

регіональна система прогнозує дещо вищі значення у молодому та істотно нижчі – у старшому віці.

Окрім порівняння обраних систем моделей біопродуктивності деревостанів, для поглибленого аналізу наведемо рисунок, на якому зображено:

- емпіричні дані, отримані на тимчасових пробних площах, закладених у перестиглих соснових деревостанах міських лісів Києва, приведені до модальної повноти;
- фрагменти кривих, отримані за допомогою розглянутих систем моделей біопродуктивності, які відображають динаміку фітомаси стовбура для насаджень I класу бонітету (рис.).

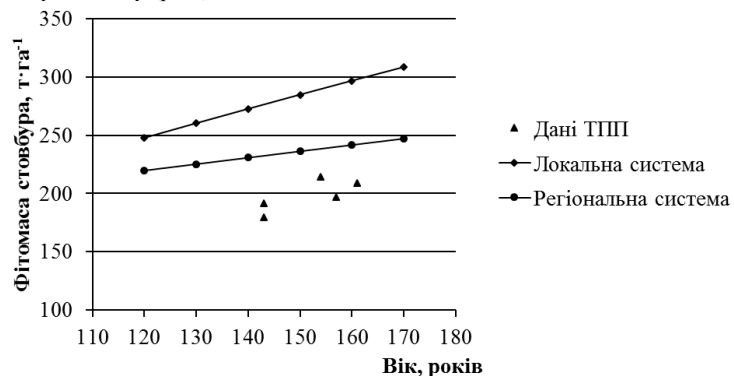


Рис. Порівняння результатів роботи систем моделей біопродуктивності з емпіричними даними, отриманими на ТПП (I клас бонітету)

Очевидно, що емпіричні дані, приведені до модальної повноти, дещо відрізняються від значень, прогнозованих обома системами моделей, причому різниця з прогнозом локальної системи моделей більша, ніж різниця з результатом роботи регіональної системи. Необхідність приведення даних ТПП до модальної повноти пояснюється тим, що тимчасові пробні площі, використані для валідації, закладено у зріджених перестиглих деревостанах, діапазон відносної повноти яких перебуває на рівні 0,37-0,47. На основі виконаного зіставлення даних можна зробити припущення, що ТПП, закладені у деревостанах модальної повноти, були б значно ближчими за параметрами біопродуктивності до результатів роботи регіональної системи моделей. Втім, це припущення варто перевірити експериментальними дослідженнями у майбутньому.

Здійснивши зіставлення двох систем моделей біопродуктивності, можна зазначити такі передумови виникнення виявлених між ними розбіжностей:

- вихідні дані, котрі були доступні на момент створення як локальної, так і регіональної систем. Зокрема, фітомаса коренів коректно описується математичними виразами, використаними у локальній системі моделей біопродуктивності лише до віку 80 років, після чого дедалі помітнішою стає невідповідність прогнозованих результатів уявленню про природу динаміки цієї фракції. Причиною є некоректність роботи моделі в діапазоні екстраполяції. Очевидно, емпіричні дані для старшого віку були недоступними на момент розробки локальної системи. Стосовно динаміки фітомаси хвої можна підсумувати, що прогнозова-

ні значення нижчі, ніж дані, отримані на пробних площах у подібних лісорослинних умовах [3];

- географічні фактори. Особливістю регіональної системи моделей є вплив географічно мінливих лісорослинних умов північної Євразії. Так, за результатами роботи моделей для оцінювання фітомаси живого надгрунтового покриву, підросту й підліску, отримано однаковий прогноз для сухих, вологих і сирих умов у IV класі бонітету, що не цілком відповідає умовам Українського Полісся;
- математичні вирази, використані для моделювання динаміки фракції фітомаси під час розроблення регіональної системи моделей біопродуктивності, дають змогу значно гнучкіше та точніше описати експериментальні дані, аніж ті, які використано під час розроблення локальної системи.

