

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ШЕВЧУК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 630*5:630*681(477.41)

**ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНА ОЦІНКА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЛІСІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ
ТА ЙОГО СТАЛЕ ВИКОРИСТАННЯ**

06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН
Лакида Петро Іванович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
директор Навчально-наукового інституту
лісового і садово-паркового господарства

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, доцент
Гриник Георгій Георгійович,
Державний вищий навчальний заклад
«Національний лісотехнічний університет України»,
професор кафедри лісовпорядкування
та лісової таксації

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Букша Ігор Федорович,
Український ордена «Знак Пошани»
науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького,
завідувач лабораторії моніторингу
і сертифікації лісів

Захист відбудеться «06» липня 2020 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.09 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «05» червня 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. Г. Лащенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах недостатнього забезпечення України власними викопними паливно-енергетичними ресурсами та зрівноваження екологічних й енергетичних інтересів суспільства, актуальною постає проблема використання відновлювальних джерел енергії, де деревина та продукти її переробки виступають одними з найбільш доступних, екологічних і перспективних джерел відновлювальної енергії, особливо для сільських територій та підприємств лісопромислового комплексу.

Оцінка запасів енергії, акумульованої в компонентах фітомаси та мортмаси лісів України з погляду можливого її використання для енергетичних потреб суспільства необхідна для вирішення проблем, пов'язаних із пошуком альтернативних джерел енергії. Лісова біоенергетика, як інноваційне спрямування сучасної лісівничої науки, тісно пов'язана з дослідженнями біопродуктивності лісів, є його похідною і базується на її теоретичних засадах (Лакида П. І., 2002; Миклуш С. І., 2008; Букша І. Ф., Пастернак В. П., 2008; Smeets E. M. W. et all., 2010; Васишин Р. Д., 2013, 2014, 2016, 2018; Швиденко А. З. та ін., 2014; Білоус А. М., 2015; Ситник С. А., 2017; Гелетуха Г. Г. та ін., 2018).

Дослідження біопродуктивності та енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся дозволить комплексно оцінити процеси накопичення енергії у лісових екосистемах регіону та розробити нормативно-інформаційне забезпечення використання їх еколого-енергетичного потенціалу на засадах економічної сталості та екологічної збалансованості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація є частиною фундаментальних і прикладних досліджень, що виконувалися співробітниками кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України в рамках наступних держбюджетних тем: «Проблеми сталого використання лісових ресурсів в умовах глобальних змін клімату» (номер державної реєстрації 0114U000651) та «Теоретико-методичні основи оцінювання та сталого використання енергетичного потенціалу деревної біомаси у Поліському регіоні України» (номер державної реєстрації 0116U001590), до яких здобувач залучався як виконавець окремих розділів.

Мета та завдання дослідження. Мета дисертації – опрацювати методичні основи і розробити нормативно-інформаційне забезпечення для оцінювання енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся та сталого його використання.

Досягнення сформульованої мети передбачало вирішення таких завдань:

- дослідити ресурсний потенціал лісів Київського Полісся та перспективи його використання для забезпечення сталого розвитку регіону;
- опрацювати теоретичні засади і методичні підходи до оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси в лісах регіону;
- розробити математичні моделі та опрацювати лісівничо-таксаційні передумови оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси в лісах Київського Полісся;

– здійснити кількісну оцінку енергоємності компонентів фітомаси і мортмаси лісів Київського Полісся та енергетичного потенціалу деревної біомаси в них;

– здійснити кількісну оцінку енергетичного потенціалу деревної біомаси в лісах регіону та у Відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» як модельному об'єкті.

Об'єкт дослідження – процеси формування біопродуктивності лісів Київського Полісся та їх енергетична функція.

Предмет дослідження – параметрична структура енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся та його стале використання.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у процесі виконання дослідження використано як загальнонаукові, так і спеціальні методи пізнання, які застосовуються у лісівництві та лісовій таксації. Встановлення зв'язків між таксаційними ознаками насаджень здійснено статистичними методами, моделювання математичних залежностей між ними – за допомогою регресійного аналізу. Оцінку придатності та адекватності моделей проведено за допомогою стандартних методів математичної статистики. Камеральні роботи виконано на ПК із використанням спеціальних таксаційних і біометричних програм, розроблених науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. Визначення взаємозв'язків і моделювання показників енергетичного потенціалу деревостанів виконано на основі даних тимчасових пробних площ, бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» ВО «Укрдержліспроєкт» та офіційних статистичних даних щодо діяльності державних лісгосподарських підприємств у регіоні дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. На засадах системного підходу з використанням методів математичного моделювання та аналізу отримано основні положення комплексного оцінювання енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся, які визначають наукову новизну і полягають у наступному:

вперше:

– розроблено математичні моделі та інформаційну основу для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси (фітомаса і мортмаса) в лісах регіону;

– встановлено параметри енергоємності компонентів фітомаси і мортмаси насаджень панівних лісотвірних видів Київського Полісся;

– визначено та оцінено енергетичний потенціал деревної біомаси в лісах регіону;

– здійснено оцінку енергетичного потенціалу та його збалансованого використання у Відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» як модельному об'єкті з використанням сучасних інформаційних технологій;

удосконалено методичні підходи до оцінювання енергетичного потенціалу лісових деревних відходів з урахуванням особливостей лісорослинних умов;

отримало подальший розвиток дослідження ресурсного й енергетичного потенціалу лісів та його стале використання на засадах системного підходу.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертаційного дослідження у вигляді інформаційних матеріалів для кількісної оцінки енергопродуктивності й енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся передано для практичного використання Українському центру підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів лісового господарства «Укрцентркадріліс», Київському обласному та по місту Києву управлінню лісового та мисливського господарства, а також Відокремленому підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція».

Отримані результати досліджень також використовуються у навчальному процесі Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України при викладанні дисциплін зі спеціальності «Лісове господарство».

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналізу літературних джерел, зборі та камеральному обробленні дослідних даних. Здобувачем опрацьовано теоретичні й методичні підходи з оцінки енергетичних потенціалів деревостанів. Розроблено математичні моделі та нормативні таблиці оцінки енергетичного потенціалу деревостанів Київського Полісся. Здійснено оцінку енергетичного потенціалу лісів регіону та обґрунтовано обсяги його збалансованого використання. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у роботі використано лише ті ідеї та положення, що є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та теоретичні положення дисертації було оприлюднено на: Міжнародній науково-практичній конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та молодих учених (м. Київ, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (м. Київ, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліси, парки, технології: сьогодення та майбутнє» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Наука – інноваційному розвитку лесного господарства» (м. Гомель, Республіка Білорусь, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики XXI століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (м. Київ, 2015 р.); 65-тій та 66-тій науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» (м. Львів, 2015 р., 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми лісового сектору та садово-паркового господарства» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліси Східної Європи

у світі, що змінюється» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів» (м. Київ, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя» (м. Київ, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів» (м. Київ, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Лісова типологія як основа наближеного до природи лісівництва» (м. Київ, 2019 р.).

Публікації. Основні положення наукових досліджень за темою дисертації опубліковано у 29 наукових працях, з яких 2 статті у наукових фахових виданнях України, 6 статей у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої країни, науково-виробничий довідник, 4 науково-методичних рекомендацій та 15 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 209 сторінок. Цифровий матеріал представлено в 34 таблицях, графічні дані ілюстровано 24 рисунками. Список використаних джерел містить 235 найменувань, у тому числі 62 латиною.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 «Сучасний стан досліджень енергетичного потенціалу лісів». У сучасних реаліях України обсяги власних енергоресурсів, в умовах зовнішніх геополітичних загроз, виступають одним із найважливіших критеріїв національної безпеки. Її вирішення може бути реалізоване запровадженням новітніх підходів до енергозабезпечення національного виробництва, які направлені на максимізацію використання відновлювальних джерел енергії, у тому числі й рослинної біомаси.

