

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

**СТЕПАНЕНКО ЛЮДМИЛА ПЕТРІВНА**

УДК: 630\*56:581.132 (477.41)

**ФІТОМАСА ТА ДЕПОНОВАНИЙ ВУГЛЕЦЬ  
У ЛІСАХ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в 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, професор  
**Пастернак Володимир Петрович,**  
Український ордена «Знак Пошани»  
науково-дослідний інститут лісового господарства  
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького,  
провідний науковий співробітник  
лабораторії моніторингу і сертифікації лісів

кандидат сільськогосподарських наук  
**Блищик Іван Володимирович,**  
Березнівський лісотехнічний коледж  
Національного університету водного  
господарства та природокористування,  
викладач лісівничих дисциплін

Захист відбудеться «01» листопада 2019 року о 10<sup>00</sup> 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 «30» вересня 2019 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А. Г. Лащенко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Ліси визнано національним надбанням України. Враховуючи довготривалість їх росту та формування, вести господарство в них досить складно, адже це потребує глибоких знань біології лісу.

До важливих показників оцінки лісостану належить його продуктивність. Нагальною проблемою лісового господарства залишається питання підвищення продуктивності лісів, звідси розуміння суті процесів, які забезпечують прискорене накопичення органічної маси, що дозволяє успішно вирішувати згадане питання.

Дослідженню біологічної продуктивності насаджень постійно приділялася увага багатьма науковцями, серед яких: А. А. Молчанов (1949), Т. Х. Токмурзін, С. Б. Байзаков (1975), В. В. Успенський (1982) та ін. В Україні це, насамперед, П. І. Лакида (1988, 1992, 1996, 2007, 2014), О. М. Колосок (2002), М. М. Петренко (2002), Р. Д. Васишин (2007, 2014), В. І. Блищик (2014), А. М. Білоус (2016) та ін. Саме ними було виконано фундаментальні дослідження, що збагатили науку новою інформацією та оригінальними методологічними підходами.

Діяльність у галузі лісового господарства є один із важливих напрямів боротьби зі зміною клімату. За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, близько 20 % поточного збільшення концентрації парникових газів викликано змінами в землекористуванні і, насамперед, вирубуванням лісів, що супроводжується втратою накопиченого у поглиначів оксидів вуглецю з атмосфери та вагомим акумулятором органічних сполук вуглецю.

Нині фітомаса лісів виступає основною характеристикою, що визначає хід процесів у лісових екосистемах і використовується з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів та оцінки їхньої вуглецеводепонуючої ємності. Тому наявна потреба володіти детальною інформацією про фітомасу насаджень та її динаміку для проведення розрахунків і здійснення агрегації результатів у процесі визначення запасів депонованого вуглецю в лісах певного регіону.

Лісові насадження Київської області розташовані у двох лісорослинних зонах – Полісся й Лісостепу. Отже, тут представлені лісостани, які різняться між собою за складом, головною породою та іншими таксаційними показниками. Таким чином моделювання компонентів фітомаси насаджень основних лісотвірних порід Київської області здійснювалося через встановлення одно- і багатофакторних залежностей її компонентів від таксаційних ознак насаджень, що вказуються в даних лісового кадастру. Подібний метод розроблення нормативів оцінки компонентів фітомаси насаджень використовували у своїх дослідженнях Н. А. І. Madgwick (1970), В. А. Усольцев (1976, 1984–1988, 1993, 1998, 2001, 2007), Т. Satto, Н. А. І. Madgwick (1982), D. V. Botkin, L. G. Simpson (1990), П. І. Лакида (1990–1991, 2010–2013) та ін.

Дисертацію присвячено вивченню динаміки біопродуктивності за компонентами фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід Київської області. Реалізація методу та розроблення системи математичних моделей для

оцінки динаміки компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід Київської області залишається актуальною лісотаксаційною проблемою, вирішення якої сприятиме екологічно збалансованому управлінню лісами регіону.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація безпосередньо пов'язана з науковими дослідженнями, що здійснюються кафедрою таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України в межах держбюджетної теми: «Розробити наукові основи прогнозу росту основних лісотвірних порід України» (номер державної реєстрації 0117U001255), до виконання якої здобувач залучалася як виконавець окремого розділу.

**Мета та завдання дослідження.** Мета дисертаційного дослідження – реалізація методики оцінки динаміки компонентів фітомаси та депонованого в ній вуглецю в деревостанах основних лісотвірних порід Київської області в межах лісорослинних зон та підприємств лісового господарства Державного агентства лісових ресурсів України.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

– проаналізувати лісорослинні особливості та поділити лісовий фонд досліджуваних підприємств на лісорослинні зони (Полісся, Лісостеп);

– провести аналіз динаміки лісівничо-таксаційних показників деревостанів головних лісотвірних порід регіону дослідження в межах лісорослинних зон та державних лісгосподарських підприємств;

– розробити математичні моделі конверсійних коефіцієнтів, які пов'язують таксаційні й біометричні показники для оцінки динаміки фітомаси насаджень за окремими фракціями (деревина і кора стовбура, деревина і кора гілок, листя (хвоя), корені, піднаметова рослинність);

– розрахувати пофракційну динаміку фітомаси та депонованого в ній вуглецю в насадженнях лісорослинних зон та державних лісгосподарських підприємств;

– оцінити частку поглинання викидів антропогенного вуглецю лісовими насадженнями досліджуваного об'єкта.

*Об'єкт дослідження* – процеси нагромадження фітомаси та депонованого в ній вуглецю лісовими насадженнями державних лісгосподарських підприємств Київської області.

*Предмет дослідження* – фітомаса та депонований вуглець у лісах державних лісгосподарських підприємств Київської області.

**Методи дослідження.** В основу теоретичних досліджень дисертації покладено як загальнонаукові (аналіз, синтез, спостереження, експеримент і моделювання), так і конкретні (спеціальні) методи пізнання, що розроблені для лісової таксації, лісівництва, фізіології рослин та інших лісівничих дисциплін. Для вирішення деяких спеціальних біометричних і таксаційних задач (встановлення форми та ступеня тісноти зв'язків між таксаційними показниками, моделювання зв'язків між цими величинами, оцінки придатності та адекватності розроблених моделей) у процесі дослідження було використано окремі статистичні методи (графоаналітичний, кореляційний і регресійний аналізи

тощо). Камеральні роботи виконувалися із використанням стандартних пакетів комп'ютерно-інформаційного забезпечення та спеціальних таксаційних програм, розроблених науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.

За інформаційну базу дослідження слугували дослідні дані оцінки таксаційних показників та компонентів фітомаси на тимчасових пробних площах, а також дані Державного лісового кадастру лісів державних підприємств Київської області 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 та 2011 років.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Основні положення дисертації, які визначають наукову новизну результатів дослідження, полягають у наступному:

*вперше:*

- проведено системний аналіз динаміки таксаційних показників насаджень головних лісотвірних порід у межах лісорослинних зон та державних підприємств Київської області;

- розраховано конверсійні коефіцієнти відношень компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних порід регіону дослідження до їхнього запасу в корі;

- змодельовано динаміку загальної фітомаси насаджень та депонованого в ній вуглецю у межах лісорослинних зон та державних підприємств лісового господарства Київської області;

- розраховано різницю між антропогенними викидами вуглецю в регіоні дослідження та депонуванням CO<sub>2</sub> лісовими насадженнями у підприємствах, що підпорядковані Державному агентству лісових ресурсів України;

*удосконалено* методичні підходи дослідження біопродуктивності лісів із використанням програмних засобів (CARBON) з адаптацією математичних моделей компонентів фітомаси для досліджуваного регіону;

*одержали подальший розвиток:*

- аналіз таксаційних показників деревостанів основних лісотвірних порід досліджуваного регіону;

- дослідження біопродуктивності основних лісотвірних порід, її динаміки та вуглецедепонувальної функції лісів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Для підвищення продуктивності лісів та їх комплексного використання, а також для вирішення низки екологічних, ресурсознавчих і виробничих питань лісової галузі як у регіоні дослідження, так і в Україні в цілому, для практичного використання запропоновано:

- таблиці динаміки основних параметрів компонентів фітомаси та депонованого у ній вуглецю;

- математичні моделі оцінки якісних та кількісних показників компонентів фітомаси дерев і деревостанів сосни звичайної;

- конверсійні коефіцієнти відношень компонентів надземної фітомаси запасів деревостанів та математичні моделі їх оцінки головних лісотвірних порід у лісах Київської області;

– таблиці вмісту вуглецю в надземній фітомасі деревостанів головних лісотвірних порід у лісах Київської області.

