

**ДИНАМІКА БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ ШАЦЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

П.І. Лакида, доктор сільськогосподарських наук

*Г.А. Сахарук, здобувач**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

За результатами польових експериментальних досліджень та повидільної бази даних лісовпорядкування проведено моделювання та аналіз динаміки біопродуктивності лісів головних лісотвірних порід Шацького національного природного парку.

Ключові слова: *Шацький національний природний парк, фітомаса, лісотвірна порода, конверсійні коефіцієнти, моделювання, вуглець, кисень.*

Зміна клімату на Землі є предметом спільного занепокоєння людства. Адже в результаті людської діяльності відбулося істотне збільшення концентрації парникових газів у атмосфері, яке, у свою чергу, посилює природний парниковий ефект, що спричиняє додаткове потепління поверхні та атмосфери Землі і може несприятливо вплинути на природні екосистеми і людство [3].

Впливаючи на біологічні ценози можна керувати потоками вуглецю, а отже, і регулювати процеси накопичення CO₂ в атмосфері. Найперспективнішими з наземних біомів у цьому плані вважаються ліси. Вони мають високу організованість, поновлюваність, порівняно довго утримують вуглець у тілах дерев, а також уповільнений процес розкладу решток. Результати досліджень Міжнародної біологічної програми, яка виконувалась у 70-х роках минулого століття під егідою ЮНЕСКО, свідчать: майже 60 % щорічного приросту фітомаси планети припадає на ліси. Із загального запасу органічної речовини

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук П.І. Лакида

Землі більше 80 % сконцентровано у лісах, тоді як у водних екосистемах, включаючи океани, тільки 12,3 % [1].

Мета досліджень. Оцінка біопродуктивності лісів проводиться з метою вивчення структури лісового покриву, його вуглецедепонувальної здатності, аналізу стійкості лісових екосистем і їх впливу на регіональні та глобальні кліматичні зміни [2]. Дані про оцінку запасів і депонування вуглецю представляють інтерес з точки зору «вуглецевої ємності» лісових територій, тобто потенційного об'єкта локалізації викидів CO₂. Ці дослідження пов'язані з можливістю використання ідеї вуглецевого кредиту – компенсації понаднормативних викидів CO₂ за рахунок депонування вуглецю лісовими екосистемами.

Оцінка продуктивності лісів за компонентами фітомаси дає змогу визначити можливі додаткові ресурсні запаси лісів (деревина та кора гілок, корені, хвоя тощо), вивченню яких у минулому приділялася обмежена увага. Крім того показники запасів фітомаси тісно корелюють із показниками екологічних функцій лісів (продукування кисню, затримання пилу, шумопоглинання тощо).

Найвагомішим складником живої континентальної природи є фітомаса лісів [3, 5, 10, 11, 12]. Це основна характеристика, яка визначає хід процесів у лісових екосистемах та використовується з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів та оцінки їхньої вуглецедепонувальної ємності.

Методи наших досліджень полягають в: а) оцінці параметрів фітомаси дерев та пошуку адекватних залежностей їхнього взаємозв'язку множинним регресійним аналізом; б) послідовному поєднанні комплексу лісотаксаційних нормативів визначення запасів стовбурної деревини та математичних залежностей зміни якісних і кількісних параметрів компонентів фітомаси дерев.

Проаналізувавши зміни, які відбулися в лісовому фонді Шацького національного природного парку, важливо відмітити, що за досліджуваний період (1987–2002 рр.) площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок

збільшилася на 742,1 га тис. га (6,4 %) у результаті залісення нових ділянок, які раніше не були вкриті лісовою рослинністю та набуттям у постійне користування земель, що раніше належали іншим користувачам; загальний запас насаджень збільшився на 700,9 тис. м³ (39,3 %).

Серед головних порід, які переважають за запасом у насадженнях Шацького НПП, є сосна звичайна та вільха клейка, значна частка припадає на березу повислу. Основну частину насаджень складають молодняки та середньовікові деревостани, тоді як пристигаючі, стиглі та перестійні насадження майже відсутні.

Слід зазначити добре помітну позитивну тенденцію щодо змін середніх таксаційних показників насаджень Шацького НПП. Вочевидь, це пов'язано з певними природними факторами (наприклад, прискореним ростом середньовікових насаджень, що переважають у лісовому фонді Шацького НПП, а також відносно малою інтенсивністю виконуваних рубок догляду, заборонаю на певний час проведення прохідних рубок, повною заборонаю будь-яких рубок у насадженнях заповідної зони тощо).