Нині одним із найважливіших ресурсів у системі біологічно відновлювальних джерел енергії виокремлюється рослинна біомаса. Це найбільш універсальний ресурс на Землі. З одного боку вона становить ключову складову продовольчої безпеки, з іншого – джерело відновлювальної енергії.

Фахівцями в галузі відновлювальної енергетики відзначається, що за обсягами енергетичного використання біомаса посідає четверте місце у світі. Водночас, протягом останніх років і в Україні спостерігається поступове зростання частки біомаси для виробництва теплової та електричної енергії (Антоненко В. та ін., 2017).

Рослинна біомаса є органічною матерією, яка утворюється популяцією в певних просторових і часових межах та слугує мірилом біологічної продуктивності (Олійник Є. та ін., 2016). Вона утворюється в процесі фотосинтезу за участю діоксиду вуглецю з атмосфери та води з ґрунту,

забезпечуючи при спалюванні кругообіг CO_2 , що дозволяє вважати її CO_2 -нейтральним паливним енергетичним ресурсом. За допомогою хімічних або біохімічних процесів біомаса може бути трансформована в інші види палива або в кінцеву енергію (Адаменко О. та ін., 2000; Дубровін В. О. та ін., 2004; «Renewable Energy...», 2007 та ін.).

За даними світової енергетичної статистики нині загальна маса органічної рослинної речовини оцінюється на рівні 2000 млрд т. При цьому, загальна маса наземних рослин становить орієнтовно 1800 млрд т, з яких до 1600 млрд т припадає на біомасу лісових біогеоценозів. Згаданим ресурсом встановлено, що річний приріст біомаси знаходиться на рівні 400000 млн т, із швидкістю акумулювання енергії надземною біомасою близько $3000 \text{ Едж} \cdot \text{рік}^{-1}$, або 95 ТВт («Key World Energy...», 2014).

Енергія як один із найважливіших ресурсів для забезпечення існування гетеротрофних організмів у природних екосистемах стала об'єктом систематичних досліджень ще у першій половині минулого століття. У цей час про неминучість зменшення запасів природних ресурсів і необхідність пошуку шляхів вирішення проблеми ресурсозабезпечення розмірковував у своїй науковій праці «Автотрофность человечества» академік В. І. Вернадський (1937). Аналізуючи згадану роботу, А. В. Прокіп (2014) зазначає, що В. І. Вернадський особливу увагу приділяв твердженню, за яким існування людини, яка за характером акумулювання енергії є гетеротрофом, у результаті залежить від функціонування автотрофних організмів.

Проблематика дослідження різних аспектів виробництва й споживання енергії знаходить своє відображення в наукових роботах технічного (Соуфер С., Заборски О., 1984; Трайдел Дж., 1990; Гелетуха Г. Г. та ін., 2013; Дубровін В. О., 2014), економічного (Бедернічек Т. Ю. 2008; Прокіп А. В., 2011; Lakyda P. I. et all., 2011; Rettenmaier N. et all., 2011; Олійник Є. та ін., 2016), екологічного (Одум Ю., 1986; Дідух Я. П., 2007; Васишлин Р. Д., Білоус А. М., 2011; Васишлин Р. Д., 2013; Ситник С. А., Ловинська В. М., 2016) та біологічного (Дідух Я. П., 2007; Альошкіна У. М., 2008; Лакида П. І. та ін., 2011; Котляревська У. М., Білоус А. М., 2017, Гриник Г. Г., 2018) спрямування.

Враховуючи, що ліси відіграють важливу роль в акумулюванні сонячної енергії та її трансформації на різних трофічних рівнях, із загальної сукупності вказаних вище наукових робіт протягом поточного десятиліття виокремилися наукові праці лісівничого спрямування щодо дослідження енергетичної функції лісових фітоценозів (Васишлин Р. Д., 2013; Білоус А. М., 2017).

Зокрема, Р. Д. Васишлиним (2017) запропоновано теоретико-методологічні та методичні засади оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах, що базуються на засадах сталого лісоуправління. Запропонована загальна схема оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси передбачає поетапне оцінювання п'яти його видів: теоретично можливого, технічно доступного, екологічно безпечного, економічно доцільного та соціально зумовленого.

Світові тенденції досліджень енергетичного потенціалу деревної біомаси лісів характеризуються комплексністю наукових підходів та інноваційністю одержаних результатів. Значна частина проаналізованих наукових розробок може бути адаптована до українських реалій.

Розділ 2 **«Характеристика регіону дослідження»**. За схемою комплексного лісогосподарського районування України, розробленою С. А. Генсіруком (2002), територія Київського Полісся віднесена до Києво-Чернігівського Поліського лісогосподарського округу Придніпровсько-Поліського лісогосподарського району. Вона характеризується найбільшою однорідністю за геоморфологічними умовами, складом і структурою лісів, використанням та відтворенням лісових ресурсів. В адміністративних межах Київської області зона Полісся домінуюча, за винятком лісових масивів південних лісогосподарських підприємств.

Природні умови Київського Полісся сприятливі для сільськогосподарського та лісогосподарського використання. Частину земель Київського Полісся вилучено з господарського обігу в зв'язку з радіаційним забрудненням внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Родючість ґрунтів і відповідно продуктивність деревостанів, які на них зростають, значною мірою залежить від температури ґрунту, яка може істотно відрізнятися місцями в межах кількох метрів. У зимовий період теплові властивості ґрунту визначаються станом і висотою снігового покриву. Стійке промерзання ґрунту зростає з південного заходу на північний схід і може тривати до 150 днів (Бабиченко М. Б. и др., 1984). До найпоширеніших типів лісорослинних умов регіону належать свіжий (23,8 %) та вологий (12,6 %) субір («Справочник...», 1990).

Основними формаціями лісів Київського Полісся слугують соснові, дубово-соснові, грабово-дубово-соснові, широколистяно-грабові і вільхові деревостани. Серед деревних видів найпоширеніші сосна звичайна, дуб звичайний, клен гостролистий, береза повисла і пухнаста, вільха клейка, осика, граб та ін. Деревостанам притаманний відносно бідний підлісок, представлений горобиною, крушиною ламкою, бруслиною бородавчастою, ліщиною.

Аналіз фізико-географічних, кліматичних, ґрунтових і гідрологічних умов району дослідження свідчить, що природні умови Київського Полісся позитивно впливають на ріст, розвиток і біологічну продуктивність деревостанів основних лісотвірних деревних видів, що дозволяє вести стале лісове господарство з оптимальним забезпеченням для суспільства соціальних, екологічних та економічних (у т. ч. енергетичних) функцій.

Для отримання таксаційної характеристики насаджень досліджуваного регіону було сформовано запит до реляційної бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» наданої ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011 р.

За результатами аналізу цієї бази на досліджуваній території 70,6 % площі та 80,8 % загального запасу становлять деревостани сосни звичайної. На другому місці як за площею (14,8 %), так і за запасом (8,0 %) знаходяться деревостани берези повислої. Вільха клейка також відноситься до

переважаючих видів цієї території, адже домінує у низинних болотистих місцинах із проточною вологою (6,2 % за площею та 4,5 % за запасом). Надзвичайно цінні як у економічному, так і екологічному вимірі у лісах Полісся деревостани з дубом звичайним як головним лісотвірним видом. У досліджуваному регіоні такі деревостани зростають на площі 25053,1 га (5,8 %) і посідають четверте місце за поширенням, однак третє за запасом (5,1 %). Інші деревні види, а їх зростає у деревостанах Київського Полісся понад 50, за площею і запасом не перевищують 1,0 %.

