

тавление и анализ работы локальной и региональной систем моделей биопродуктивности, широко применяемых в отечественных и международных научных проектах. Установлены вероятные причины обнаруженных отличий: использованные при моделировании исходные данные, географические факторы и задействованное математическое обеспечение. Сформулированы предложения на счет усовершенствования локальной системы моделей для лучшего учета динамики компонентов фитомассы рекреационно-оздоровительных лесов.

Ключевые слова: биопродуктивность лесов, городские леса Киева, искусственные основные древостой, система моделей биопродуктивности.

Lakyda I.P. Some Peculiarities of Bioproductivity Assessment of Recreational and Sanitary Forests on the Example of Pine Stands of Artificial Origin of Urban Forests of Kyiv City

Based on the performed assessment of bioproductivity of pine stands of artificial origin of urban forests of Kyiv city by live biomass components, a comparison and analysis of local and regional systems of bioproductivity models was done. These systems are widely used within the national and international scientific research projects. The most probable reasons of existence of the found differences are ascertained: the initial data, geographical factors, and the applied mathematical tools. The proposals for improvement of the local system of models for better accounting for dynamics of live biomass components of recreational and sanitary stands are formulated.

Keywords: bioproductivity of forests, urban forests of Kyiv city, pine stands of artificial origin, system of bioproductivity models.

УДК 630*[5+17+56]

Аспір. О.М. Мельник¹ –

НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

КОНВЕРСІЙНІ КОЕФІЦІЄНТИ КОМПОНЕНТ ФІТОМАСИ ДЕРЕВОСТАНІВ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ "ПРИП'ЯТЬ-СТОХІД"

За результатами польових і лабораторних досліджень, які оброблено на ПК з використанням спеціальних прикладних програм (табличного процесора MS Excel, статистичної програми STATISTICA – 8), зібрано та проаналізовано базу даних головних лісотворних видів Національного природного парку "Прип'ять-Стохід", яку надалі використано для інформативного забезпечення та розроблення множинних регресійних рівнянь. Опрацьовано комплекс математичних моделей оцінювання конверсійних коефіцієнтів фітомаси деревостанів за її окремими компонентами (деревина стовбура у корі, кора стовбура, гілки крони та листя (хвоя)). Отримано регресійні рівняння, що зв'язують фітомасу деревостанів за фракціями з таксаційними показниками для таких деревних видів, як: вільха клейка, сосна звичайна, береза повисла та дуб звичайний.

Ключові слова: Національний природний парк "Прип'ять-Стохід", деревостан, вік, відносна повнота, бонітет, біотична продуктивність, моделювання, конверсійні коефіцієнти, коефіцієнти регресії.

Вступ. Ліси планети є одним з головних стабілізуючих природних механізмів, які здатні компенсувати зростаючі індустріальні та транспортні емісії парникових газів в атмосферу.

У роботі акад. М.М. Моїсеєва [3] зазначено, що за останні 100 років концентрація вуглецю в атмосфері підвищилася на 20 %, а збільшення запасів фітомаси рослинного покриву не спостерігається. Причиною цієї негативної тенден-

ції є зменшення площі світових лісів, що є результатом як господарської діяльності людини (проведення несанкціонованих рубок для задоволення потреб національного господарства), так і збільшення кількості негативних природних явищ (пожежі, буреломи, вітровали і т. ін.). Зокрема, за 15 років з 1990 по 2005 рр. вона скоротилася на 125,3 млн га, тобто щорічне скорочення становило в середньому 8,4 млн га [13].

Оцінювання вуглецевого стоку в лісових екосистемах насамперед є оцінюванням фітомаси деревостану, яке на перших етапах досліджень розраховували шляхом простої екстраполяції даних фітомаси окремих пробних площ (ПП) на значні лісові регіони. З часом методи оцінювання вдосконалювались і на сучасному етапі вивчення найбільш вживаним вважають метод, пов'язаний з оцінюванням відповідних показників через регресійне моделювання компонент фракцій. При цьому здебільшого використовують перевідні (конверсійні) коефіцієнти, які в подальшому суміщаються з банками лісовпорядної інформації [1]. Конверсійний коефіцієнт вперше запропонував Ф. Флурі (Ph. Flury) [14] ще у 1892 р. У його праці під назвою "Дослідження відношення маси гілок до маси ліквідної деревини (Untersuchungen über das Verhältniss der Reisigmasse zur Derbholzmasse)" вперше з'явилися дані про масу крон та запропоновано перевідні коефіцієнти для оцінювання об'єму гілок за об'ємом ліквідної деревини.