Результати дисертаційного дослідження у вигляді пропозицій виробництву рекомендовано для практичного використання Київським обласним та по м. Києву управлінням лісового та мисливського господарства і Виробничим об'єднанням «Укрдержліспроєкт».

Теоретичні результати впроваджено в робочі програми під час викладання дисциплін «Інвентаризація лісів і лісовий моніторинг» та «Моделювання продуктивності лісів» на кафедрі таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Особистий внесок здобувача.** Постановка завдань, формулювання наукових положень дисертації, висновків і пропозицій виробництву належать особисто автору і є її науковим доробком.

Дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, в якій вирішено важливі завдання – доповнено методику змістовного аналізу, що стосується дослідження структури фітомаси; удосконалено математичні моделі динаміки фітомаси та депонованого в ній вуглецю; одержано кількісні результати обсягів фітомаси та депонованого в ній вуглецю головних лісотвірних порід Київської області. Створено базу даних, яка складається з 63 тимчасових пробних площ, закладених у деревостанах головних лісотвірних порід регіону дослідження. За участі здобувача закладено 10 тимчасових пробних площ у соснових насадженнях Державного підприємства «Макарівське лісове господарство». Під час первинної обробки дослідних даних було застосовано пакети прикладних програм, розроблених Я. А. Юдицьким, А. З. Швиденком і П. І. Лакидою (1990).

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення, висновки та рекомендації дисертації апробовано на: науково-технічній конференції «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» (м. Львів, 2005 р.); конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 60 ювілейній студентській науково-виробничій конференції (м. Київ, 2006 р.); конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 61 студентській науковій конференції (м. Київ, 2007 р.); конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 62 студентській науковій конференції (м. Київ, 2008 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (м. Київ, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (м. Київ, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліси Східної Європи у світі, що змінюється» (м. Київ, 2017 р.).

**Публікації.** За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України,

2 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 7 тез наукових доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотацій, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (272 найменування, в т.ч. 23 латиницею) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 242 сторінки. Дисертація містить 26 таблиць та 28 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 «Сучасний стан досліджень компонентів біологічної продуктивності лісів та їхньої динаміки». Як окрема галузь лісівничої науки, біологічна продуктивність лісів сформувалася й визначилася на початку 70-х років ХХ ст. у процесі виконання робіт міжнародної біологічної програми (Родін Е. Л., 1965; Уткин А. И., 1970, 1974, 1975; М'якушко В. К., 1972, 1978; Базилевич Н. И., 1993 та ін.). Завдяки цим дослідженням у науковій літературі вперше з'явилися обґрунтовані визначення біологічної продуктивності лісів та її складників.

Найдетальніше дослідження фітомаси лісів України проведено П. І. Лакидою (2002). У подальшому, когортою науковців на чолі з ним виконано поглиблені дослідження біопродуктивності насаджень окремих деревних порід, а саме: ялини звичайної в Українських Карпатах О. М. Колоском (2002), сосни звичайної на Поліссі М. М. Петренком (2002), А. Ю. Терентьевим, Р. Д. Василишиним (2012), С. С. Ковальською (2018), дубових деревостанів Поділля А. Г. Лащенком (2006), березових лісостанів Українського Полісся Л. М. Матушевич (1999, 2001, 2006), лісостанів ялиці білої в Українських Карпатах Р. Д. Василишиним (2007, 2010, 2014), вільхи клейкої у деревостанах Західного Полісся України І. В. Блищиком (2008), осикових деревостанів Східного Полісся А. М. Білоусом (2009), вільхи клейкої в деревостанах Українського Полісся В. І. Блищиком (2014). Біопродуктивність за компонентами фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід Львівщини за лісорослинними областями досліджували Г. С. Домашовець (2009), тоді як біопродуктивність лісів Черкащини О. В. Морозюк (2007, 2008, 2011). Біопродуктивність лісів лісостепової придніпровської височини в умовах техногенного навантаження докільля вивчав С. С. Ковалевський (2016). Крім природних і штучностворених насаджень дослідженню підлягали парки, що було здійснено Г. А. Сахарук (2013), О. М. Мельником (2017). Також було оцінено приміські ліси Києва І. П. Лакидою (2007, 2014) й насадження, створені на староорних землях (2012). Оцінку фітомаси проведено для м'яколистяних, твердолистяних і хвойних деревних порід.

У Київській області дослідження з біопродуктивності насаджень у зоні Полісся окремих деревних порід за темою «Динаміка рослинної біомаси штучних соснових лісів Південного Придніпровського Полісся» виконано С. С. Ковальською (2018). Біопродуктивність природно-заповідного фонду регіону за темою «Біотична продуктивність лісів державної організації

«Резиденція «Залісся»: стан та динаміка» вивчено М. О. Лакидою (2017). Особлива увага приділяється екологічній і рекреаційній значимості міських лісів, оскільки вони відіграють каркасну середовищестабілізуючу роль, стаючи одним із факторів, що визначає якість життя міського населення у широкому розумінні. Вагомими у цьому напрямі виявилися дослідження І. П. Лакиди за темою «Біопродуктивність штучних соснових деревостанів міських лісів Києва та її динаміка» (2013). У лісостеповій зоні Київської області за темою «Біопродуктивність лісів лісостепової придніпровської височини в умовах техногенного навантаження на довкілля» працював С. С. Ковалевський (2016).

Найчастіше при дослідженні динаміки біометричних показників лісу використовують регресійний аналіз. Його багатомірні моделі дозволяють повніше та успішніше пізнати суть зміни продуктивності лісів, що полегшують практичні розрахунки.

Розділ 2 «Характеристика об'єкта дослідження». Описано екологічні характеристики вибору об'єкта дослідження, охарактеризовано кліматичні, фізико-географічні і соціальні умови регіону дослідження, а також наведено лісівничо-таксаційну характеристику деревостанів Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства.

Усі ліси області віднесено до рівнинних. Клімат області помірно-континентальний, м'який, з достатнім зволоженням. Відсутність гірських масивів сприяє вільному руху повітряних мас різного походження, що зумовлює мінливість погодних умов в окремі сезони, які дозволяють вирощувати високопродуктивні насадження.

Київська область знаходиться у двох зонах – Полісся та Лісостепу. Це наклало свій відбиток на розподіл лісостанів на території, їх породний склад, перевагу тих чи інших головних лісотвірних порід, способи й методи ведення лісового господарства. Продуктивність насаджень значно відрізняється в цих зонах, тому її оцінка в цілому в області не зовсім об'єктивно відображає стан і динаміку такої. Наявність лісів із різними функціями, що вони виконують, виявляє вплив на їх продуктивність. Як один із факторів, що негативно впливає на продуктивність лісостанів слід вказати велику кількість лісокористувачів, підпорядкованих різним міністерствам та відомствам. До найбільших лісокористувачів на Київщині відноситься Київське обласне та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, а також його підвідомчі державні лісгосподарські підприємства.

Аналіз продуктивності деревостанів, його динаміка, за періоди 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 та 2011 роки виконано за матеріалами обліку лісів Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, що відображає ситуацію зі зростанням деревостанів Київської області в зонах Полісся і Лісостепу. Про це свідчить зменшення частки м'яколистяних за рахунок збільшення хвойних і твердолистяних деревостанів, відповідність головних лісотвірних порід умовам місцезростання, досить високі середні бонітети насаджень.

Розділ 3 «Методика дослідження та експериментальний матеріал». Описано методику збору та обробки експериментального матеріалу, проаналізовано лісівничо-таксаційну характеристику насаджень, динаміку площ і запасів головних лісотвірних порід Київської області.

Біологічна продуктивність лісів України за компонентами надземної фітомаси досліджується поєднанням емпіричних – спостереження, експеримент, і теоретичних – математичне моделювання, методів. Експериментальні дослідження ґрунтувалися, як на суто таксаційних розробках, так і на спеціальних біометричних прийомах. В цілому вони стали складовими частинами наукового напрямку, який протягом кількох десятиліть проводиться співробітниками кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.