У дослідженнях енергетичного потенціалу лісів важливе місце займає вікова структура деревостанів, адже від неї практично функціонально залежить структура деревної продукції, яка може бути використана для промислових цілей, у тому числі й для відновлювальної енергетики. Одержані дані свідчать, що розподіл деревостанів за групами віку практично копіює вікову структуру лісів України, де частка стиглих і перестиглих деревостанів мінімальна, а домінують середньовікові деревостани. У лісах Київського Полісся домінують деревостани I, II та I^a класів бонітету, під якими сумарно знаходиться 86,2 % загальної площі вкритих лісовою рослинністю ділянок регіону. На високопродуктивні деревостани (I^b–I^d класів бонітету) припадає 3,7 %, тоді як на низькопродуктивні (V–V^a класів бонітету) лише 0,5 %.

Аналізуючи відносну повноту деревостанів варто зазначити, що вони високоповнотні, адже частка площі ділянок, вкритих лісовою рослинністю з повнотою 0,6 і нижче становить усього 15,7 %. Найбільша частка деревостанів з повнотою 0,8 (38,0 %), у цілому ж високоповнотні деревостани (0,7 і вище) охоплюють 84,3 % загальної площі насаджень, що свідчить про досить високий рівень ведення лісового господарства у досліджуваному регіоні.

Проведений аналітичний пошук у базі даних засвідчив, що з 32 типів лісу, в яких зростають деревостани основних лісотвірних видів у Київському Поліссі домінують свіжий сосново-дубовий суббір (B₂ДС), вологий сосново-дубовий суббір (B₃ДС), свіжий сосновий бір (A₂С) та свіжий грабово-дубово-сосновий сугрудок (С₂ГДС), які за площею поширення сягають 71,1 % лісів досліджуваного регіону. Розподіл площ і запасів представлених деревостанів за типами лісорослинних умов у лісах досліджуваного регіону підтверджує й типологічну структуру, де домінують суборові типи (56,4 %) із широким діапазоном вологості ґрунтів від 1 до 5 за шкалою Алексеева-Погребняка (Погребняк П. С., 1993).

За даними лісовпорядкування станом на 2011 р. до зони Київського Полісся відносяться 9 держлісгоспів із загальною площею 210,27 тис. га, або 48,3 % від загальної площі лісів Поліської зони. У підприємствах регіону за площею переважають хвойні деревостани (77,8 %), із головним лісотвірним видом сосною звичайною. Істотно меншу частку становлять м'яколистяні насадження (16,2 %), де головними лісотвірними видами виступають береза повисла, вільха клейка та тополя тремтяча (осика). Твердолистяні деревостани представлені переважно дубом звичайним та його супутниками (ясен звичайний, граб звичайний тощо), однак частка цієї групи лісостанів найменша (6,0 %).

Досліджуючи деревостани Київського Полісся та орієнтуючись, передусім, на державні лісогосподарські підприємства, підпорядковані Державному агентству лісових ресурсів України, було сформульовано завдання розглянути хоча б одне лісогосподарське підприємство, як пілотну територію, що не входить в систему управління зазначеного відомства. Таким підприємством було обрано Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція».

Станція розташована у центральній частині Київської області на території Києво-Святошинського, Васильківського, Макарівського адміністративних районів і Голосіївського району м. Києва на площі 17934,0 га. За даними останнього лісовпорядкування (2017 р.) загальна площа ділянок, вкритих лісовою рослинністю, становить 16127,0 га із загальним запасом 4631,98 тис. м³. Вікова структура лісів станції та інші таксаційні показники деревостанів певним чином копіюють відповідні тенденції розподілу деревостанів Київського Полісся. Так, за групами віку спостерігається лише та різниця, що у ній відсутня категорія експлуатаційних лісів, а отже, середній вік деревостанів і вік рубки істотно вищий.

Одержані дані стали інформаційною основою для моделювання енергопродуктивності деревостанів із подальшою оцінкою їх енергетичного потенціалу як на рівні досліджуваного регіону – Київського Полісся в цілому і його державних лісогосподарських підприємств, так і пілотного підприємства – Боярської лісової дослідної станції.

Розділ 3 «**Методика дослідження та характеристика дослідних даних**». У межах дисертації за основу використано методику збору та обробки дослідного матеріалу, опрацьовану П. І. Лакидою (2002), яка зорієнтована на дослідження фітомаси дерев і деревостанів та ґрунтується на поєднанні класичних таксаційних, статистичних і математичних методів. За методичний базис для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси лісів Київського Полісся слугували теоретико-методичні підходи, запропоновані Р. Д. Васишиним (2014).

Для інформаційного забезпечення моделювання оцінки стану і прогнозу динаміки компонентів біологічної продуктивності, як основи енергетичних досліджень, були використані 42 тимчасові пробні площі, 25 з яких закладені за участю здобувача у Боярській лісовій дослідній станції (18 – сосна звичайна, 4 – дуб звичайний, 3 – береза повисла) та 17 тимчасових пробних площ науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. Загальна кількість опрацьованих модельних дерев становила 155 шт.

Усі пробні площі були опрацьовані за єдиною методикою згідно з лісівничими та лісотаксаційними вимогами в переважаючих типах лісорослинних умов (табл. 1).

Розподіл тимчасових пробних площ за віком, класами бонітету, відносною повнотою певним чином відображає структуру лісів досліджуваного регіону.

Таблиця 1

Розподіл пробних площ за породами та типами лісорослинних умов, шт.

Порода	Тип лісорослинних умов						Усього
	A ₂	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₂	
Сосна	1	10	–	14	–	–	25
Дуб	–	1	–	1	–	5	7
Береза	–	5	4	–	1	–	10
Разом	1	16	4	15	1	5	42

За методичний базис для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси та енергоємності лісів Київського Полісся слугували теоретико-методичні підходи, що базуються на основних засадах сталого розвитку, тобто забезпечують мінімізацію впливу лісозаготівель на навколишнє природне середовище й враховують соціально-економічні аспекти функціонування місцевих громад (Василишин Р. Д., 2014).

Використана методика передбачає оцінювання п'яти типів енергетичного потенціалу деревної біомаси у межах трьох її основних складових: дров'яна стовбурова деревина, лісові деревні відходи та лісопромислові деревні відходи (Василишин Р. Д., 2018). Вона також була удосконалена у частині оцінювання екологічно безпечного енергетичного потенціалу лісових деревних відходів. Зокрема, запропоновано кількісні значення частки лісосічних залишків, які необхідно залишати на лісовій ділянці для забезпечення підтримання стабільності системи обміну органічними речовинами між ґрунтом та зеленими автотрофними рослинами.

Норми диференційовано залежно від пріоритетної мети використання лісосічних залишків: середовищевірна, що відображає необхідну їх частку перегнивання на ділянці та енергетична, яка регламентує можливу їх частку для енергетичного використання. Запропоноване доповнення до згаданої методики базується на узагальненні наукового й виробничого досвіду. Фрагмент відповідних нормативів для соснових деревостанів представлено у табл. 2 та 3.