Наступні спроби оцінювання фітомаси та її річного приросту здійснив швейцарський вчений Х. Бургер (H. Burger). У серії досліджень, проведених в період з 1929 по 1953 рр. під спільною назвою "Деревина, маса листя та приріст (Holz, Blattmenge und Zuwachs)", він вивчив всі деревні види Європи, причому основну увагу приділяв відношенню маси листя до річного приросту стовбурової деревини, тобто продуктивності асимілюючого апарату дерева [11, 12].

Пізніше перевідний коефіцієнт набув поширення в радянських та іноземних дослідженнях (Л.К. Поздняков та ін. [6], Т.Х. Токмурзин [7]; А.А. Онучин, А.Н. Борисов [5]; В.А. Усольцев [8, 9] та ін.).

Мета досліджень – розробити математичні моделі оцінювання наземної фітомаси насаджень Національного природного парку (НПП) "Прип'ять-Стохід", які б адекватно описали дослідні дані з високим рівнем апроксимації.

Матеріали та методика досліджень. Моделювання компонент фітомаси насаджень основних лісотворних деревних видів НПП "Прип'ять-Стохід" здійснено шляхом встановлення одно- та багатофакторних залежностей компонент фітомаси від таксаційних ознак насаджень, які зазначено в даних лісового кадастру. Вихідним матеріалом для проведення моделювання слугували агреговані дослідні дані про наявні для досліджуваного регіону тимчасові пробні площі (ТПП), які репрезентативно відображають основні таксаційні показники та найбільш типові умови зростання деревостанів головних лісотворних видів НПП "Прип'ять-Стохід". Всього використано 113 пробних площ, з яких 48 ПП – у насадженнях сосни звичайної, 44 ПП – оцінюють насадження вільхи клейкої, 14 ПП – берези повислої та 7 ПП – дуба звичайного, з яких 6 – з визначенням фітомаси.

Для вирішення завдань роботи за основу використано методику збирання дослідних даних П.І. Лакиди [1]. Визначення математичних залежностей проведено шляхом пошуку аналітичних залежностей зміни коефіцієнтів R_V (коефіцієнта відношення фракції фітомаси насадження (M_f , т·га⁻¹) до запасу стов-

¹ Наук. керівник: проф. П.І. Лакида, д-р с.-г. наук

бурової деревини ($M, m^3 \cdot ga^{-1}$) основних компонент фітомаси з таксаційними показниками дослідних насаджень у межах кожного деревного виду, методом множинної регресії за допомогою табличного процесора MS Excel та пакета статистичних програм STATISTICA-8.

Результати досліджень. З метою виявлення закономірностей розподілу досліджуваних показників підготовлено загальний робочий масив даних ТПП, який містить: середній вік (A , років), середній діаметр (D , см), середню висоту (H , м), відносну повноту (P), бонітет (B) та коефіцієнти відношень R_V для таких компонент:

- $R_{V(st+k)}$ – деревина стовбурів у корі;
- $R_{V(k)}$ – кора стовбурів;
- $R_{V(g)}$ – гілки (деревина і кора гілок крони);
- $R_{V(l)}$ – листя (хвоя).

Основними аргументами регресійних рівнянь були таксаційні показники насаджень: вік (A), клас бонітету (B) і відносна повнота (P). Застосовано функцію залежності коефіцієнта R_V від параметрів деревостану такого вигляду:

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

де: R_V – відповідні конверсійні коефіцієнти (деревина у корі, кора, листя (хвоя) тощо); $f(A, B, P)$ – функції таксаційних ознак деревостану (вік, бонітет, повнота). Для моделювання зміни коефіцієнтів R_V використано залежності:

$$R_V = a_0 \cdot A^{a_1};$$

$$R_V = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot B^{a_2};$$

$$R_V = a_0 + a_1 \cdot \arctg(A/a_2),$$

де: A – середній вік насадження, років; B – код класу бонітету; a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресії.