Протягом досліджуваного періоду спостерігається нарощування запасу в усіх групах лісотвірних порід (табл. 1), що пов'язано зі зростанням середнього віку насаджень (на 7 років) та інтенсивним приростом середньовікових насаджень, які становлять переважну більшість насаджень Шацького НПП.

1. Розподіл середніх запасів деревостанів на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами лісотвірних порід у Шацькому НПП

| Період лісовпорядкування, рік | Середній запас на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, м ³ ·га ⁻¹ | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|---------------|--------------|
| | усього | у т.ч. за групами лісотвірних порід | | |
| | | хвойні | твердолистяні | м'яколистяні |
| 1987 | 142,4 | 164,9 | 106,3 | 94,2 |
| 1992 | 160,1 | 175,4 | 139,6 | 127,3 |
| 2002 | 194,1 | 212,8 | 174,4 | 156,9 |

Варто також вказати на певну стабільність продуктивності соснових деревостанів за аналізований період, про що свідчать середні бонітети

деревостанів (табл. 2) та їх позитивні тренди для твердолистяних і м'яколистяних лісів.

2. Середні бонітети насаджень у межах групи порід за періодами обліку

| Період лісовпорядкування, рік | Середній бонітет за групами лісотвірних порід | | |
|-------------------------------|---|--------------|--------------|
| | хвойні | тврдолистяні | м'яколистяні |
| 1987 | II,6 | II,0 | III,1 |
| 1992 | II,1 | II,0 | II,5 |
| 2002 | II,3 | I,8 | II,5 |

Оцінку фітомаси деревостанів за фракціями за ємністю часу не можна порівняти з традиційною оцінкою запасів деревини стовбурів. На даний час накопичені величезні банки даних про запаси стовбурової деревини, а наявні численні дані перелікової таксації тимчасових і постійних пробних площ, складено велику кількість регіональних таблиць ходу росту деревостанів різних порід. Разом із тим, дані про запаси та продуктивність фітомаси порівняно не чисельні [8]. Єдиний шлях для заповнення інформаційних „білих п'ятен” з оцінки фітомаси – це суміщення банків даних Державного обліку лісового фонду країни (ДОЛФ) за запасами стовбурової деревини та традиційних нормативів (наприклад, таблиць ходу росту (ТХР)) з даними про фітомасу лісів на основі багатofакторних моделей, які передбачають оцінку фітомаси або її перевідних коефіцієнтів за основними показниками, які входять до складу ДОЛФ та ТХР [7, 12, 14].

Матеріали і методика досліджень. Оцінку первинної біопродуктивності лісів проводили за спеціальною методикою [4] на основі статистичних даних розподілу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та запасів стовбурної деревини в лісах Шацького НПП за головними лісотвірними породами, групами віку, бонітетами.

Моделювання компонентів фітомаси насаджень Шацького НПП здійснювали шляхом встановлення одно- та багатofакторних залежностей компонентів фітомаси від таксаційних ознак насаджень, які представлені в даних лісового кадастру. При моделюванні динаміки фітомаси деревостану використовували конверсійні коефіцієнти, які визначали за формулою:

$$R_V = M_f / M,$$

де R_V – конверсійні коефіцієнти таксаційних показників компонентів фітомаси;

M_f – маса фракції фітомаси деревостану, т;

M – запас стовбуровий у корі, м³.

Метод конверсійного коефіцієнта (R_V) дозволяє оцінювати запаси фітомаси як для окремого насадження, так і для лісових масивів цілого регіону.

Для оцінки R_V була створена база даних, яка включає 101 тимчасову пробну площу (ТПП), на яких здійснювалося безпосереднє визначення фракцій фітомаси та вимірювалися необхідні таксаційні показники деревостану.

Для визначення математичних залежностей проводився пошук аналітичних залежностей зміни конверсійних коефіцієнтів методом множинної регресії за допомогою пакета статистичних програм *STATISTICA*. Аргументами регресійних рівнянь розглядалися таксаційні показники насаджень: вік (A), клас бонітету (B) і відносна повнота (P).