Таблиця 2

Норма використання лісосічних залишків під час проведення рубок формування та оздоровлення лісів у соснових деревостанах Київського Полісся

Фракція лісосічних залишків	Мета використання лісосічних залишків	Тип лісорослинних умов	Норма використання лісосічних залишків, %
Гілки з хвоєю, $d < 1$ см	середовищевірна	всі	100
	енергетична	всі	–
Гілки, $d > 1$ см	середовищевірна	A ₀ , A ₁ , B ₁	30
		C ₁ , D ₁	40
		A ₂ –A ₅ , B ₂ –B ₅	70
		C ₂ –C ₅ , D ₃	60
	енергетична	A ₀ , A ₁ , B ₁	70
		C ₁ , D ₁	60
		A ₂ –A ₅ , B ₂ –B ₅	30
		C ₂ –C ₅ , D ₃	40

**Норма використання лісосічних залишків під час проведення рубок
головного користування у соснових деревостанах Київського Полісся**

Фракція лісосічних залишків	Мета використання лісосічних залишків	Тип лісорослинних умов	Норма використання лісосічних залишків, %
Гілки з хвоєю, $d < 1$ см	середовищевірна	всі	80
	енергетична	всі	20
Гілки, $d > 1$ см	середовищевірна	A_0, A_1, B_1	20
		C_1, D_1	30
		A_2-A_5, B_2-B_5	60
		C_2-C_5, D_3	50
	енергетична	A_0, A_1, B_1	80
		C_1, D_1	70
		A_2-A_5, B_2-B_5	40
		C_2-C_5, D_3	50

Використана у дисертації методика із запропонованими доповненнями дозволяє здійснити кількісну оцінку показників різних типів енергетичного потенціалу згаданих структурних складових деревної біомаси лісів Київського Полісся, забезпечуючи базові засади сталого розвитку лісогосподарського виробництва у частині його екологізації.

Розділ 4 «Оцінка енергетичного потенціалу лісів та його стале використання». За інформаційний базис для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах та загального вмісту енергії, акумульованої у компонентах фітомаси дерев слугують значення їх питомої енергоємності. Згадані показники у межах дисертації встановлено на основі значень базисної щільності компонентів фітомаси дерев сосни звичайної, дуба звичайного та берези повислої (табл. 4 та 5), оскільки згадані деревні види домінують у видовій структурі насаджень досліджуваного регіону та охоплюють понад 80 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок.

Таблиця 4

**Середня питома енергоємність компонентів фітомаси стовбура дерев
панівних лісотвірних видів Київського Полісся**

Деревний вид	Вміст енергії в абсолютно сухій речовині компонентів фітомаси, ГДж·(м ³) ⁻¹		
	деревина	кора	деревина + кора
Сосна звичайна (природні насадження)	7,68	5,56	7,49
Сосна звичайна (штучні насадження)	7,18	5,25	7,02
Дуб звичайний	8,87	8,08	8,92
Береза повисла	9,02	8,84	8,97

Згадані параметри енергоємності вказують на значну їх диференціацію як для різних деревних видів, так і в межах компонентів фітомаси одного деревного виду. Так, найвищий показник енергоємності характерний для

деревини гілок дуба звичайного (у абсолютно сухому стані), один кубічний метр якої за цим показником еквівалентний 358 м³ природного газу. Тоді як для стовбура найвищі показники у Київському Поліссі притаманні для деревини – 9,02 ГДж·(м³)⁻¹ та кори – 8,84 ГДж·(м³)⁻¹ берези повислої.

Таблиця 5

**Середня питома енергоємність компонентів фітомаси крони (гілки)
дерев панівних лісотвірних видів Київського Полісся**

Деревний вид	Вміст енергії в абсолютно сухій речовині компонентів фітомаси, ГДж·(м ³) ⁻¹		
	деревина	кора	деревина + кора
Сосна звичайна (природні насадження)	8,25	6,45	7,88
Сосна звичайна (штучні насадження)	7,10	7,59	7,19
Дуб звичайний	11,37	8,59	10,58
Береза повисла	8,71	10,21	8,96

Проведена в межах дисертації оцінка загальних обсягів енергії, акумульованої у рослинній біомасі лісів Київського Полісся (124,07 млн т абсолютно сухої речовини, у тому числі 111,01 – фітомаса; 13,06 – мортмаса) показала, що загальний вміст акумульованої в ній енергії становить 2210,6 ПДж (2210,6·10¹⁵ Дж), у тому числі у фітомасі – 1976,95 ПДж (табл. 6). За своїм еквівалентом це орієнтовно відповідає 75,2 млн т умовного палива (т у. п.), у тому числі для хвойних деревостанів відповідно 1455,6 ПДж, або 49,5 млн т у. п., твердолистяних – 447,3 ПДж, або 15,2 млн т у. п., м'яколистяних – 306,3 ПДж, або 10,4 млн т у. п. Енергетична частка інших деревних видів становить менше 0,1 %, або 1,4 ПДж та 46,3 тис. т у. п.

Таблиця 6

Загальний вміст енергії у рослинній біомасі лісів Київського Полісся

Група порід	Енергоємність рослинної біомаси, ПДж	
	фітомаса	мортмаса
Хвойні	1308,55	147,04
Твердолистяні	392,43	54,83
М'яколистяні	274,95	31,38
Інші деревні види	1,02	0,34
Разом	1976,95	233,60

Частка загальної енергоємності мортмаси у загальній структурі енергії акумульованої у рослинній біомасі лісів Київського Полісся знаходиться на рівні 10,5 %. У видовій структурі домінантні позиції посідають соснові деревостани, в яких акумульовано понад 62 % обсягів енергії лісів Київщини. Друга і третя позиції – за дубовими й березовими деревостанами з показником 16 і 8 % відповідно.

У процесі дослідження встановлено пряму залежність щільності акумульованої енергії з продуктивністю деревостанів. Кількісні значення згаданого показника змінюються від 343,17 МДж·(м²)⁻¹ для деревостанів I^a і вище класів бонітету до 144,17 МДж·(м²)⁻¹ для деревостанів V і нижче класів

бонітету. Аналогічні тенденції притаманні й для зміни показника приросту енергії у фітомасі стовбурів дерев, зокрема у деревостанах I^b класу бонітету спостерігається значення 89,3 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹, яке поступово знижується до 30,5 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ у деревостанах V^b класу бонітету (табл. 7).

Таблиця 7

**Кількісні значення якісних показників енергоємності біомаси лісів
Київського Полісся у межах класів бонітету**

Клас бонітету	Якісний показник енергоємності	
	щільність енергії фітомаси, МДж·(м ²) ⁻¹	щільність енергії мортмаси, МДж·(м ²) ⁻¹
I ^a і вище	343,17	39,43
I	321,53	37,39
II	287,68	35,41
III	218,40	31,52
IV	171,17	36,02
V і нижче	144,17	43,21
Середнє	315,43	37,99

Щодо енергоємності мортмаси лісів регіону, то тут найвищий показник щільності енергії характерний для деревостанів V і нижче класів бонітету – 43,21 МДж·(м²)⁻¹. У таких деревостанах спостерігається значна кількість деревної ламани та гілок. У деревостанах високих класів бонітету щільність енергії мортмаси формується в основному за рахунок сухостою та лісової підстилки.

У межах реалізації дисертаційного дослідження із залученням матеріалів реляційної бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісу», використанням згаданих теоретико-методичних підходів, що враховують застосування діючих нормативних документів у галузі лісового господарства та деревообробної промисловості (лісовпорядні інструкції, правила здійснення різних лісогосподарських заходів, нормативи утворення відходів у результаті обробки деревини тощо), галузеву лісогосподарську статистику та еколого-економічні особливості розвитку місцевих громад Київського Полісся, було розраховано кількісні показники п'яти типів енергетичного потенціалу у межах трьох структурних складових деревної біомаси (табл. 8). В окремих випадках, за умови відсутності достовірних даних, в розрахунках використовували експертні оцінки на основі виробничих даних та інформації з наукових літературних джерел.

Частка дров'яної стовбурової деревини у загальному обсязі соціально зумовленого потенціалу становить майже 68 %. На інші складові припадає відповідно 19,6 % – лісові деревні відходи та 12,6 % – лісопромислові деревні відходи. При цьому, понад 80 % потенціалу дров'яної стовбурової деревини й потенціалу лісопромислових деревних відходів щороку споживається для суспільних потреб. Реальний незадіяний потенціал становить близько 3 ПДж, або 420 тис. м³.