Клас бонітету на кожній з ТПП визначено за бонітетною шкалою М.М. Орлова [4], а у моделях, до складу яких він входив, його традиційна нумерація замінялась цифровими кодами, які відповідають висоті середини класу бонітету для насадження у віці 100 років. Детальна характеристика параметрів рівнянь коефіцієнтів відношень R_V фракцій у насадженнях головних лісотвірних деревних видів НПП "Прип'ять-Стохід" наведено у таблиці.

Табл. Множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів R_V оцінювання компонент фітомаси

Модель регресії	R^2	Модель регресії	R^2
Вільха клейка		Сосна звичайна	
$R_{V(st+k)} = 0,286 + 0,132 \cdot \arctg(A/13,912)$	0,51	$R_{V(st+k)} = 0,160 + 0,162 \cdot \arctg(A/1,870)$	0,73
$R_{V(k)} = \text{Залежність не встановлено}$	–	$R_{V(k)} = 0,779 \cdot A^{-0,439} \cdot B^{-0,444}$	0,73
$R_{V(g)} = 0,0208 \cdot A^{-0,484}$	0,31	$R_{V(g)} = 1,979 \cdot A^{-1,112}$	0,55
$R_{V(l)} = 48,725 \cdot A^{-1,410} \cdot B^{-0,991}$	0,73	$R_{V(l)} = 9,912 \cdot A^{-1,693}$	0,77
Береза повисла		Дуб звичайний	
$R_{V(st+k)} = 0,321 \cdot A^{0,077} \cdot B^{0,067}$	0,80	$R_{V(st+k)} = 0,325 \cdot A^{0,026} \cdot B^{0,143}$	0,91
$R_{V(k)} = 3,643 \cdot A^{-0,203} \cdot B^{0,890}$	0,61	$R_{V(k)} = 3,500 \cdot A^{-0,346} \cdot B^{0,694}$	0,89
$R_{V(g)} = 2,700 \cdot A^{-1,308}$	0,56	$R_{V(g)} = \text{Залежність не встановлено}$	–
$R_{V(l)} = 0,944 \cdot A^{-1,128}$	0,62	$R_{V(l)} = 1,123 \cdot A^{-1,084}$	0,80

Під час моделювання встановлено, що всі моделі статистично значущі, хоча деякі з них мають не дуже високу точність. Все пояснюється тим, що конверсійні коефіцієнти фітомаси деревних стовбурів є умовною щільністю стовбурової деревини, і по суті, модель описує параметричну і географічну мінливість умовної щільності. Через деякі біологічні особливості деревних видів ця мінливість не може бути високою.

Для подальших розрахунків фітомаси лісів НПП "Прип'ять-Стохід" за її компонентами, буде використано значення конверсійних коефіцієнтів деревини стовбура у корі, гілок та листя. Тому вважаємо за потрібне навести графічну інтерпретацію результатів, які отримано внаслідок багатоваріантного пошуку оптимального рівняння (рис. 1).