З метою отримання кількісних і якісних параметрів фітомаси дерев і насаджень області проводилася біометрична обробка дослідних даних за допомогою спеціальних біометричних програм (ZRIZ, PLOT), розроблених професором П. І. Лакидою (1988, 1993, 1996).

Для оцінки і прогнозу динаміки компонентів біопродуктивності лісів регіону як дослідні дані було використано тимчасові пробні площі, закладені науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України, в кількості 53 одиниць. За участі здобувача було закладено 10 тимчасових пробних площ у соснових насадженнях Державного підприємства «Макарівське лісове господарство», що характеризують деревостани, створені на землях, виведених з-під сільськогосподарського користування.

Таким чином для аналізу біопродуктивності лісових насаджень зібрано базу даних, яка складається з 63 тимчасових пробних площ, закладених у насадженнях головних лісотвірних порід регіону дослідження, продуктивністю I<sup>d</sup> – III класів бонітету. Віковий діапазон деревостанів, що підлягали вивченню, коливався від 11 до 93 років, діапазон відносних повнот – від 0,40 до 1,30. Детальну таксаційну характеристику тимчасових пробних площ одержано в результаті обробки за програмою ПЕРТА (Швиденко А. З., Юдицький Я. А., 1984). Використанні дані тимчасових пробних площ адекватно описують наявні в лісовому фонді Київщини деревостани (табл. 1).

Таблиця 1

**Розподіл кількості тимчасових пробних площ за породами та класами віку**

Порода	Клас віку										Усього
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Сосна	–	4	5	6	6	5	1	2	–	–	29
Дуб	–	2	5	2	1	1	1	2	–	1	15
Граб	–	1	1	2	–	1	–	1	–	–	6
Береза	–	–	2	3	1	–	1	–	–	–	7
Вільха	–	2	1	–	1	1	–	1	–	–	6
Разом	–	9	14	13	9	8	3	6	–	1	63

З метою виявлення закономірностей розподілу досліджуваних показників, одержаних у результаті опрацювання даних тимчасових пробних площ, було

підготовлено загальний робочий масив даних та проаналізовано вихідні дані у натуральних величинах за методиками, викладеними у працях К. Є. Нікітіна, А. З. Швиденка (1978) та М. П. Горошка, С. І. Миклуша, П. Г. Хомюка (2004). Виявлено, що жоден із рядів розподілу параметрів, які досліджувалися, повністю не задовольняє умови закону нормального розподілу ( $A=0$ ;  $E=0$ ). Але за такими показниками, як діаметр і висота у соснових насадженнях, вік і діаметр у грабових насадженнях і повнота у дубових та березових насадженнях, згадана сукупність значень характеризується нормальним розподілом, оскільки фактичні значення показників асиметрії та ексцесу не перевищують їх критичні значення (на 5 % рівні значущості).

Крім цього, проаналізовано продуктивність насаджень Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства за періоди 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 та 2011 роки у лісорослинних зонах і державних підприємствах лісового господарства (табл. 2).

Таблиця 2

**Лісовий фонд Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства за лісорослинними зонами**

Лісорослинна зона, управління	Показник	Рік обліку					
		1978	1983	1988	1996	2002	2011
Полісся	Площа, тис. га	290,1	292,9	290,7	234,5	212,1	210,6
	Запас, млн м <sup>3</sup>	40,1	55,0	54,1	53,7	53,6	56,9
Лісостеп	Площа, тис. га	124,3	129,4	130,7	131,8	128,1	144,5
	Запас, млн м <sup>3</sup>	17,3	23,6	23,2	29,8	30,9	36,7
Київське ОУЛМГ*	Площа, тис. га	414,4	422,3	421,4	366,3	340,2	355,1
	Запас, млн м <sup>3</sup>	58,3	78,7	77,3	83,5	84,5	93,6

Примітка. \*ОУЛМГ – обласне та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства.

За досліджуваній період площа лісового фонду зменшилася, що пов'язано з територіальними змінами. Середній запас на один гектар зріс майже вдвічі – від 141 до 264 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.

Наявний дослідний матеріал тимчасових пробних площ репрезентативно описує штучні деревостани лісового фонду Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства і достатній для використання в подальших дослідженнях для вирішення ряду завдань, визначених у дисертації.

**Розділ 4 «Моделювання динаміки фітомаси деревостанів та депонованого в ній вуглецю».** Під час моделювання залежності компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних порід Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського управління від їх основних морфометричних показників використано метод множинного регресійного аналізу, базуючись на основних принципах системного підходу.

Моделювання компонентів фітомаси насаджень основних лісотвірних порід Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства здійснювалося через встановлення одно- і багатофакторних

залежностей компонентів фітомаси від таксаційних ознак насаджень, що вказуються в даних лісового кадастру.

Для того, щоб визначити математичні залежності проводився пошук аналітичних залежностей зміни коефіцієнтів, ( $R_V$ ) коефіцієнт відношення фракції фітомаси насадження до запасу стовбурової деревини, основних компонентів фітомаси з таксаційними показниками дослідних насаджень у межах кожної деревної породи методом множинної регресії з допомогою пакета статистичних програм *STATISTICA*. Аргументами регресійних рівнянь розглядалися таксаційні показники насаджень: вік ( $A$ ), клас бонітету ( $B$ ) і відносна повнота ( $\Pi$ ).

$$R_V = f(A, B, \Pi), \quad (1)$$

де  $R_V$  – відповідні конверсійні коефіцієнти (деревина, кора, листя (хвоя) тощо);  $f(A, B, \Pi)$  – функції таксаційних ознак деревостану (вік, бонітет, повнота).

Регресійний аналіз робочих масивів даних, які складаються з коефіцієнтів відношень компонентів фітомаси і таксаційних ознак насаджень у межах деревної породи показав, що на динаміку коефіцієнтів  $R_V$  значуще (5 % рівень) впливають усі вищеназвані таксаційні показники. Враховуючи вагомість кожного з названих показників та можливість адаптації в розрахунках одержаних рівнянь і статистичних параметрів розподілу лісового фонду країни, за основні аргументи моделей  $R_V$  прийнято середній вік та клас бонітету насадження. Адже, по-перше, вік – це показник фізіологічного стану біосистеми, а по-друге, за допомогою віку можна встановлювати розвиток системи в часі.

Використання класу бонітету в рівняннях іноді критикується рядом фахівців, які стверджують, що бонітет є порядковою, а не арифметичною величиною. Однак, виходячи з того, що якість лісорослинних умов відображено в бонітетній класифікації, яка є постійною величиною та, зазначивши тісний зв'язок ( $r > 0,99$ ) бонітету із середньою висотою деревостану в 100 років, використання кодованих значень бонітету таке ж правомірне, як, наприклад, середньої висоти в 100 років.

Для моделювання зміни коефіцієнтів  $R_V$  використовувалися два види аллометричних залежностей:

$$R_V = b_0 \cdot A^{b_1} \cdot B^{b_2}, \quad (2)$$

$$R_V = b_0 \cdot A^{b_1}, \quad (3)$$

де  $A$  – середній вік насадження, років;  $B$  – код класу бонітету;  $b_0, b_1, b_2$  – коефіцієнти регресії.

У кожному випадку відбиралося одне з рівнянь залежно від обсягу вихідних даних і вірності моделі в дослідному процесі. На 5 % рівні значущості за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії оцінювалася значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси. Крім цього, адекватність одержаних моделей вихідним даним оцінювалася статистиками їхніх залишків та коефіцієнтами детермінації одержаних рівнянь.

За аналізом коефіцієнтів рівнянь можна зробити висновки, що всі досліджувані компоненти фітомаси насаджень граба звичайного описуються регресійними рівняннями з високим рівнем апроксимації. Для сосни звичайної, гілок і листя дуба звичайного, деревини стовбура, кори стовбура і листя вільхи

клейкої, а також деревини і кори стовбура берези повислої характеризуються рівняння множинними кореляційними відношеннями, дещо нижчими, але значущими на 5 % рівні. Оскільки коефіцієнти детермінації та інші статистичні показники виявилися незначущими для гілок і листя берези повислої, деревини і кори стовбура дуба звичайного, також гілок вільхи клейкої, то в подальших розрахунках використовували їх середні значення (табл. 3).