Враховуючи санітарний стан лісів досліджуваного регіону, розрахований енергетичний потенціал може значно зрости за рахунок сухостою та

збільшення обсягів заготівлі низькоякісної деревини у процесі здійснення санітарних оздоровчих заходів. Загалом енергетичний потенціал сухоостою, який у найближчі 3–5 років можна залучити додатково до енергетичного потенціалу біомаси лісів регіону знаходиться на рівні 280 тис. т, або 5,1 ПДж, що еквівалентно майже 160 млн м³ природного газу.

Таблиця 8

**Щорічний енергетичний потенціал деревної біомаси
у насадженнях Київського Полісся**

Вид деревної біомаси	Кількісний показник потенціалу			
	тис. м ³	тис. т*	ПДж	тис. т у.п.
<i>Теоретично можливий</i>				
Дров'яна стовбурова деревина	1446,9	593,2	10,61	361,7
Лісові деревні відходи	876,1	335,5	6,00	204,6
Лісопромислові деревні відходи	232,4	99,2	1,77	60,5
Разом	2555,3	1028,0	18,38	626,8
<i>Технічно доступний</i>				
Дров'яна стовбурова деревина	1156,1	474,0	8,47	289,0
Лісові деревні відходи	700,0	268,1	4,79	163,5
Лісопромислові деревні відходи	139,3	59,5	1,06	36,3
Разом	1995,3	801,6	14,33	488,7
<i>Екологічно безпечний</i>				
Дров'яна стовбурова деревина	924,8	379,2	6,78	231,2
Лісові деревні відходи	372,5	142,7	2,55	87,0
Лісопромислові деревні відходи	139,3	59,5	1,06	36,3
Разом	1436,6	581,3	10,39	354,4
<i>Економічно доцільний</i>				
Дров'яна стовбурова деревина	878,6	360,2	6,44	219,6
Лісові деревні відходи	245,6	94,1	1,68	57,4
Лісопромислові деревні відходи	139,3	59,5	1,06	36,3
Разом	1263,5	513,8	9,19	313,2
<i>Соціально зумовлений</i>				
Дров'яна стовбурова деревина	775,1	317,8	5,68	193,8
Лісові деревні відходи	240,7	92,2	1,65	56,2
Лісопромислові деревні відходи	139,3	59,5	1,06	36,3
Разом	1155,0	469,4	8,39	286,2

Примітка. У абсолютно сухому стані

Водночас, за умови погіршення ситуації із всиханням сосняків у регіоні дослідження та за відсутності дієвих нормативних механізмів для швидкого реагування на таку ситуацію, кількість енергетичної дров'яної біомаси у Київському Поліссі може зрости у десятки разів, в основному за рахунок сухостійної деревини.

Екозбалансоване використання деревної біомаси для енергетичних цілей виступає невід'ємною складовою системи сталого лісоуправління, що направлене на багатocільове, безперервне й невиснажливе використання лісових ресурсів, забезпечуючи баланс екологічних, економічних і соціальних аспектів лісокористування, максимізуючи збереження природного

біорізноманіття й екосистемних функцій лісів для потреб нинішніх та майбутніх поколінь. У цьому контексті Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» активно впроваджує новітні підходи екосистемного менеджменту для реалізації стратегічних завдань сталого розвитку лісового господарства.

Із метою забезпечення прийняття обґрунтованих рішень щодо сталого використання деревної біомаси лісів для енергетичних цілей, у межах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» апробовано програмний продукт «Лісовпорядник». Базовою атрибутивною інформацією, у межах згаданого програмного продукту, для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах досліджуваного підприємства слугують дані щодо запланованих лісгосподарських заходів, пов'язаних із заготівлею деревини (рубки формування й оздоровлення лісів та рубки головного користування).

Поєднання таких даних з просторовою картографічною інформацією дозволяє оперативно оцінювати кількісні значення технічно доступного, екологічно безпечного та економічно доцільного енергетичного потенціалу таких структурних складових деревної біомаси, як дров'яна стовбурова деревина та лісові деревні відходи.

Представлений інструментарій, розроблено І. Л. Алексіюком за участю здобувача, дозволяє точно враховувати технічну доступність деревної біомаси, у тому числі й через наявність лісових доріг, виокремлювати особливо цінні для збереження лісові ділянки та оцінювати віддалі транспортування біомаси і відповідно встановлювати показники економічної доцільності заготівлі лісових деревних відходів на тій чи іншій лісовій ділянці (рис.).

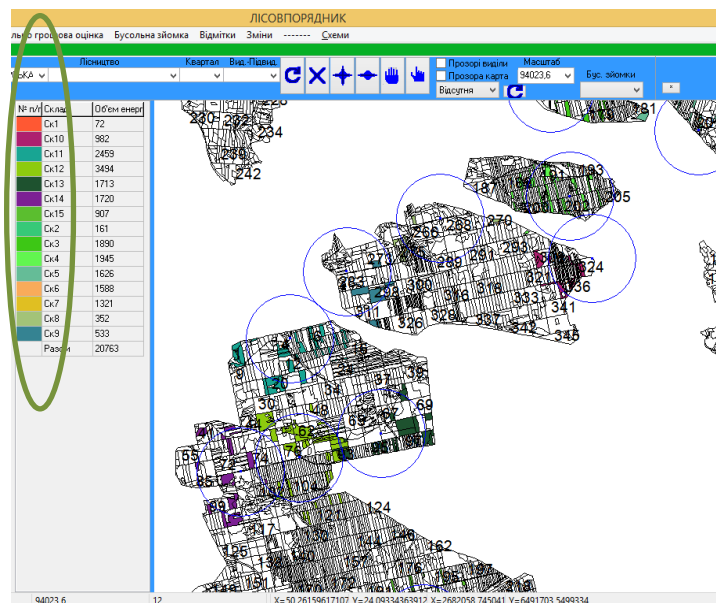


Рис. Просторове розташування складів лісопродукції у межах лісового фонду Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція»

Використовуючи сучасні інформаційні технології й концептуальні принципи сталого використання енергетичного потенціалу деревної біомаси, розраховано кількісні показники енергетичного потенціалу деревної біомаси Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція». Показники для соціально-зумовленого енергетичного потенціалу представлено у табл. 9.

Таблиця 9

Щорічний соціально зумовлений енергетичний потенціал деревної біомаси у Відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція»

Вид деревної біомаси	Кількісний показник потенціалу			
	тис. м ³	тис. т*	ТДж	тис. т у. п.
Дров'яна стовбурова деревина	8,8	3,6	64,53	2,2
Лісові деревні відходи	0,7	0,3	4,79	0,2
Лісопромислові деревні відходи	0,9	0,4	6,85	0,2
Разом	10,4	4,2	74,81	2,6

Примітка. У абсолютно сухому стані

Щорічний енергетичний потенціал деревної біомаси Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція», використання якого відповідає принципам сталого ведення лісового господарства, становить близько 75 ТДж або 10 тис. м³. При цьому, незадіяним залишається тільки потенціал лісових деревних відходів – до 700 м³. Залучивши до енергосектору понад 30 тис. м³ деревної біомаси, у тому числі й реалізованої місцевим громадам, підприємство забезпечуватиме щорічне зниження викидів вуглецю на рівні 4,5 тис. т, через заміщення викопних видів палива.

ВИСНОВКИ

У дисертації, з використанням основних засад системного підходу, одержано комплексні результати, які відображають лісівничо-таксаційну оцінку енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся.

За результатами дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. В українських реаліях відновлювальна рослинна біомаса виступає стратегічним енергетичним ресурсом, який, порівняно з викопними видами палива, має такі екологічні переваги як зниження викидів парникових газів та зменшення концентрації важких металів у повітрі. За проведеним аналізом, сучасні світові наукові тенденції спрямовані на дослідження економічних, екологічних і соціальних передумов максимізації використання різних видів деревного палива, у тому числі й деревної біомаси лісів.