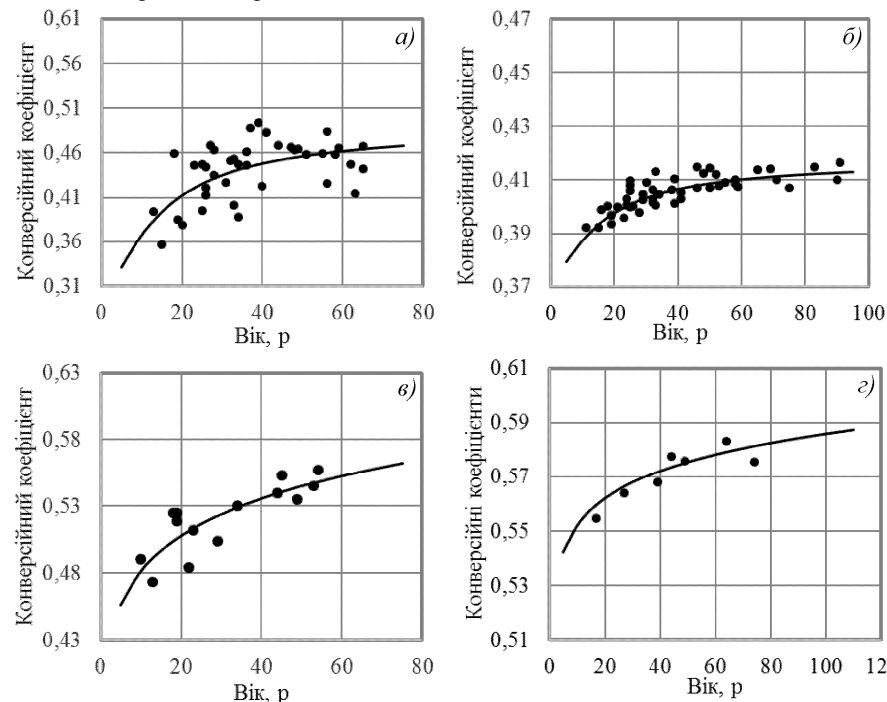


Рис. 1. Зміна конверсійних коефіцієнтів $R_{V(st+k)}$ з віком у розрізі переважаючих деревних видів: а) вільха клейка; б) сосна звичайна; в) береза повисла; з) дуб звичайний

Як бачимо з рис. 1, моделі, які використано для берези та дуба – прості логарифмічні криві (відповідають традиційній алометрії), внаслідок чого спостерігаємо монотонний ріст фітомаси зі збільшенням віку та бонітету. Для соснових і вільхових деревостанів кількість спостережень для яких була значно більша, а розподіл не відповідав нормальному, використано аналітичну модель вигляду: $y = a_0 + a_1 \cdot \arctg(x/a_2)$. Вона, на відміну від традиційної алометричної моделі, чіткіше описала наведений розподіл, що підтверджено вищими коефіцієнтами детермінації та розподілами залишків.

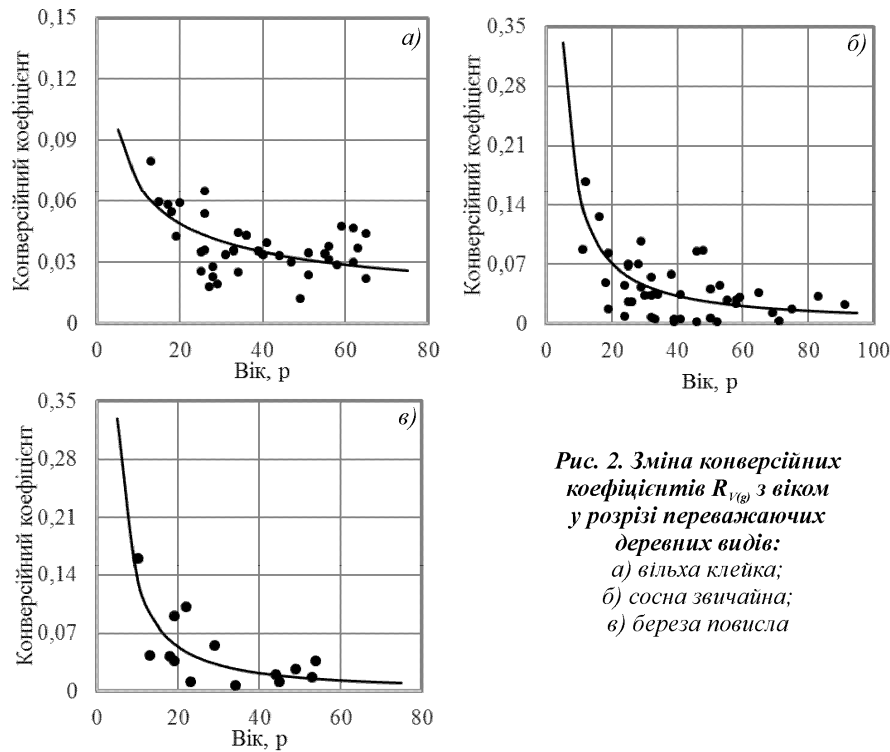


Рис. 2. Зміна конверсійних коефіцієнтів $R_{V(g)}$ з віком у розрізі переважаючих деревних видів: а) вільха клейка; б) сосна звичайна; в) береза повисла