Пошук математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів насаджень регіону дослідження із загальною фітомасою насаджень здійснювався з використанням залежності:

$$R_V = f(A, B, P),$$

де R_V – відповідні конверсійні коефіцієнти (деревина, кора, листя (хвоя) тощо);

$f(A, B, P)$ – функції таксаційних ознак деревостану (вік, бонітет, повнота).

Клас бонітету визначали за бонітетною шкалою М.М. Орлова з кодуванням бонітетів відповідно до їх середньої висоти у 100-літньому віці [4, 15].

Для моделювання зміни коефіцієнтів R_V використовувалися три види аллометричних залежностей [15]:

$$R_V = a_0 \cdot A^{a1};$$

$$R_V = a_0 \cdot A^{a1} \cdot B^{a2};$$

$$R_V = a_0 \cdot A^{a1} \cdot B^{a2} \cdot P^{a3}.$$

Розрахунок коефіцієнтів відношень R_v здійснювали для таких компонентів фітомаси насадження, як: $R_{v(st)}$ – деревина стовбура; $R_{v(k)}$ – кора стовбура; $R_{v(g)}$ – гілки (деревина і кора гілок крони); $R_{v(l)}$ – листя (хвоя).

Значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси оцінювали на 5 %-му рівні значущості за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії. В результаті проведених розрахунків виявилось, що всі надземні компоненти фітомаси сосни звичайної та граба звичайного адекватно описуються регресійними рівняннями. Незначущими виявилися коефіцієнти детермінації та інші статистичні показники для конверсійних коефіцієнтів гілок дуба звичайного, гілок і кори деревини берези повислої та вільхи клейкої. Тому в подальших розрахунках використовували їх середні значення.

Фітомаса піднаметової рослинності ($R_{v(pr)}$) та підземна фітомаса деревостанів ($R_{v(kor)}$) головних лісоутворювальних порід Шацького НПП була оцінена за літературними даними [6, 15].

Результати досліджень. Отже, отримано регресійні рівняння, що зв'язують фітомасу насадження за фракціями з його таксаційними показниками стовбурового запасу. Це дає змогу отримати максимум інформації з урахуванням регіональних особливостей екосистем Шацького НПП.

Оцінка загальних обсягів вуглецю, що депонується у фітомасі, проводиться за перевідними коефіцієнтами (як правило, використовують коефіцієнт 0,5 для деревних фракцій і 0,45 – для листя та нижніх ярусів) [16]. У результаті розрахунків на ПК отримано вичерпну характеристику загальних обсягів фітомаси та депонованого в ній вуглецю для лісів Шацького НПП за досліджуваними періодами (табл. 3).

3. Загальна фітомаса та вуглець у лісових насадженнях Шацького НПП

| Рік обліку | Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, га | Запас стовбурової деревини, тис. м ³ | Фітомаса | | Вуглець | |
|------------|---|---|----------|---|---------|---|
| | | | тис. т | щільність, кг·(м ²) ⁻¹ | тис. т | щільність, кг·(м ²) ⁻¹ |
| 1987 | 10777,1 | 1534,9 | 1066,8 | 9,90 | 526,6 | 4,89 |
| 1992 | 10860,5 | 1739,2 | 1152,5 | 10,61 | 570,2 | 5,25 |
| 2002 | 11519,2 | 2235,8 | 1467,7 | 12,74 | 726,1 | 6,30 |

Як свідчать дані табл. 3, зі збільшенням площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок (на 742,1 га, що становить 6,4%) та запасу стовбурової деревини (на 700,9 тис. м³, що становить 39,3%) відповідно збільшився обсяг фітомаси насаджень на 400,9 тис. т (29,3%) та акумульованого в ній вуглецю на 199,5 тис. т (27,5%).

Відповідно до розподілу запасів стовбурної деревини в межах груп лісотвірних порід близькою є структура відсотка загальної фітомаси в межах лісів досліджуваного природного парку (рис. 1).