Таблиця 3

**Множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів  $R_v$   
оцінки компонентів фітомаси**

Модель регресії	$R^2$	Модель регресії	$R^2$
Сосна звичайна		Дуб звичайний	
$R_v(st)^* = 0,323 \cdot A^{0,41} \cdot B^{-0,001}$	0,32	$R_v(st)$ залежність не встановлено	–
$R_v(k) = 0,096 \cdot A^{-0,286}$	0,33	$R_v(k)$ залежність не встановлено	–
$R_v(g) = 1,968 \cdot A^{-0,817}$	0,58	$R_v(g) = 3,688 \cdot A^{-1,009}$	0,60
$R_v(l) = 0,203 \cdot A^{-0,665}$	0,51	$R_v(l) = 0,013 \cdot A^{-0,874} \cdot B^{2,019}$	0,70
Граб звичайний		Вільха клейка	
$R_v(st) = 0,559 \cdot A^{0,019}$	0,81	$R_v(st) = 0,393 \cdot A^{-0,012}$	0,50
$R_v(k) = 0,084 \cdot A^{-0,245}$	0,80	$R_v(k) = 0,045 \cdot A^{0,070}$	0,51
$R_v(g) = 0,417 \cdot A^{-0,411}$	0,83	$R_v(g)$ залежність не встановлено	–
$R_v(l) = 0,092 \cdot A^{-0,444}$	0,79	$R_v(l) = 0,333 \cdot A^{-0,920}$	0,88
Береза повисла			
$R_v(st) = 0,373 \cdot A^{0,025} \cdot B^{-0,014}$			0,45
$R_v(k) = 0,068 \cdot A^{-0,221} \cdot B^{0,132}$			0,45
$R_v(g)$ залежність не встановлено			–
$R_v(l)$ залежність не встановлено			–

Примітка. \*st – деревина стовбура; k – кора стовбура; g – гілки; l – листя (хвоя),  $R^2$  – коефіцієнт детермінації

Оскільки фітомаса піднаметової рослинності і підземна фітомаса деревостанів головних лісотвірних порід Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, в процесі виконання дисертації не досліджувалася, тому було використано множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів, отримані П. І. Лакидою (1996). Коефіцієнт загальної фітомаси деревостану розраховується як сума зазначених компонентів.

Залежною змінною при моделюванні динаміки фітомаси деревостану від таксаційних показників використовували конверсійні коефіцієнти ( $R_v$ ), тобто відношення маси фракції фітомаси ( $M_{fr}$ ) до запасу стовбура в корі ( $M$ ):

$$R_v = M_{fr} / M. \quad (4)$$

На основі статистичних даних розподілу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і запасів стовбурової деревини в лісах Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства за зазначеними періодами, головними лісотвірними породами, групами віку та класами бонітету і моделей оцінки основних компонентів фітомаси насаджень, розраховано загальну фітомасу лісів досліджуваного регіону. Розділено за підприємствами лісового господарства в межах лісотвірних порід (хвойні, твердолистяні, м'яколистяні) та основними лісотвірними породами (сосна, дуб, граб, вільха,

береза). Окрім вказаних компонентів, розраховувалася щільність фітомаси (кг на 1 м<sup>2</sup>), як середньозважене відношення накопленої маси до площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах групи лісотвірних порід, лісорослинних зон державних підприємств лісового господарства та Київської області в цілому.

Розраховано загальні обсяги фітомаси й вуглецю в лісах Київщини, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, за роками досліджень та групами лісотвірних порід, на основі розроблених моделей та даних лісового кадастру. Використання алгоритму розрахунку, описаного вище, дозволило отримати наступні дані (табл. 4).

Таблиця 4

**Загальна фітомаса та вуглець у лісових насадженнях Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства за різними періодами дослідження**

Лісорослинна зона	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м <sup>3</sup>	Фітомаса		Вуглець	
			млн т	щільність, кг·(м <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	млн т	щільність, кг·(м <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>
<i>Станом на 01.01.1978 р.</i>						
Полісся	290,1	41,0	26,3	9,1	13,0	4,5
Лісостеп	124,3	17,3	12,8	10,3	6,4	5,1
Разом	414,4	58,3	38,9	9,4	19,3	4,6
<i>Станом на 01.01.1983 р.</i>						
Полісся	292,9	55,0	35,1	12,0	17,4	5,9
Лісостеп	129,4	23,6	17,1	13,2	8,5	6,6
Разом	422,3	78,7	51,9	12,3	25,8	6,1
<i>Станом на 01.01.1988 р.</i>						
Полісся	290,7	54,1	34,5	11,9	17,1	5,9
Лісостеп	130,7	23,2	16,8	12,8	8,3	6,4
Разом	421,3	77,3	50,9	12,1	25,3	6,0
<i>Станом на 01.01.1996 р.</i>						
Полісся	234,5	53,7	34,2	14,6	17,0	7,2
Лісостеп	131,8	29,8	21,7	16,4	10,8	8,2
Разом	365,6	83,5	55,5	15,1	27,6	7,5
<i>Станом на 01.01.2002 р.</i>						
Полісся	212,1	53,6	34,0	16,0	16,9	8,0
Лісостеп	128,1	30,9	22,6	17,6	11,2	8,8
Разом	340,2	84,5	56,2	16,5	27,9	8,2
<i>Станом на 01.01.2011 р.</i>						
Полісся	210,6	56,9	37,1	17,5	18,4	8,7
Лісостеп	144,5	36,7	26,9	18,7	13,4	9,3
Разом	355,1	93,6	64,0	17,8	31,8	8,8

Реалізація такого алгоритму розрахунку у програмі *CARBON* дозволила одержати вичерпну характеристику загальних обсягів фітомаси і бюджету вуглецю в лісових насадженнях Київської області.

У лісах Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства станом на 01.01.2011 р. на загальній площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок 355,1 тис. га із запасом стовбурової деревини 93,6 млн м<sup>3</sup> знаходилося 64,0 млн т фітомаси, в якій акумульовано 31,8 млн т вуглецю. Частка основних компонентів у загальній фітомасі лісів досліджуваного регіону становить: деревина і кора стовбура – 68,5 %, деревина і кора гілок – 9,1, коріння – 15,6, листя (хвоя) – 2,3 та піднаметова рослинність – 4,5 %. Загальна площа Полісся і Лісостепу – 210,6 та 144,5 тис. га, запас стовбурової деревини – 56,9 та 36,7 млн м<sup>3</sup> відповідно. Фітомаса досягає 37,1–26,9 млн т, акумульований вуглець – 18,4 та 13,4 млн т відповідно.

Упродовж досліджуваного періоду щільність фітомаси та депонованого в ній вуглецю в насадженнях Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства збільшилася майже в 2 рази. Середня щільність фітомаси на 1 м<sup>2</sup> вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок становить 17,8 кг, вуглецю – 8,8 кг (рис. 1).