У кожному з представлених випадків (рис. 2), залежно від обсягу подання вихідних даних та адекватності моделі дослідному процесу, відібрано одне з рівнянь. Основою для вибору того чи іншого рівняння слугували уявлення про характер залежності модельованого показника та показників статистичної точності апроксимації й адекватності моделей. Оскільки для конверсійного коефіцієнта $R_{V(g)}$ дуба звичайного достовірної залежності не знайдено, то в подальших розрахунках буде використано його середні значення, що, звичайно, обмежить межі його застосування. Причиною є незначна кількість експериментальних матеріалів для моделювання, що унеможливило встановлення хоч якоїсь залежності.

Для конверсійних коефіцієнтів, які характеризують гілки соснових, березових та дубових деревостанів, залежності встановлено лише від показника віку. Лише для клейковільшаників значущим був і показник бонітету. Варто зазначити, що для всіх рівнянь була спроба встановити залежність з використанням експоненти, але показники коефіцієнта детермінації внаслідок цього мали менші значення, а в деяких випадках були взагалі незначущими (рис. 3).

Аналізуючи рис. 3, можна стверджувати, що всі досліджувані конверсійні коефіцієнти компонент фітомаси насаджень вільхи клейкої, сосни звичайної, берези повислої, дуба звичайного, для яких встановлено залежність, описуються регресійними рівняннями з високим рівнем апроксимації. Всі вони є значущими на 5 %-му рівні множинних кореляційних відношень.

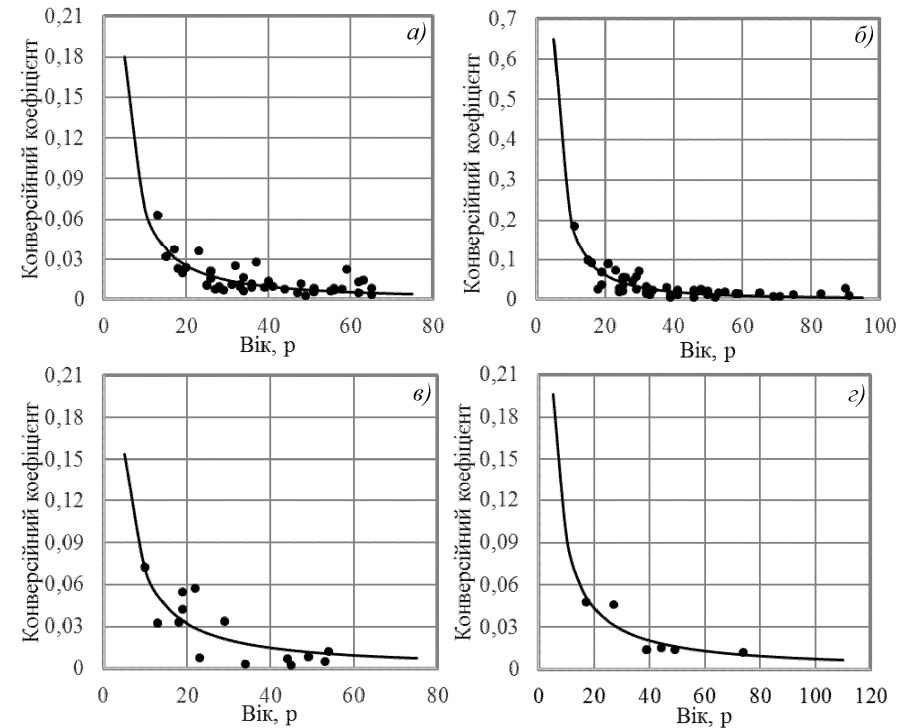


Рис. 3. Зміна конверсійних коефіцієнтів $R_{V(g)}$ з віком у розрізі переважаючих деревних видів: а) вільха клейка; б) сосна звичайна; в) береза повисла; г) дуб звичайний

Варто зазначити, що у частині підібраних множинних регресійних рівнянь конверсійних коефіцієнтів є показник бонітету, використання якого інколи критикують деякі дослідники, які стверджують, що він є порядковою, а не арифметичною величиною. Однак використання кодованих значень бонітету настільки правомірне, як, наприклад, середньої висоти в 100 років [10].