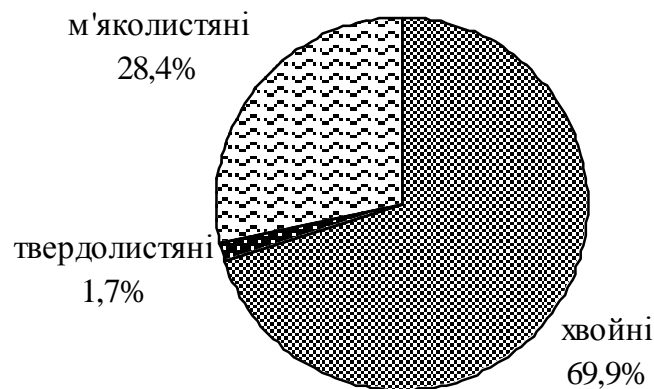


Рис. 1. Розподіл фітомаси насаджень Шацького НПП за групами лісотвірних порід станом на 2002 р.

На кінець досліджуваного періоду загальний обсяг їх фітомаси становив 1467,7 тис. т, в якій акумульовано 726,1 тис. т вуглецю. За рис. 1, найбільшу частку в структурі фітомаси насаджень Шацького НПП становлять хвойні деревостани – 66,9% (1088,0 тис. т), наполовину менше припадає на м'яколистяні – 28,4% (478,8 тис. т) і найменшу частку займають твердолистяні насадження – 1,7% (28,4 тис. т).

Збільшилася також щільність фітомаси на одиницю площі. Очевидно, що величина щільності істотно залежить від вікової структури насаджень. Переважання молодняків і середньовікових насаджень у віковій структурі підвищує інтенсивність депонування, але знижує загальний запас вуглецю. В лісах Шацького НПП переважають середньовікові насадження, які активно депонують вуглець. Протягом 15 досліджуваних років щільність фітомаси в насадженнях Шацького НПП у всіх групах лісотвірних порід зросла від 9,90

кг·(м²)⁻¹ до 12,74 кг·(м²)⁻¹ та депонованого в ній вуглецю від 4,89 кг·(м²)⁻¹ до 6,30 кг·(м²)⁻¹ (у 1,3 раза) (рис. 2).

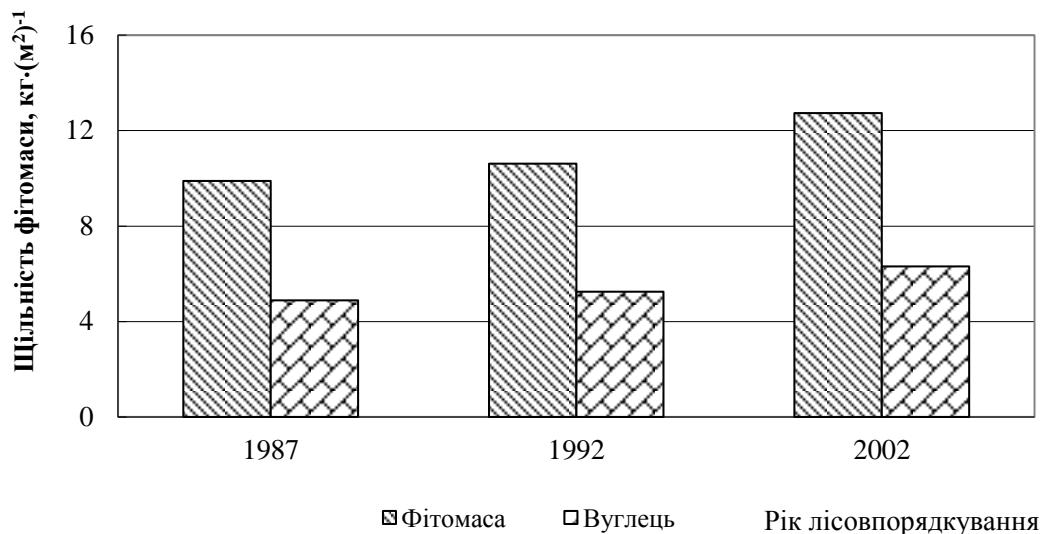


Рис. 2. Динаміка щільності фітомаси та депонованого в ній вуглецю у лісах Шацького НПП

Як показують багаторічні дослідження вітчизняних вчених щодо накопичення вуглецю, ліси України мають значний потенціал щодо його депонування [4, 8]. Важливу роль у цьому питанні відіграють ліси Шацького національного природного парку. Адже середня щільність вуглецю на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок згаданого об'єкта, незважаючи на низьку продуктивність лісорослинних умов, на кінець досліджуваного періоду становить 6,3 кг·(м²)⁻¹, коли по Україні в середньому – 6,5 кг·(м²)⁻¹ [4].