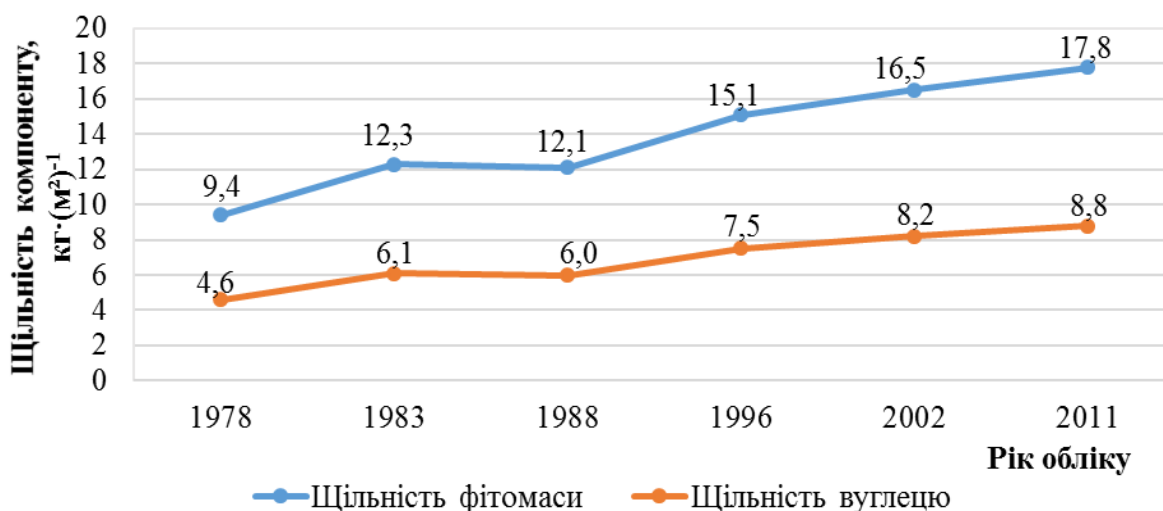


Рис. 1. Динаміка щільності фітомаси та депонованого в ній вуглецю в насадженнях Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства

У лісорослинній зоні Полісся вона зросла в 1,9 раза, щільність фітомаси становить 17,5 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, вуглецю – 8,7 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, у лісостеповій зоні – 1,8 раза і досягає 18,7–9,3 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Загальна фітомаса насаджень, за лісорослинними зонами, зросла досить суттєво. Нині найбільша кількість фітомаси знаходиться на Поліссі – 37,1 млн т, тоді як у лісостеповій зоні дещо менше – 26,9 млн т. Це пов'язано із площею та запасом стовбурової деревини. У зв'язку з тим, що нині в лісах області переважають середньовікові насадження, які здатні потужно продукувати фітомасу, її запаси зросли на 25,1 млн т. Відповідно в зоні Полісся – на 10,8 млн т, Лісостепу – 14,1 млн т (рис. 2).

Структура фітомаси станом на 1.01.2011 р. за групами порід у лісорослинних зонах суттєво відрізняється (рис. 3).

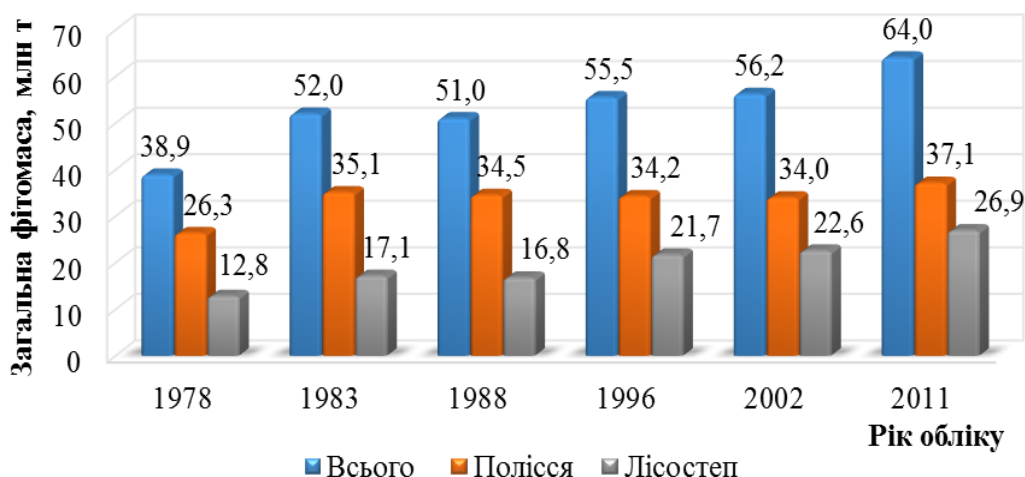


Рис. 2. Динаміка фітомаси за лісорослинними зонами в насадженнях Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства

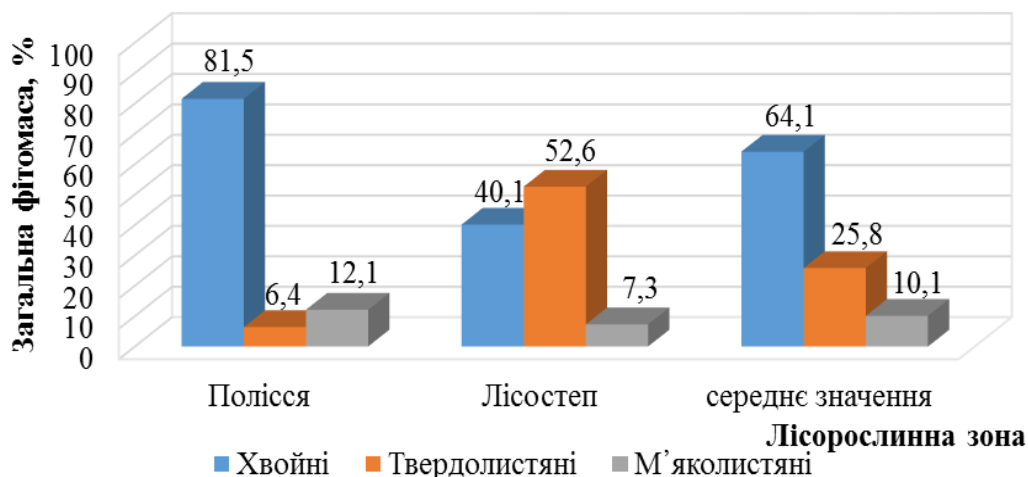


Рис. 3. Структура фітомаси насаджень за групами лісотвірних порід та лісорослинними зонами Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства

У зоні Полісся близько 81,5 % загальної фітомаси насаджень представлено хвойною групою порід, а в зоні Лісостепу переважає фітомаса твердолистяної групи порід – 52,6 %. Щодо загальної фітомаси насаджень Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, то найбільша частка такої припадає на хвойні групи порід – 64,1 %. Відповідно фітомаса насаджень у твердолистяній і мяколистяній групі порід становить відповідно 25,8 та 10,1 %.

До важливих показників, що свідчать про біопродуктивність деревостанів, відноситься щільність фітомаси за групами порід (рис. 4).

Можна зробити висновок, що найвища щільність фітомаси спостерігається у твердолистяній і хвойній групах порід. У мяколистяній групі щільність фітомаси дещо менша.

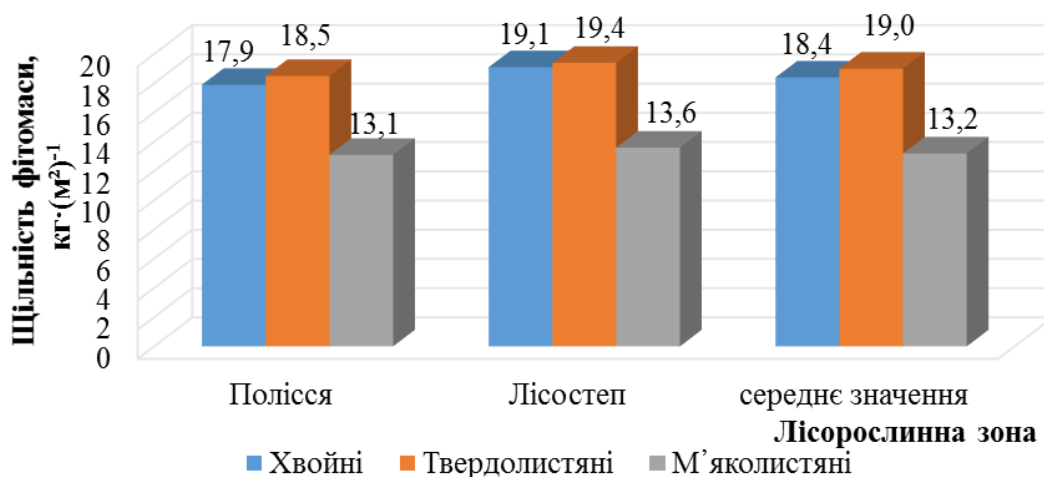


Рис. 4. Щільність фітомаси насаджень за групами порід у межах лісорослинних зон Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства

Найбільшою щільністю фітомаси та вуглецю на 1 га виокремлюються насадження лісостепової зони (рис. 5).