Підсумовуючи всі наведені результати досліджень, варто зазначити, що використання багатомірних залежностей дало змогу знайти математичні моделі, які відображають зв'язок відповідних компонент фітомаси насаджень з його таксаційними показниками. Вік і бонітет виявилися значущими (найбільш впливають на залежні змінні) показниками.

Пошук адекватних моделей дав змогу отримати максимум інформації з дослідних даних і до певної міри врахувати особливості екосистем НПП "Прип'ять-Стохід", зокрема і для загальних моделей біотичної продуктивності лісів.

Висновки

1. Моделювання конверсійних коефіцієнтів відповідних компонент фітомаси сосни звичайної показало, що адекватні моделі, до складу яких входить вік та бонітет насаджень, знайдено лише для листя. Залежність, до складу якої входить вік, виявилася найкращою для описування конверсійних коефіцієнтів, які характеризують деревину стовбура у корі, гілки та листя.

2. Конверсійні коефіцієнти гілок і листя березових насаджень добре описуються залежністю, до складу якої входить лише вік насаджень. Для конверсійних коефіцієнтів, які характеризують деревину стовбура у корі і кору березняків, залежність встановлено від віку та бонітету.
3. Для дуба звичайного математичну залежність конверсійних коефіцієнтів від віку та бонітету насаджень встановлено для деревини стовбура у корі та самої кори. Не виявлено достовірної залежності конверсійних коефіцієнтів гілок насаджень дуба звичайного, що пояснюється недостатньою кількістю експериментальних матеріалів.
4. Аналізуючи коефіцієнти рівнянь вільхи клейкої, можна стверджувати, що всі досліджувані конверсійні коефіцієнти компонент фітомаси насаджень, для яких встановлено залежність, описуються регресійними рівняннями з низьким рівнем апроксимації, але водночас значущими на 5 %-му рівні множинними кореляційними відношеннями ($R_{V(st+k)}$ становить 0,51, $R_{V(g)}=0,31$). Лише для листя цей показник становить 0,73.
5. Адекватність отриманих моделей вихідним даним оцінено статистиками їхніх залишків та коефіцієнтами детермінації одержаних рівнянь. Варто зауважити, що всі параметри, якими оцінено моделі зв'язку, підпорядковуються законам нормального розподілу. Тому їхня оцінка буде адекватною тільки тоді, коли вихідні дані матимуть нормальний розподіл та забезпечуватиметься достатній обсяг вибірки.

Література

1. Лакида П.І. Методичні аспекти моніторингу вуглецю в лісостанах України / П.І. Лакида, О.В. Мазур (Морозюк), О.М. Василюшин та ін. // Природно-ресурсний комплекс Західного Полісся: історія, стан, перспективи розвитку : матер. наук.-практ. конф., (Березне, 25-26 квіт. 2007 р.). – Березне : Вид-во Березнівського лісового коледжу, НСІ, 2007. – С. 45-46.
2. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль : Вид-во "Збруч", 2002. – 256 с.
3. Моисеев Н.Н. Быть или не быть ... человечеству? / Н.Н. Моисеев. – М. : Изд-во "Наука". 1999. – 288 с.
4. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / под ред. А.З. Швиденко и др. – К. : Изд-во "Урожай", 1987. – 560 с.
5. Онучин А.А. Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев / А.А. Онучин, А.Н. Борисов // Лесоведение : науч.-теор. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 1984. – № 6. – С. 66-71.
6. Поздняков Л.К. Леса Якутской АССР / Л.К. Поздняков // Леса СССР. – М. : Изд-во "Наука". – 1969. – Т. 4. – С. 469-537.
7. Токмурзин Т.Х. Выбор методов учета фитомассы насаждений / Т.Х. Токмурзин // Актуальные вопросы лесного хозяйства в Казахстане. – Алма-Ата : [б. и.], 1977. – С. 71-76.
8. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2007. – 638 с.
9. Усольцев В.А. Методы таксации фитомассы деревьев : метод. указ. [для студ.-дипломн. очн. и заочн. обуч. спец. 1512] / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов. – Свердловск : Изд-во УЛПИ, 1988. – 43 с.
10. Щепашенко Д.Г. Биологическая продуктивность и бюджет углерода листовенных лесов Северо-Востока России : монография / Д.Г. Щепашенко, А.З. Швиденко, В.С. Шалаев. – М. : Изд-во ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 296 с.
11. Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Mitteilung: Fichten im Plenterwald / H. Burger // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1952. Bd. XXVIII. – S. 108-156.
12. Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Mitteilung: Fichten in gleichaltrigen Hochwald / H. Burger // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1953. Bd. XXIX. – S. 38-130.
13. FAO Global Forest Resource Assessment 2000, Main Report // FAO Forestry Paper 140. Rome (2001).
14. Flury Ph. Untersuchungen über das Verhältniss der Reisigmasse zur Derbholmasse / Ph. Flury // Mitt. Schweiz. Centralanstalt Forstl. Versuchswesen, 1892, Bd. 2. – S. 25-32.