Відомо, що в процесі свого розвитку ліси, акумулюючи сонячну енергію в процесі фотосинтезу, продукують органічну масу та кисень, збагачують цим життєво важливим елементом повітряний басейн атмосфери [1, 2].

Лісова рослинність Шацького національного природного парку займає близько 50 % його території, серед якої основне місце належить сосновим деревостанам (65,7 %). Трохи менша площа знаходиться під м'яколистими лісами, зокрема вільховими (16,8 %) і березовими (16,4 %) насадженнями [9]. Разом із тим Шацький НПП є об'єктом рекреації та туризму.

Розрахунки киснепродуктивності насаджень Шацького НПП виконано за методикою М.І. Чеснокова і В.М. Долгошеєва [13]. Оскільки киснепродуктив-

ність лісів при забезпеченні однієї тонни абсолютно сухої речовини в процесі фотосинтезу різних порід близька (сосни – 1,393 т, ялини – 1,413 т, берези – 1,393 т, осики – 1,423 т), то цей показник в середньому становить 1,4. За результатами розрахунків загальної фітомаси насаджень Шацького НПП визначено річну зміну загальної фітомаси та на 1 га окремо за 1987–1992 рр. та за 1992–2002 рр. і їх киснепродуктивність (табл. 4).

4. Об'єм кисню, який виділяють насадження Шацького НПП

| Період лісовпорядкування, рік | Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га | Запас стовбурної деревини, тис. м ³ | Фітомаса | | Річна зміна фітомаси, т·га ⁻¹ | Обсяг кисню, який виділяє за рік 1 га лісу, т·га ⁻¹ | Загальний обсяг кисню, який продукує ліс за 1 рік, т |
|-------------------------------|---|--|----------------|-----------------------------|--|--|--|
| | | | усього, тис. т | на 1 га, т·га ⁻¹ | | | |
| 1987 | 10777,1 | 1534,9 | 1066,8 | 99,0 | 1,4 | 2,0 | 21721 |
| 1992 | 10860,5 | 1739,2 | 1152,5 | 106,1 | | | |
| 2002 | 11519,2 | 2235,8 | 1467,7 | 127,4 | 2,1 | 2,9 | 33406 |

Звичайно, отримані дані досить наближені. Для більш точних розрахунків потрібно будувати таблиці ходу росту модальних деревостанів Шацького національного природного парку. Однак наведена оцінка киснепродуктивної функції лісів даного об'єкта досліджень наглядно засвідчує важливе значення лісових насаджень у покращенні стану повітряного басейну.

З літературних джерел [13] відомо, що більше кисню виділяють (з розрахунку на одиницю площі) листяні насадження. Враховуючи той факт, що твердолистяні деревостани в Шацькому НПП зростають на незначних площах (158,8 га) і в несприятливих для них типах лісорослинних умов, то для згаданого об'єкта вони не мають великої цінності. Більше уваги слід приділити м'яколистям породам, зокрема березі та вільсі, які в Шацькому НПП поряд із сосною є головними лісотвірними породами. Саме вони найбільш киснепродуктивні для цього регіону, хоча займають площу вдвічі меншу, ніж сосна звичайна, яка є тут панівною. Враховуючи основне призначення лісових насаджень Шацького національного природного парку, а саме [9]: збереження,

відтворення, а також раціональне використання унікальних поліських природних комплексів Шацького поозер'я, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, еколого-освітню й естетичну цінність, та посилення охорони водно-болотних угідь міжнародного значення і сприяння розвитку міжнародного співробітництва в галузі збереження біологічного ц ландшафтного різноманіття, цей факт дає основу для перегляду відношення до м'яколистяних порід як до об'єкта лісового господарства.

Висновки. Сьогодні ведення лісового господарства повинно бути орієнтоване на комплексне використання всього біологічного продукту, що виробляє ліс. Тому оцінка продуктивності деревостанів досить актуальна.

У ході аналізу динаміки продуктивності насаджень Шацького національного природного парку встановлено тенденцію до зростання основних таксаційних показників, що характеризують продуктивність лісів досліджуваного об'єкта: спостерігається підвищення класу бонітету в усіх групах порід; середній запас насаджень зростає з кожним періодом лісовпорядкування, відповідно зростає накопичення фітомаси і депонованого в ній вуглецю та їх щільності на одиницю площі. Збільшення площі лісів та підвищення їх продуктивності забезпечує більші обсяги виділення кисню в атмосферу.

