалі і вуглецевому балансі зокрема (рис. 1).

Аналіз даних відносно різних параметрів рослинного покриву, що були отримані з даних ДЗЗ (LAI, FPAR, NDVI та EVI), продуктивності лісового покриву отримані на основі моделі MOD17 (рис. 2) за даними ДЗЗ та метеорологічних даних показав хорошу кореляцію продуктивності лісів з біофізичними параметрами рослинного покриву і температурою повітря. Проте не було виявлено жодної прямої кореляції продуктивності лісового покриву з кількістю опадів.



Рис. 1. Розподіл поглинальної здатності рослинного покриву досліджуваної території, за даними знімка MODIS від 20 липня 2006 р.



(а) (б)

Рис. 2. Сезонна динаміка максимальної температури повітря (а) та чистої первинної продукції (б) для дослідного регіону

Аналіз даних також показав значний вплив високих температур на продуктивність рослинного покриву. Тому нам необхідно сфокусувати майбутні дослідження на оцінку впливів інтенсивності і тривалості посушливих періодів на продуктивність лісів. Це може бути досить корисним для передбачення змін в екосистемах і вуглецевому балансі пов’язаних з кліматичними змінами.

Встановлено сильний взаємозв’язок між водним і вуглецевим циклами лісових фітоценозів. Можна також помітити, що ефективність поглинання вуглецю має певний рівень насичення.

**Практична значимість:**

* + - * створена система нормативно-інформаційного забезпечення оцінки біопродуктивності головних лісотвірних деревних видів України призначена для використання у лісовпорядкуванні під час проектування організації та розвитку лісового господарства, що стосується кожного підприємства лісового господарства в Україні;
      * нормативи оцінки компонентів фітомаси дерев та деревостанів призначені для визначення обсягів біомаси окремих фракцій, що дозволяє використати під час лісозаготівлі, здійснення побічного користування лісом (заготівля лікарської сировини, кормової деревної зелені тощо), ведення мисливського господарства (впорядкування мисливських угідь, організація біотехнічних заходів);
      * нормативи оцінки енергоємності дерев та деревостанів є інформаційним джерелом встановлення вмісту енергії у фітомасі при використанні її для виробництва біопалива;
      * система таблиць ходу росту, біопродуктивності, динаміки депонування вуглецю та енергопродуктивності призначені як інформаційна складова для прийняття рішень в системі управління лісогосподарським виробництвом та проектування організації та розвитку лісового господарства;
      * застосування методів дистанційної оцінки лісів забезпечує моніторинг стану лісів то поточних змін у лісовому фонді та забезпечує інформаційну складову у комплексі польових робіт при лісовпорядкуванні та впорядкуванні мисливських угідь, а також забезпечує оцінку потоків парникових газів та динаміку продуктивності лісових фітоценозів.

**Висновки**

Представлена авторським колективом наукова праця на засадах системного підходу акумулює масштабні наукові досягнення в галузі лісівничої науки щодо оцінки біопродуктивності лісів України, а саме:

1. Створена та впроваджена у виробництво система нормативно-довідкових таблиць є основним інформаційним забезпеченням лісотаксаційних, лісовпорядних та лісогосподарських робіт у контексті раціоналізації та екологізації лісокористування.
2. Розроблені нормативи є інформаційним базисом для оцінки біопродуктивності головних лісотвірних видів (ялини європейської, ялиці білої, бука лісового, берези повислої, осики, вільхи клейкої (чорної) в лісових насадженнях основних лісорослинних зон.
3. Комплексне використання біомаси лісів можливе за умови врахування їх багатофункціонального призначення та багатогранного сировинного, енергетичного та екологічного потенціалу, можливе лише за умови застосування вимірних та достовірних даних про біопродуктивність лісів.
4. Застосування розроблених сучасних методів дистанційної оцінки лісової рослинності дозволяє зменшити обсяг і підвищити ефективність польових лісотаксаційних робіт під час інвентаризації лісового фонду та кругообігу речовин в лісових екосистемах.
5. Встановлено зв'язок біопродуктивності лісів з динамікою температури повітря, що дозволяє здійснити припущення про вплив змін клімату на біопродуктивність лісів, а від так на формування продукції, депонування вуглецю та продукування кисню.

**Автори:**

|  |
| --- |
| **Білоус Андрій Михайлович**  **Василишин Роман Дмитрович**  **Лакида Іван Петрович**  **МОВЧАН Дмитро Михайлович** |