Мельник А.Н. Конверсионные коэффициенты компонентов фитомассы древостоев Национального природного парка "Припять-Стоход"

По результатам полевых и лабораторных исследований, которые обработаны на ПК с использованием специальных программ (табличного процессора MS Excel и пакета специальной статистической программы STATISTICA – 8), собрано и проведено анализ базы данных главных лесообразующих древесных видов Национального природного парка "Припять-Стоход", которая в дальнейшем использовалась для информативного обеспечения и разработки множественных регрессионных уравнений. Обработан комплекс математических моделей оценки конверсионных коэффициентов фитомассы насаждений по её отдельным компонентам (древесина ствола в коре, кора ствола, ветви кроны и листья (хвоя)). Получены регрессионные уравнения, связывающие фитомассу насаждения по фракциям с таксационными показателями для таких древесных видов, как: ольха клейкая, сосна обыкновенная, береза обвислая и дуб обыкновенный.

Ключевые слова: Национальный природный парк "Припять-Стоход", древостой, возраст, относительная полнота, бонитет, биопродуктивность, моделирование, конверсионные коэффициенты, коэффициент регрессии.

Melnyk O. M. Conversion Rates of Components of Stands Phytomass of National Nature Park "Prypiat-Stokhid"

According to the results of field and laboratory researches that were processed on the computer using special application programs such as MS Excel table processor, STATISTICA-8 statistic program, we gathered and analyzed the database of main forest forming species of National Nature Park "Prypiat-Stokhid", which was further used for informational providing and developing of multiple regression equations. The set of mathematical models of estimation of conversion rates of stands phytomass according to its separate components (trunk wood in bark, bark of trunk, branches of crown and leaves (needles)) was processed. We found the regression equations that connect phytomass of the stand in fractions with taxation indexes for such tree species as European black alder, common pine, drooping birch and common oak.

Keywords: National Nature Park "Prypiat-Stokhid", stand, age, relative density, forest capacity, biotic productiveness, modeling, conversion rates, regression rates.

УДК 712.(253+41)(477.41) Наук. співроб. І.І. Мордатенко, канд. біол. наук – Державний ДП "Олександрія" НАН України, м. Біла Церква

РОЗРОБЛЕННЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ УРОЧИЩА "ГАЙОК" ДЕНДРОПАРКУ "ОЛЕКСАНДРІЯ": ЛАНДШАФТНИЙ АНАЛІЗ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗОНУВАННЯ

У 1999 р. до дендропарку "Олександрія" було приєднано урочище "Гайок" площею 95,5 га. Штучні насадження урочища "Гайок" мають незадовільний санітарний стан, тому потребують розроблення плану оптимізації, виконання лісогосподарських, меліоративних і будівельних робіт для покращення ландшафту та створення на цій території нового сучасного парку. Здійснено ландшафтний аналіз урочища "Гайок": проаналізовано рельєф, насадження, водоймища, вивчено типи умов місць зростання. На основі ландшафтного аналізу проведено функціональне зонування цієї території.

Ключові слова: парк, рельєф, насадження, водойма, зонування.

Дендропарк "Олександрія" належить до історичних парків і є пам'яткою садово-паркового мистецтва України. Площа парку з роками, на відміну від інших парків, постійно збільшується. До 1999 р. площа парку становила 201,5 га. У 1999 р. до цієї території було приєднано 95,5 га лісу (урочище "Гайок")