Як показав пошук регресійних рівнянь, що зв'язують фітомасу насадження за фракціями з його таксаційними показниками, переважна більшість надземних компонентів фітомаси описуються коректними регресійними рівняннями. Незначущими виявилися коефіцієнти детермінації та інші статистичні показники для гілок дуба звичайного, гілок і кори деревини берези повислої та вільхи клейкої. Тому в подальших розрахунках використовували їх середні значення.

Використання багатомірних залежностей дає змогу отримати максимум інформації з дослідних даних, а також деякою мірою врахувати регіональні особливості екосистем Шацького НПП.

У цілому ліси Шацького НПП є продуктивними, зі сталим веденням лісового господарства, що забезпечує виконання ними основних екологічних і соціальних функцій.

Список літератури

1. Букша И.Ф. «Киотские леса»: и климат подправит, и лесхозам помочь / И.Ф. Букша // Оборудование и инструмент для профессионалов. Лесоводство. – 2004. – № 7. – С. 9–11.
2. Букша И.Ф. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату / И.Ф. Букша // Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні: зб. статей. Ініціатива з питань зміни клімату. – К., 2002. – С. 132–148.
3. Глобальні зміни клімату: економіко-правові механізми імплементації кіотського протоколу в Україні / [за ред. В.Я.Шевчука]. – К.: Геопринт, 2005. – 147 с.
4. Лакида П.И. Динамика запасов углерода в лесах Украины / П.И. Лакида // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. – Гомель, 2001. – Вып. 56. – С. 86–90.
5. Лакида П.И. Фітомаса лісів України : монографія / Лакида П.И. – Тернопіль: Збруч, 2002. – 256 с.
6. Мякушко В.К. Сосновые леса равнинной части УССР / Мякушко В.К. – К.: Наук. думка, 1978. – 256 с.
7. Онучин А. А. Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев / А. А. Онучин, А. Н. Борисов // Лесоведение. – 1984. – № 6. – С. 66–71.
8. Петренко М. М. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю в штучних насадженнях сосни Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 „Лісовпорядкування та лісова таксація” / М.М. Петренко. – К., 2002. – 17 с.
9. Сахарук Г.А. Ліси Шацького національного природного парку – аналіз сучасного стану / Г.А. Сахарук // Науковий вісник національного аграрного університету. – 2007. – № 106. – С. 2001–207.
10. Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев / Усольцев В. А. – Красноярск : Изд-во Красн. ун-та, 1985. – 192 с.

11. Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев / Усольцев В. А. – Новосибирск : Наука, 1988. – 253 с.

12. Уткин А. И. Определение запасов углерода по таксационным показателям древостоев: метод поучастковой аллометрии / А. И. Уткин, Д. Г. Замолотчиков, Т. А. Гульбе [и др.] // Лесоведение. – 1998. – № 2. – С. 38–53.

13. Чесноков Н.И. Опыт расчета количества кислорода, выделяемого лесом / Н.И. Чесноков, В.М. Долгошеев // Экология. – 1980. – № 1. – С. 96–98.

14. Швиденко А. З. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета надземных экосистем России. 2. Нетто-первичная продукция экосистем / А. З. Швиденко, С. Нильсон, В. С. Столбовой [и др.] // Экология. – 2001. – № 2. – С. 83–90.

15. Lakida P. Estimation of Forest Phytomass for Selected Countries of the Former European USSR / Lakida P., Nilsson S., and Shvidenko A. / WP-95-79. – Laxenburg, IIASA, 1995. – 33 p.

16. Matthews G. The Carbon Contents of Trees / Matthews G. // Forestry Commission. Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.

По результатам полевых экспериментальных исследований и по выдельной базе данных леспроекта проведено моделирование и анализ динамики биопродуктивности лесов главных лесообразующих пород Шацкого национального природного парка.

Ключевые слова: Шацкий национальный природный парк, фитомасса, лесообразующая порода, конверсионные коэффициенты, моделирование, углерод, кислород.

Based on results of field experimental research and stand-wise database of forest inventory, modeling and analysis of the main forest forming tree species of Shatsk national nature park.

Keywords: Shatsk national nature park, live biomass, forest forming tree species, conversion ratios, modeling, carbon, oxidant.