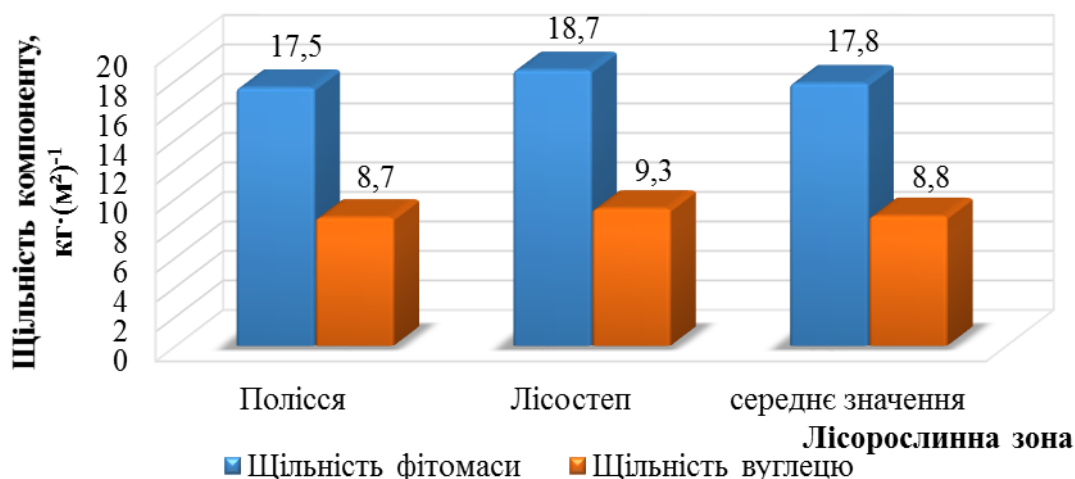


Рис. 5. Щільність фітомаси та вуглецю у межах лісорослинних зон Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства

Якщо порівнювати показники щільності вуглецю лісорослинних зон чи загалом Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, то вони вищі, ніж середнє значення цього показника в цілому для лісів України. Це свідчить про високу продуктивність лісових насаджень Київщини.

Частка участі підприємств у загальній фітомасі області за лісорослинними зонами коливається від 5 до 23 %. Так, у зоні Полісся найбільша частка загальної фітомаси припадає на ліси Державного підприємства «Іванківське лісове господарство» – 18,3 %, де відзначається найбільша площа і запас, тоді як у Державному підприємстві «Київська лісова науково-дослідна станція», яка найменша за площею, зосереджено 5,3 %. У лісостеповій зоні найбільша частка

припадає на ліси Державного підприємства «Білоцерківське лісове господарство» – 22,7 %, найменша на Державне підприємство «Ржищівське лісове господарство» – 5,6 %.

Загальні обсяги фітомаси в підприємствах залежать від вікової структури насаджень та деревних порід, які переважають. Відносно породного складу лісового фонду Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, то тут найбільшу частку в структурі фітомаси регіону становлять хвойні деревостани – 64,1 % (41,0 млн т), які поширені в усіх підприємствах області. Менше припадає на твердолистяні деревостани – 25,8 % (16,6 млн т). Відповідно, найменша частка характерна для м'яколистяних деревостанів – 10,1 % (6,5 млн т).

Високопродуктивні ліси Київської області мають значний потенціал для зниження концентрації парникових газів у атмосфері, тому своєчасним і актуальним є визначення можливостей деревостанів акумулювати  $\text{CO}_2$  з атмосфери і депонувати його у деревині та корі стовбурів, коренів і гілок дерев.

Ліс має вирішальне значення при оцінці рівня економічного життя в усьому цивілізованому світі. Його функції зазнавали постійних змін. Дерева поглинають вуглекислий газ з повітря і виділяють кисень, що є життєво необхідною умовою для існування організмів на планеті. Вони допомагають в очищенні повітря від різних токсичних сполук, включаючи двоокис сірки, азоту, чадний газ тощо. Так, тільки в лісах Київської області, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, станом на 1.01.2011 року акумульовано 31,8 млн т вуглецю, що становить 5 % від загальної кількості вуглецю, депонованого лісами України.

За даними статистичного щорічника Київської області, викиди діоксиду вуглецю у 2011 році становили 9,8 млн т. При цьому, 72,4 % (7,1 млн т) викидів припадає на стаціонарні джерела, 27,6 % (2,7 млн т) – на пересувні. Перерахувавши цю кількість в еквівалент атомарного вуглецю (C) через співвідношення молярних мас згаданих хімічних сполук, отримаємо викиди в обсязі 2,6 млн т вуглецю. Площа лісових ділянок, яку займає Державне агентство лісових ресурсів становить 52,6 %, тому зробивши перерахунок викидів діоксиду вуглецю і атомарного вуглецю на дану площу, отримаємо 5,2 ( $\text{CO}_2$ ) та 1,4 млн т (C).

Ліси Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства щорічно утримують значно менше вуглецю, ніж становлять його викиди. Щорічна зміна депонованого вуглецю у 2011 році була на рівні 0,43 млн т, що в 3 рази менше за викиди вуглецю (C) для цього періоду. Київська область становила 4,2 % викидів  $\text{CO}_2$  в атмосферу порівняно з Україною в цілому, де викиди діоксиду вуглецю досягали 236,0 млн т.

За досліджуваний період у лісах Київщини була накопичена значна кількість вуглецю. Відбулося це за рахунок зміни вікової структури лісів та підвищення продуктивності. Так, у середньому щорічно в лісових масивах області накопичується 0,38 млн т вуглецю. Ця кількість майже рівномірно розподілена між лісорослинними зонами і становить 0,16 млн т на Поліссі та 0,22 млн т у Лісостепу (табл. 5).

**Різниця між викидами і депонуванням вуглецю в насадженнях  
Київського обласного та по м. Києву управління лісового  
та мисливського господарства за лісорослинними зонами**

Лісорослинна зона, управління	Кількість депонованого вуглецю за роками обліку, млн т,		Зміна вуглецю, млн т	Річна зміна вуглецю, млн т	Щорічні викиди вуглецю, млн т	Різниця між викидами і депонуванням вуглецю, млн т
	1978	2011				
Полісся	13,0	18,4	5,4	0,16	0,84	-0,68
Лісостеп	6,4	13,4	7,0	0,22	0,57	-0,35
Київське ОУЛМГ*	19,3	31,8	12,5	0,38	1,41	-1,03

Примітка. \*ОУЛМГ – обласне та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства.

Наведені дані вказують на низький рівень поглинання вуглецю в кожній лісорослинній зоні та в області в цілому.

Хоча насадження Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства вважаються високопродуктивними із загальним обсягом фітомаси 64,0 млн т, в якій акумульовано 31,8 млн т вуглецю, проте цього недостатньо, аби утримувати ту кількість діоксиду вуглецю, який потрапляє в атмосферу. Це пояснюється великою кількістю стаціонарних і пересувних джерел викидів, що зосереджені в згаданому регіоні.

Для поліпшення ситуації в області стосовно викидів CO<sub>2</sub> потрібно зосередити увагу на збільшенні біомаси лісів, що досягається за рахунок господарської діяльності, тобто лісорозведення, лісовідновлення, збереження, охорони і захисту лісів від пожеж, незаконних рубок, пошкоджень, шкідників і хвороб та підвищення їх продуктивності.

## ВИСНОВКИ

У дисертації з використанням основних засад системного підходу було одержано комплексні результати, які відображають оцінку біологічної продуктивності за компонентами фітомаси головних лісотвірних порід Київської області.

За результатами дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз динаміки основних показників деревостанів Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства за періоди 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 та 2011 роки, свідчить про збільшення їх продуктивності. Спостерігається зменшення частки м'яколистяних за рахунок збільшення хвойних і твердолистяних деревостанів, відповідність головних лісотвірних порід умовам місцезростання, досить високі середні бонітети насаджень.

2. Як дослідний матеріал використано тимчасові пробні площі для забезпечення моделювання оцінки і прогнозу динаміки компонентів біопродуктивності лісів Київщини, закладені науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України в кількості 63 одиниць у соснових, дубових, грабових, березових, осикових та вільхових насадженнях. За досліджуваній період площа лісового фонду Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства зменшилася за рахунок створення «Чорнобильської Пущі» та передачі земель лісового фонду у інше відомство. Середній запас на один гектар зріс майже вдвічі від 141 до 264 м<sup>3</sup>. Лісистість у регіоні досліджень на 2011 рік становила 22,2 %.