2. Лісівничо-таксаційні характеристики лісів Київського Полісся слугували за інформаційну основу для оцінювання кількісних показників їх енергетичної функції. У цьому контексті встановлено, що у регіоні дослідження домінують середньовікові, високопродуктивні та високоповнотні соснові,

березові й дубові деревостани. Згадані лісівничо-таксаційні характеристики також притаманні й для лісів Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція».

3. Як дослідний матеріал, у процесі виконання завдань дисертаційного дослідження, використано показники 42 тимчасових пробних площ, 25 з яких закладені за участю здобувача у Боярській лісовій дослідній станції (18 – сосна звичайна, 4 – дуб звичайний, 3 – береза повисла) та 17 науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. Дослідні дані охоплюють і репрезентативно описують соснові, дубові та березові деревостанів Київського Полісся.

4. За методичну основу оцінювання енергоємності й енергопродуктивності лісів Київського Полісся та енергетичного потенціалу деревної біомаси у них слугували наявні у вітчизняній науковій літературі теоретико-методичні підходи, які удосконалено здобувачем у частині оцінювання екологічно безпечного енергетичного потенціалу лісових деревних відходів через введення норм використання лісосічних залишків під час проведення відповідних рубок у деревостанах панівних лісотвірних видів.

5. Встановлено, що загальна енергоємність рослинної біомаси лісів Київського Полісся становить 2210,6 ПДж, або 75,2 млн т умовного палива. Водночас, майже 90 % акумульованої енергії зосереджено у компонентах фітомаси лісів, решта – у компонентах мортмаси. Частка соснових деревостанів у загальній структурі енергоємності рослинної біомаси досліджуваного регіону перевищує 62 %. Найвищою щільністю акумульованої енергії характеризуються дубові та ясеневі насадження – 354,78 і 360,48 МДж·(м²)⁻¹ відповідно. Середній приріст енергії у фітомасі стовбурів дерев найвищий у ясеневих та березових насадженнях – 65,96 і 61,99 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ відповідно.

6. Щорічні показники теоретично можливого, технічно доступного, екологічно безпечного, економічно доцільного та соціально зумовленого типів енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах досліджуваного регіону змінюються від 18,4 до 8,4 ПДж. Кількісні значення соціально зумовленого енергетичного потенціалу деревної біомаси знаходяться на рівні 8,39 ПДж, що еквівалентно 1154,7 тис. м³, у тому числі 775,1 тис. м³ – дров'яна стовбурова деревина, 240,7 тис. м³ – лісові деревні відходи, 139,3 тис. м³ – лісопромислові деревні відходи.

7. Використання функціональних можливостей програмного продукту «Лісовпорядник» у поєднанні з методичними підходами, що базуються на концептуальних принципах сталого лісоуправління, дозволило адекватно оцінити кількісні показники енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» і врахувати технічні, екологічні, економічні й соціальні обмеження стосовно її сталого використання. Щорічний соціально зумовлений енергетичний потенціал у лісах підприємства становить близько 75 ТДж, або 10 тис. м³, що виступає важливою складовою забезпечення низьковуглецевого розвитку Київської області.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами дисертаційного дослідження для вирішення еколого-енергетичних задач щодо збільшення частки відновлювальних джерел у структурі енергоспоживання Київської області та розвитку у регіоні низьковуглецевого виробництва, сформульовано наступні матеріали для провадження у виробничий процес зацікавленими суб'єктами регіону:

- кількісні показники питомої й загальної енергоємності дерев та деревостанів панівних лісотвірних видів досліджуваного регіону;
- удосконалені методичні підходи до оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси лісових деревних відходів з урахуванням типологічних категорій ділянок, вкритих лісовою рослинністю;
- кількісні значення п'яти типів (теоретично можливого, технічно доступного, екологічно безпечного, економічно доцільного та соціально зумовленого) енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах Київського Полісся;
- інноваційні рішення використання програмного продукту «Лісовпорядник» для оцінювання на засадах сталого розвитку енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах Поліського регіону.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Лакида П. І., Карпук А. І., Морозюк О. В., Шевчук О. В. Динамічні процеси у лісах Боярської ЛДС: ретроспектива та перспектива. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 164. Ч. 3. С. 49–55. *(Здобувачем проаналізовано динамічні показники у соснових лісах досліджуваного підприємства).*

2. Гілітуха Д. В., Терентьев А. Ю., Шевчук О. В. Розроблення моделей оцінки надземної фітомаси за даними ДЗЗ. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2012. Вип. 171. Ч. 2. С. 33–40. *(Здобувачем закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання фітомаси соснових деревостанів в умовах Київського Полісся з використання ДЗЗ).*

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних:

3. Vasylyshyn R. D., Lakyda P. I., Shevchuk O. V., Slyva O. A. The energy content in the live biomass components of Scots Pine trees (*Pinus sylvestris* L.). Лісове і садово-паркове господарство. 2015. Вип. 7. Режим доступу: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-7/ukr/vasylyshyn/>. *(Здобувачем закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання енергоємності компонентів фітомаси дерев сосни звичайної в умовах Київського Полісся).*

4. Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Shevchuk O. V., Lakyda M. O., Slyva O. A. Estimation of the energy intensity of live biomass components of pine

stands in Ukrainian Polissya. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. Вип. 229. С. 12–19. *(Здобувачем особисто закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання енергоємності компонентів фітомаси соснових лісів досліджуваного регіону).*

5. Vasylyshyn R., Lakyda I., Slyva O., Lakyda M., **Shevchuk O.** Biotic productivity and sequestered carbon in forests of Ukrainian Polissya. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. Вип. 255. С. 19–27. *(Здобувачем закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання біопродуктивності лісів досліджуваного регіону).*

6. Василюшин Р. Д., **Шевчук О. В.**, Слюсарчук В. В., Юрчук Ю. М. Методичні особливості оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. Вип. 266. С. 38–45. *(Здобувачем проаналізовано екологічні та економічні обмеження щодо використання лісопромислових деревних відходів у межах досліджуваного регіону).*

7. Шевчук О. В. Енергетичний потенціал деревної біомаси у лісах Київської області. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. Вип. 278. С. 76–83.

8. Василюшин Р. Д., Лакида П. І., **Шевчук О. В.**, Мельник О. М., Василюшин О. М., Юрчук Ю. М. Енергетичний потенціал деревної біомаси у лісах Українського Полісся. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. Вип. 288. С. 27–34. *(Здобувачем здійснено оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси у лісах Київського Полісся).*

Стаття у науковому виданні іншої держави

9. Василюшин Р. Д., Лакида П. І., Домашовец Г. С., Слива А. А., **Шевчук А. В.**, Лакида М. А. Биологическая и энергетическая продуктивность хвойных насаждений в Украинском Полесье. Проблемы лесоведения и лесоводства. 2016. Вып. 76. С. 20–29. *(Здобувачем закладено тимчасові пробні площі, здійснено статистичний аналіз дослідних даних, оцінювання енергопродуктивності насаджень Київського Полісся).*

Науково-виробничий довідник

10. Василюшин Р. Д., Білоус А. М., Лакида П. І., Зібцев С. В., **Шевчук О. В.**, Терентьев А. Ю., Василюшин О. М. Нормативно-довідкові матеріали для оцінювання енергетичної функції лісів Українського Полісся: науково-виробничий довідник. К., 2018. 80 с. *(Здобувачем закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання фітомаси).*

Науково-методичні рекомендації:

11. Карпук А. І., Кравець П. В., Розвод С. В., Кременецька Є. О., Тищенко В. М., Морозюк О. В., **Шевчук О. В.**, Чорнобров О. Ю. Методичні рекомендації з удосконалення системи ведення лісового господарства на основі запровадження лісової сертифікації: науково-методичні рекомендації. К., 2012. 30 с. *(Здобувачем закладено пробні ділянки для запровадження лісової сертифікації).*

12. Лакида П. І., Василюшин Р. Д., Зібцев С. В., Терентьев А. Ю., Слива О. А., **Шевчук О. В.**, Лакида М. О. Науково-методичні рекомендації для оцінювання вуглецедепонувальної функції лісів зони відчуження та їх радіаційно-безпечного енергетичного потенціалу. К., 2015. 22 с. *(Здобувачем проаналізовано показники радіаційного забруднення).*

13. Василюшин Р. Д., Білоус А. М., Лакида П. І., **Шевчук О. В.**, Василюшин О. М. Нормативно-інформаційне забезпечення для таксаційної оцінки енергоємності компонентів фітомаси деревостанів та енергопродуктивності лісових насаджень Українського Полісся: науково-методичні рекомендації. К., 2018. 30 с. *(Здобувачем закладено частину пробних площ та відібрано дослідні зразки для оцінювання фітомаси).*

14. Василюшин Р. Д., Лакида П. І., Карпук А. І., Мельник О. М., Василюшин О. М., Шестак М. Л., Одарченко І. С., Смолін В. О., **Шевчук О. В.**, Юрчук Ю. М. Концепція регіональної біоенергетичної програми сталого використання деревної біомаси лісів Українського Полісся: науково-методичні рекомендації. К., 2018. 14 с. *(Здобувачем опрацьовано економічні аспекти використання деревної біомаси лісів регіону).*

Тези наукових доповідей:

15. Карпук А. І., **Шевчук О. В.** Енергетичний потенціал лісів Боярської ЛДС та перспективи його використання. Міжнародна науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та молодих учених, м. Київ, 05–06 квітня 2011 року: тези доповіді. К., 2011. С. 36–37.

16. Морозюк О. В., **Шевчук О. В.** Вікова структура лісів Боярської ЛДС. Ліс, довкілля, технології: наука та інновації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 березня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 155–156.

17. Шевчук О. В. Ліси Київського Полісся у вирішенні енергетичних проблем регіону. Ліси, парки, технології: сьогодення та майбутнє: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 28–29 березня 2013 року: тези доповіді. К., 2013. С. 67–68.

18. Лакида П. И., **Шевчук А. В.**, Василюшин Р. Д. Особенности использования энергетического потенциала лесов в Киевском Полесье Украины. Наука – инновационному развитию лесного хозяйства: Международная научно-практическая конференция, г. Гомель, Республика Беларусь, 11–13 ноября 2015 года: тезисы доклада. Гомель, 2015. С. 340–342.

19. Vasylyshyn R., Lakyda I., Slyva O., **Shevchuk O.** Quantitative evaluation of selected ecosystem functions of coniferous forests in Ukrainian Polissya. Виклики XXI століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 07–09 жовтня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 56.

20. Шевчук О. В. Соснові деревостани Київського Полісся як енергетичний базис регіону. Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 68–69.

21. Василюшин Р. Д., Слива О. А., **Шевчук О. В.** Динаміка біопродуктивності модальних соснових насаджень зони відчуження у свіжому дубово-сосновому суборі. Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: 65-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів, м. Львів, 24 листопада 2015 року: тези доповіді. Львів, 2015. С. 23–24.

22. Слива О. А., **Шевчук О. В.** Динаміка депонованого вуглецю та енергоємності фітомаси модальних соснових насаджень зони відчуження. Актуальні проблеми лісового сектору та садово-паркового господарства: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 14–15 квітня 2016 року: тези доповіді. К., 2017. С. 66.

23. Василюшин Р. Д., Цибулько В. А., **Шевчук О. В.** Енергетичний потенціал деревної біомаси у соснових лісах ДП «Київське лісове господарство». Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: 66-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів, м. Львів, 25 листопада 2016 року: тези доповіді. Львів, 2016. С. 20–22.

24. Невмержицький В. І., **Шевчук О. В.**, Морозюк О. В. Сучасний стан лісів Київського Полісся. Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 06–07 квітня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 82–83.

25. Василюшин Р. Д., **Шевчук О. В.**, Слюсарчук В. В. До питання методики оцінювання енергетичного потенціалу різних видів деревної біомаси лісів. Ліси Східної Європи у світі, що змінюється: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 27–30 вересня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 40–41.

26. Василюшин Р. Д., **Шевчук О. В.**, Слюсарчук В. В., Юрчук Ю. М. До питання методики оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів. Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 27 березня 2018 року: тези доповіді. К., 2018. С. 26–27.

27. Василюшин Р. Д., **Шевчук О. В.**, Юрчук Ю. М. Лісова біоенергетика як складова сталого розвитку Поліського регіону. Цілі сталого розвитку

третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя. Т. 2: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–25 травня 2018 року: тези доповіді. К., 2018. С. 27.

28. Василюшин Р. Д., Лакида П. І., **Шевчук О. В.**, Мельник О. М., Юрчук Ю. М. Базові засади концепції регіональної біоенергетичної програми сталого використання деревної біомаси в умовах Українського Полісся. Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 06–08 грудня 2018 року: тези доповіді. К., 2018. С. 40–41.

29. Лакида П. І., **Шевчук О. В.**, Смолін В. О. Типологічна структура лісів Київського Полісся як основа їх продуктивності. Лісова типологія як основа наближеного до природи лісівництва: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 09–12 жовтня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 48–49.

АНОТАЦІЯ

Шевчук О. В. Лісівничо-таксаційна оцінка енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся та його стале використання. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільсько-господарських наук зі спеціальності 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020.

Дисертацію присвячено дослідженню біопродуктивності та енергетичного потенціалу лісів Київського Полісся, що дозволить комплексно оцінити процеси накопичення енергії у лісових екосистемах регіону та розробити нормативно-інформаційне забезпечення використання їх еколого-енергетичного потенціалу на засадах економічної сталості та екологічної збалансованості.

Здійснено аналіз лісівничо-таксаційної структури деревостанів панівних деревних видів Київського Полісся та Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» як пілотного об'єкта. Закладено тимчасові пробні площі для оцінки компонентів біотичної продуктивності та енергетичного потенціалу деревостанів основних лісотвірних видів.

Проведено статистичний аналіз показників компонентів фітомаси та енергетичного потенціалу деревостанів. Встановлено, що таксаційну основу для оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси лісів становить їхня видова та вікова структури.

Досліджено параметри середньої питомої енергоємності різних деревних видів та компонентів фітомаси, які вказують на значну їх диференціацію. Оцінено загальні обсяги енергії, акумульованої у рослинній біомасі лісів Київського Полісся. Встановлено різницю у трендах щільності енергії та їх зміни для фітомаси й мортмаси лісів регіону.

Здійснено оцінку п'яти типів енергетичного потенціалу деревостанів (теоретично можливий, технічно доступний, екологічно безпечний, економічно доцільний та соціально зумовлений) у межах складових (дров'яна стовбурова деревина, лісові деревні відходи та лісопромислові деревні відходи).

Для оцінки і прийняття обґрунтованих рішень щодо сталого використання деревної біомаси лісів для енергетичних цілей у межах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» апробовано програмний продукт «Лісовпорядник».

Ключові слова: деревостан, таксаційна характеристика, фітомаса, мортмаса, енергетичний потенціал, стале використання, статистичний аналіз, Київське Полісся.

АННОТАЦІЯ

Шевчук А. В. Лесоводственно-таксационная оценка энергетического потенциала лесов Киевского Полесья и его устойчивое использование. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.02 «Лесоустройство и лесная таксация». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2020.