3. Кількісна оцінка досліджуваних явищ у лісових екосистемах зумовила застосування методів множинного статистичного аналізу. Під час моделювання залежності компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних порід Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства від їх основних морфометричних показників використано метод множинного регресійного аналізу, базуючись на основних принципах системного підходу.

4. На основі статистичних даних розподілу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та запасів стовбурової деревини в лісах Київської області за зазначеними періодами, головними лісотвірними породами, групами віку та класами бонітету і моделей оцінки основних компонентів фітомаси насаджень, розраховано загальну фітомасу лісів досліджуваного регіону з розподілом за підприємствами лісового господарства в межах лісотвірних порід (хвойні, твердолистяні, м'яколистяні) та основними лісотвірними породами (сосна, дуб, граб, вільха, береза). Реалізація такого алгоритму розрахунку проводилася за допомогою програми *CARBON* і дозволила одержати вичерпну характеристику загальних обсягів фітомаси і бюджету вуглецю в лісових насадженнях регіону.

5. У насадженнях Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства станом на 01.01.2011 р. на загальній площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок 355,1 тис. га із запасом стовбурової деревини 93,6 млн м<sup>3</sup> знаходилося 64,0 млн т фітомаси, в якій акумульовано 31,8 млн т вуглецю. Частка основних компонентів у загальній фітомасі лісів досліджуваного регіону становить: деревина і кора стовбура – 68,5 %, деревина і кора гілок – 9,1, коріння – 15,6, листя (хвоя) – 2,3 та піднаметова рослинність – 4,5 %. Загальна площа Полісся та Лісостепу – 210,6 та 144,5 тис. га, запас стовбурової деревини – 56,9 та 36,7 млн м<sup>3</sup> відповідно. Фітомаса становить 37,1 та 26,9 млн т, акумульований вуглець 18,4 та 13,4 млн т відповідно.

6. Щільності фітомаси та вуглецю розраховані як середньозважені відношення накопленої маси до площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах групи лісотвірних порід, лісорослинних зон, державних підприємств лісового господарства та Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства. Наведена середня щільність фітомаси на 1 м<sup>2</sup> вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок області

становить 17,8 кг, вуглецю – 8,8 кг. У лісорослинній зоні Полісся щільність фітомаси становить  $17,5 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ , вуглецю –  $8,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ . Щільність фітомаси лісостепової зони –  $18,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ , вуглецю –  $9,3 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ .

7. Загальна фітомаса лісів області за підприємствами у межах лісорослинних зон коливається від 5 до 23 %. У зоні Полісся найбільша частка загальної фітомаси припадає на ліси Державного підприємства «Іванківське лісове господарство» – 18,3 %, тоді як у Державному підприємстві «Київська лісова науково-дослідна станція» зосереджено 5,3 %. У лісостеповій зоні найбільшу частку відзначають у лісах Державного підприємства «Білоцерківське лісове господарство» – 22,7 %, найменшу у Державному підприємстві «Ржищівське лісове господарство» – 5,6 %. Відмінність показників фітомаси в межах Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства є похідною від відмінності значень основних таксаційних показників деревостанів.

8. При порівнянні щільності вуглецю в деревостанах регіону дослідження з даними інших авторів встановлено наявність значних відмінностей між ними. Це свідчить про необхідність застосування інформаційного забезпечення для кількісного визначення екологічних функцій деревостанів Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства, пов'язаних з їх біопродуктивністю.

9. Лісові насадження регіону дослідження щорічно утримують значно менше діоксиду вуглецю, ніж становлять його викиди. Річна зміна вуглецю на вкритих лісовою рослинністю лісових ділянках Київської області, у 2011 році становила 0,43 млн т, що в 3 рази менше за викиди вуглецю (C) для згаданого періоду. Ця кількість майже рівномірно розподілена між лісорослинними зонами – 0,16 млн т на Поліссі та 0,22 млн т – у Лісостепу. Порівняно з Україною в цілому, де викиди діоксиду вуглецю досягають 236,0 млн т, на Київську область припадає 9,8 млн т, або 4,2 %.

10. Ліси Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства виконують важливу стабілізаційну роль в екологічних процесах регіону, що має важливе значення не тільки для регіону дослідження, а й для України загалом. Насадження області досить високопродуктивні, проте цього недостатньо аби утримувати ту кількість вуглецю, що потрапляє в атмосферу. Це пояснюється великою кількістю стаціонарних і пересувних джерел викидів, які зосереджені в згаданому регіоні, що зумовлює потребу збільшення біомаси лісів.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами дисертаційного дослідження для вирішення низки лісівничих та екологічних проблем регіону сформульовано основні рекомендації виробництву у межах Київської області:

– математичні моделі динаміки та довідкові таблиці обсягів компонентів фітомаси насаджень головних лісотвірних порід Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства;

- відношення надземної фітомаси насаджень до їхнього запасу у корі;
- математичні моделі конверсійних коефіцієнтів оцінки компонентів фітомаси головних лісотвірних порід;
- таблиці вмісту вуглецю в надземній фітомасі деревостанів головних лісотвірних порід Київської області.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті у наукових фахових виданнях України:**

1. Степаненко Л. П. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю в насадженнях центрального Полісся (на прикладі Макарівського держлісгоспу). Науковий вісник Національного аграрного університету. Лісівництво. 2004. Вип. 71. С. 143–148.
2. Степаненко Л. П. Динаміка продуктивності лісостанів Київської області. Науковий вісник Національного аграрного університету. Лісівництво. Декоративне садівництво. 2006. Вип. 96. С. 175–182.
3. Степаненко Л. П. Інформативне забезпечення моделювання біопродуктивності лісів Київської області. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». 2011. Вип. 164. Ч. 3. С. 56–60.

### **Статті у наукових фахових виданнях України,**

#### **включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

4. Степаненко Л. П. Динаміка запасів і площ головних лісотвірних порід Київської області. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2018. Т. 28. № 10. С. 45–48.
5. Степаненко Л. П. Динаміка біопродуктивності лісів Київської області. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2019. Т. 29. № 1. С. 41–44.

### **Тези наукових доповідей:**

6. Степаненко Л. П. Теоретичні передумови оцінки динаміки біологічної продуктивності лісів Київщини. Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: 55 науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів лісогосподарського факультету Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, 19–21 травня 2005 року: тези доповіді. Львів, 2005. С. 61–63.
7. Степаненко Л. П. Зональна динаміка продуктивності лісостанів Київщини. Конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 60 ювілейна студентська науково-виробнича конференція, м. Київ, 28–29 березня 2006 року: тези доповіді. К., 2006. С. 98–99.
8. Степаненко Л. П. Фітомаса, вуглець і глобальні екологічні проблеми. Конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і

аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 61 студентська наукова конференція, м. Київ, 18–19 квітня 2007 року: тези доповіді. К., 2007. С. 95–96.

9. Степаненко Л. П. Моделювання біологічної продуктивності лісів Київщини. Конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства та 62 студентська наукова конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2008 року: тези доповіді. К., 2008. С. 56–57.

10. Степаненко Л. П. Експериментальна база даних моделювання біопродуктивності насаджень Київської області. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 26–29 жовтня 2011 року: тези доповіді. К., 2011. С. 63–64.

11. Степаненко Л. П. Біопродуктивність насаджень Київської області та її динаміка. Ліс, довкілля, технології: наука та інновації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 березня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 167–168.

12. Степаненко Л. П., Лакида П. І. Експериментальна база даних з оцінки біопродуктивності соснових деревостанів Київщини. Ліси Східної Європи у світі, що змінюється: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 120-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України та 80-річчю академіка Лісівничої академії наук України та Євразійської академії наук, почесного професора Національного університету біоресурсів і природокористування України, професора Швиденка Анатолія Зіновійовича, м. Київ, 27–30 вересня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 113–114. *(Здобувачеві належить збір, опрацювання та аналіз матеріалів).*

## АНОТАЦІЯ

**Степаненко Л. П. Фітомаса та депонований вуглець у лісах Київської області.** – 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, 2019.

Дисертацію присвячено вивченню продуктивності за компонентами фітомаси та депонованого вуглецю в насадженнях головних лісотвірних порід області.

Проведено аналіз динаміки лісівничо-таксаційних показників насаджень головних лісотвірних порід у межах лісорослинних зон та державних підприємств Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства. Закладено тимчасові пробні площі у соснових насадженнях Державного підприємства «Макарівське лісове господарство», які характеризують деревостани, створені на землях, виведених з-під сільсько-господарського користування.

Виконано статистичний аналіз показників компонентів фітомаси деревостанів. Зв'язок компонентів рослинної біомаси з основними таксаційними показниками, головних лісотвірних порід області встановлювали за допомогою кореляційного аналізу.

Отримано математичні моделі оцінки конверсійних коефіцієнтів фітомаси листя (кора), деревина і кора гілок, деревина і кора стовбура, коріння, піднаметова рослинність. Здійснено аналіз фітомаси та депонованого в ній вуглецю за досліджуваними періодами (1978, 1983, 1988, 1996, 2002, 2011 рр.), за лісорослинними зонами та державними підприємствами.

Розраховано річну зміну вуглецю на останній період дослідження. Ліси Київського обласного та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства щорічно утримують значно менше вуглецю, ніж становлять його викиди. Щорічна зміна депонованого вуглецю у 2011 р. знаходилася на рівні 0,43 млн т, що в 3 рази менше за викиди вуглецю (С) для даного періоду.

**Ключові слова:** продуктивність насаджень, фітомаса, депонований вуглець, моделювання, конверсійні коефіцієнти, динаміка, кореляційний аналіз.

## АННОТАЦІЯ

**Степаненко Л. П. Фитомасса и депонированный углерод в лесах Киевской области.** – 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, 2019.

Диссертация посвящена изучению производительности по компонентам фитомассы и депонированного углерода в насаждениях главных лесообразующих пород области.

Объектом исследований являются процессы накопления фитомассы и депонированного в ней углерода лесными насаждениями государственных лесохозяйственных предприятий Киевской области.

Предмет исследования – динамика компонентов биопродуктивности лесов государственных лесохозяйственных предприятий Киевской области.

Методический подход и математическая модель оценки динамики фитомассы лесов связывают результаты лесного кадастра и системы регрессионных моделей оценки компонентов фитомассы главных лесообразующих пород Киевской области.

Информационной базой исследований служили опытные данные оценки таксационных показателей и компонентов фитомассы на временных пробных площадях (63 единиц), а также данные Государственного лесного кадастра 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 и 2011 годов.

В результате исследований были получены: справочные таблицы динамики основных параметров компонентов фитомассы и депонированного в ней углерода; математические модели оценки качественных и количественных

показателей компонентов фитомассы деревьев и древостоев сосны обыкновенной; конверсионные коэффициенты отношений компонентов надземной фитомассы запасов древостоев и математические модели их оценки главных лесообразующих пород области; таблицы содержания углерода в надземной фитомассе древостоев главных лесообразующих пород Киевской области.

Климатические и почвенные условия региона исследований являются благоприятными для роста, развития и обновления высокопроизводительных насаждений.

Анализ динамики основных показателей древостоев Киевской области за период 1978, 1983, 1988, 1996, 2002 и 2011 годов, свидетельствует об увеличении их производительности. На это указывает уменьшение части мягколиственных за счет увеличения хвойных и твердолиственных древостоев, соответствие главных лесообразующих пород условиям произрастания, достаточно высокие средние бонитеты насаждений.

Количественная оценка исследуемых явлений в лесных экосистемах обуславливает применение методов множественного статистического анализа с этой целью. При моделировании зависимости компонентов фитомассы древостоев основных лесообразующих пород Киевской области от их основных морфометрических показателей использовался метод множественного регрессионного анализа, основываясь на главных принципах системного подхода.

Принцип построения моделей оценки биопродуктивности древостоев главных лесообразующих пород Киевской области по компонентам надземной фитомассы заключался в установлении их многофакторных зависимостей от основных таксационных признаков насаждений, которые указываются в данных Государственного лесного кадастра. Анализ показал, что наиболее пригодна с точки зрения точности и практичности применения двухфакторная модель зависимости основных компонентов фитомассы насаждения, в которой как факторы задействованы возраст насаждения и класс бонитета.

На основе статистических данных распределения покрытых лесной растительностью лесных участков и запасов стволовой древесины в лесах Киевской области по указанным периодам, главным лесообразующим породам, возрастным категориям, классам бонитета и моделям оценки основных компонентов фитомассы насаждений, рассчитана общая фитомасса лесов исследуемого региона с разбивкой по предприятиям лесного хозяйства в пределах лесообразующих пород (хвойные, твердолиственные, мягколиственные) и основным лесообразующим породам (сосна, дуб, граб, береза, ольха). Реализация такого алгоритма расчета проводилась с помощью программы *CARBON* и позволила получить исчерпывающую характеристику общих объемов фитомассы и бюджета углерода в лесных насаждениях региона.

В насаждениях Киевской области на 01.01.2011 г. общей площадью покрытых лесной растительностью лесных участков 355,1 тыс. га с запасом стволовой древесины 93,6 млн м<sup>3</sup> находилось 64,0 млн т фитомассы, в которой аккумулировано 31,8 млн т углерода. Часть основных компонентов в общей

фитомассе лесов исследуемого региона составляет древесина и кора ствола – 68,5 %, древесина и кора ветвей – 9,1, корни – 15,6, листья (хвоя) – 2,3 и подпологовая растительность – 4,5 %. Общая площадь Полесья и Лесостепи составляет 210,6 и 144,5 тыс. га, запас стволовой древесины 56,9 и 36,7 м<sup>3</sup> соответственно. На фитомассу приходится – 37,1 и 26,9 млн т, аккумулированный углерод 18,4 и 13,4 млн т соответственно. Средняя плотность фитомассы на 1 м<sup>2</sup> покрытых лесной растительностью лесных участков области – 17,8 кг, углерода – 8,8 кг. В лесорастительной зоне Полесья плотность фитомассы находится на уровне 17,5 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, углерода – 8,7 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>. Плотность фитомассы лесостепной зоны – 18,7 кг·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, углерода – 9,3 кг (м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Лесные насаждения Киевской области ежегодно удерживают значительно меньше оксида углерода, чем составляющие его выбросы. Годовое изменение углерода на покрытых лесной растительностью лесных участках Киевской области в 2011 году составляло 0,43 млн т, что в 3 раза меньше выбросов (С) для указанного периода.

**Ключевые слова:** производительность насаждений, фитомасса, депонированный углерод, моделирование, конверсионные коэффициенты, динамика, корреляционный анализ.

## ANNOTATION

**Stepanenko L. P. Phytomass and Carbon Deposited in Forests of Kyiv Region.** – The Manuscript.

The thesis for awarding a scientific 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, 2019.

The dissertation is devoted to the study of the productivity of components of phytomass and deposited carbon in the plantations of the main forest species of the region.

The analysis of the dynamics of forestry and tax indicators of plantings of main forest species in the limits of forest areas and state enterprises of the Kyiv Oblast and in Kyiv on forestry and hunting management is carried out. Temporary trial areas are laid in pine plantations of the State Enterprise «Makariv Forestry», which characterize the stands established on land that has come out of agricultural use.

The statistical analysis of indices of phytomass components of tree stands is carried out. The connection of plant biomass components with the main tax indicators, the main forest species of the region, was established by means of correlation analysis.

The mathematical models of estimation of conversion coefficients of phytomass leaves (bark), wood and bark of branches, wood and bark of the barrel, roots, subnatural vegetation are obtained. The analysis of phytomass and deposited carbon in the investigated periods (1978, 1983, 1988, 1996, 2002, 2011), forest vegetation zones and state-owned enterprises was carried out.

The annual change in carbon for the last period of research has been calculated. The forests of the Kyiv Oblast Department of Forestry and Hunting each year contain significantly less carbon than their emissions. The annual change in deposited carbon

in 2011 was 0.43 million tonnes, which is 3 times less than carbon emissions (C) for this period.

**Key words:** planting productivity, phytomass, deposited carbon, modeling, conversion factors, dynamics, correlation analysis.

Підписано до друку 30.09.19  
Ум. друк. арк. 0,9  
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16  
Обл.-вид.арк. 0,9  
Зам. № 190821

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041  
тел.: 527-81-55