Диссертация посвящена исследованию биопродуктивности и энергетического потенциала лесов Киевского Полесья, что позволит комплексно оценить процессы накопления энергии в лесных экосистемах региона и разработать нормативно-информационное обеспечение использования их эколого-энергетического потенциала на основе экономической стабильности и экологической сбалансированности.

Объектом исследований являются процессы формирования биопродуктивности лесов Киевского Полесья и их энергетическая функция.

Предмет исследования – параметрическая структура энергетического потенциала лесов Киевского Полесья и её устойчивое использование.

Методической основой исследования биологической продуктивности древостоев (фитомассы и мортмассы) служили стандартизированные требования методики П. И. Лакиды, их энергетического потенциала – Р. Д. Василюшина.

Информационной базой исследований стали опытные данные оценки таксационных показателей и компонентов фитомассы на временных пробных площадях (42 шт.) с рубкой и биометрической оценкой 155 модельных деревьев, а также данные реляционной базы данных «Повыдельная таксационная характеристика лесов» в пределах государственных лесохозяйственных предприятий Киевского Полесья, представленной для научных исследований ПО «Укрлеспроект» по состоянию на 2011 год. Как пилотное предприятие, не входящее в структуру лесов Государственного агентства лесных ресурсов Украины, было использовано Отделенное

подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Боярская лесная опытная станция». При этом задействованы данные последнего лесоустройства этого предприятия по состоянию на 2017 год.

Анализ природно-климатических условий региона исследований засвидетельствовал, что они благоприятны для выращивания высокопродуктивных насаждений главных лесобразующих видов – сосны обыкновенной, березы повислой и дуба обыкновенного.

В процессе анализа лесоводственно-таксационной структуры древостоев исследуемой территории установлено, что доминирующими являются насаждения сосны обыкновенной (70,6 % по площади). По возрастной структуре преобладают средневозрастные насаждения (55,6 %). По продуктивности доминируют древостои I^a, I и II классов бонитета (86,2 %). Преобладающими типами лесорастительных условий являются субборевые типы (56,4 %) с широким диапазоном влажности почв.

Леса Боярской лесной опытной станции имеют типичные для региона исследований таксационные показатели древостоев, лишь с той разницей, что имеют более высокий средний возраст.

Проведен статистический анализ показателей компонентов биомассы и энергетического потенциала древостоев. Установлено, что таксационной основой для оценки энергетического потенциала лесов является их видовая и возрастная структура. Исследованы параметры средней удельной энергоёмкости разных древесных видов и компонентов фитомассы. Установлено, что наиболее высокий показатель энергоёмкости характерен для древесины веток дуба, где 1 м³ древесины (в абсолютно сухом состоянии) эквивалентен 358 м³ природного газа.

Важной составляющей в структуре общего энергетического потенциала древесной биомассы лесов служат древесные отходы, в том числе лесосечные остатки в виде веток крон деревьев (более 1 см). Для их оценки получены регрессионные уравнения, связывающие соотношения биомассы веток кроны с биомассой стволовой древесины, где аргументами выступили возраст древостоя и его относительная полнота, с высокими коэффициентами детерминации (0,74–0,97).

Оценка общих объёмов энергии, аккумулированной в растительной биомассе лесов Киевского Полесья (124,07 млн т абсолютно сухого вещества, в том числе 111,01 – в фитомассе; 13,06 – в мортмассе) показала, что общее содержание аккумулированной в ней энергии составляет 2210,6 ПДж (2210,6·10¹⁵ Дж). По своему эквиваленту это ориентировочно составляет 75,2 млн т условного топлива (т у. т.), в том числе для хвойных древостоев соответственно 1455,6 ПДж, или 49,5 млн т у. т., твердолиственных – 447,3 ПДж, или 15,2 млн т у. т., мягколиственных – 306,3 ПДж, или 10,4 млн т у. т. Энергетическая составляющая других древесных видов составляет менее 0,1 %, или 1,4 ПДж и 46,3 тыс. т у. т.

Установлена разница в трендах плотности энергии и её изменений для фитомассы и мортмассы лесов региона исследований. Для фитомассы

характерна прямая зависимость плотности энергии с продуктивностью древостоев, которая определяется классом бонитета. Количественные значения этого показателя изменяются от $343,17 \text{ МДж} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, для древостоев I^a и выше классов бонитета, до $144,17 \text{ МДж} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ для древостоев V и ниже классов бонитета. Аналогичная тенденция наблюдается и для показателя прироста энергии в фитомассе стволов деревьев.

Проведена оценка пяти типов энергетического потенциала древостоев (теоретически возможного, технически доступного, экологически безопасного, экономически целесообразного и социально обусловленного) для трех структурных составляющих биомассы (дровяная стволовая древесина, лесные древесные отходы и лесопромышленные древесные отходы). Ежегодный энергетический потенциал древесной биомассы в лесах Киевского Полесья изменяется от 18,4 до 8,4 ПДж в зависимости от его типа. Социально-обусловленный потенциал составляет 8,39 ПДж или 286,1 тыс. т у. т., что замещает около 265 млн м³ природного газа.

Для оценки и оптимизации устойчивого использования древесной биомассы для энергетических целей в пределах лесов Боярской лесной опытной станции использован программный продукт «Лесоустроитель». Установлено, что для обеспечения устойчивого ведения лесного хозяйства энергетический потенциал древесной биомассы для этого предприятия составляет около 10 тыс. м³, или 75 ТДж в год, что обеспечит замещением ископаемых видов топлива снижение выбросов углерода в пределах 4,5 тыс. т.

Ключевые слова: древостой, таксационная характеристика, фитомасса, мортмасса, энергетический потенциал, устойчивое использование, статистический анализ, Киевское Полесье.

ANNOTATION

Shevchuk O. V. Silvicultural and Mensurational Assessment of Energy Potential of Forests of Kyiv Polissia and its Sustainable Use. – The Manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences in specialty 06.03.02 «Forest Inventory and Forest Mensuration». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2020.

The thesis is devoted to the research of energy productivity and energy potential of the forests of Kyiv Polissia, which will allow to evaluate complex processes of energy accumulation in the forest ecosystems of the region and to develop information tools to ensure the use of their ecological and energy potential on the basis of economic sustainability and environmental balance.

The analysis of silvicultural and biometric structure of stands composed of the dominant tree species of Kyiv Polissia and of Boyarka Forest Research Station of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine as a pilot object. Temporary sample plots have been established to evaluate the components of biotic productivity and energy potential of stands of the main forest-forming tree species.

The statistical analysis of indicators of live biomass components and energy potential of stands has been carried out. It has been found that the mensurational basis

for assessing the energy potential of forests' wood biomass is their species and age structure.

The parameters of the mean specific energy content have been investigated for different tree species and live biomass components indicating their major differentiation. The total amount of energy accumulated in the vegetal biomass of forests in Kyiv Polissia has been assessed. The differences in energy density trends and their changes for live biomass and dead organic matter of the region's forests have been established.

Five types of energy potential of stands have been assessed (theoretically possible, technically accessible, environmentally safe, economically profitable and socially conditioned) by their constituents (stem firewood, primary forest residues and secondary forest residues).

To assess and make informed decisions regarding the sustainable use of wood biomass for energy purposes within the Separated subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Boyarka Forestry Research Station», the «Forest Inventory Engineer» software has been approbated.

Key words: tree stand, mensurational characteristic, wood biomass, live biomass, dead organic matter, energy content, energy potential, sustainable use, information support, Kyiv Polissia.

Підписано до друку 04.06.20
Ум. друк. арк. 0,9
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Обл.-вид.арк. 0,9
Зам. № 200302

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, тел.: 527-81-55
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4097 від 17.06.2011