**Висновки.** Основним висновком з викладеного вище є потреба в удосконаленні локальної системи моделей біопродуктивності з метою коректування описаних розбіжностей. Незважаючи на те, що вони не є критичними, інтерпретація отримуваних результатів за локальною системою є деякою мірою ускладненою. Втім, навіть з урахуванням наявних розбіжностей, локальна система дає змогу описати біологічну продуктивність досліджуваних деревостанів. Під час здійснення порівняння з емпіричними даними, отриманими на ТПП [3], встановлено, що результати, отримані за допомогою регіональної системи моделей біопродуктивності точніше описують природні закономірності вікового розподілу досліджуваних ознак. Задля удосконалення локальної системи моделей, передусім потрібно розширити набір вихідних даних з метою кращого охоплення значних вікових проміжків. Насамперед потребують уточнення дані за фракціями коренів, хвої, підліску, а також живого надгрунтового покриву. По-друге, варто звернути увагу на вид математичних виразів, що використовуються для описування динаміки біологічної продуктивності лісових насаджень. Ці заходи здатні істотно покращити функціонування системи моделей біологічної продуктивності лісів України.

### Література

1. Лакида П.І. Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук: спец. 06.03.02 "Лісовпорядкування та лісова таксація" / П.І. Лакида. – К. : Вид-во "Наука", 1997. – 48 с.
2. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль : Вид-во "Збруч", 2002. – 256 с.
3. Усольцев В.А. Фитомасса лесов северной Евразии / В.А. Усольцев. – Екатеринбург : Изд-во "Типография" УрО РАН, 2001. – 708 с.
4. Швиденко А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй. – М. : Изд-во МПР РФ, 2006. – 802 с.
5. Lakyda I. Growth and bioproductivity of urban forests / I. Lakyda. – Laxenburg : International Institute for Applied System Analysis, 2012. – 39 p.
6. Shvidenko A. Semi-empirical models for assessing biological productivity of Northern Eurasian forests / A. Shvidenko, D. Schepaschenko, S. Nilsson, Y. Boulouli // Ecological Modelling. – 2007. – Vol. 204. – Pp. 163-179.

### Лакида И.П. Особенности оценки биопродуктивности рекреационно-оздоровительных лесов на примере искусственных сосняков городских лесов Киева

На основании проведенной оценки биопродуктивности искусственных сосновых древостоев городских лесов Киева по компонентам фитомассы, осуществлено сопос-

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.

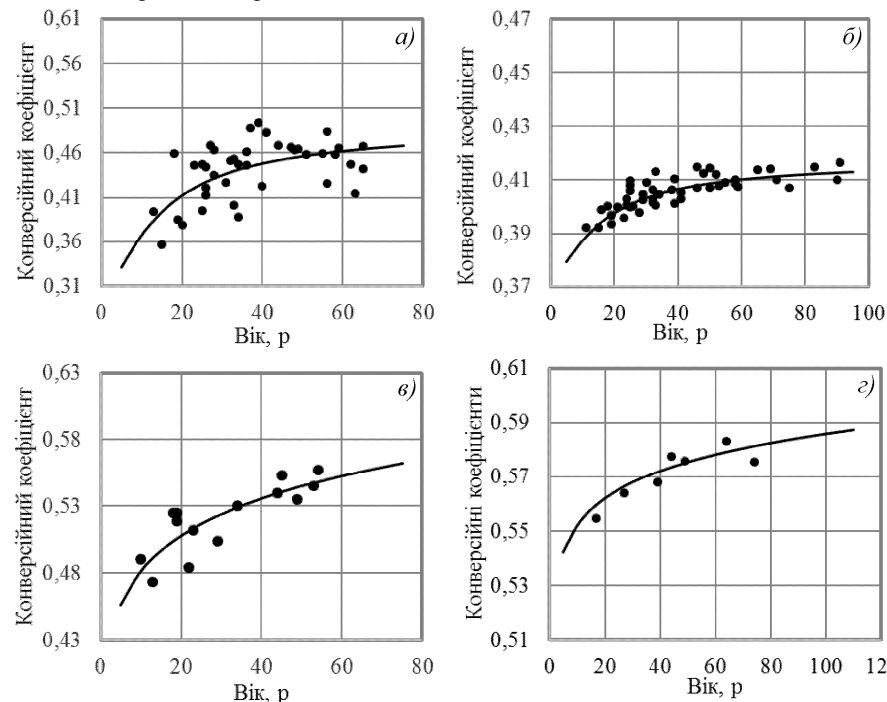
Клас бонітету на кожній з ТПП визначено за бонітетною шкалою М.М. Орлова [4], а у моделях, до складу яких він входив, його традиційна нумерація замінялась цифровими кодами, які відповідають висоті середини класу бонітету для насадження у віці 100 років. Детальна характеристика параметрів рівнянь коефіцієнтів 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

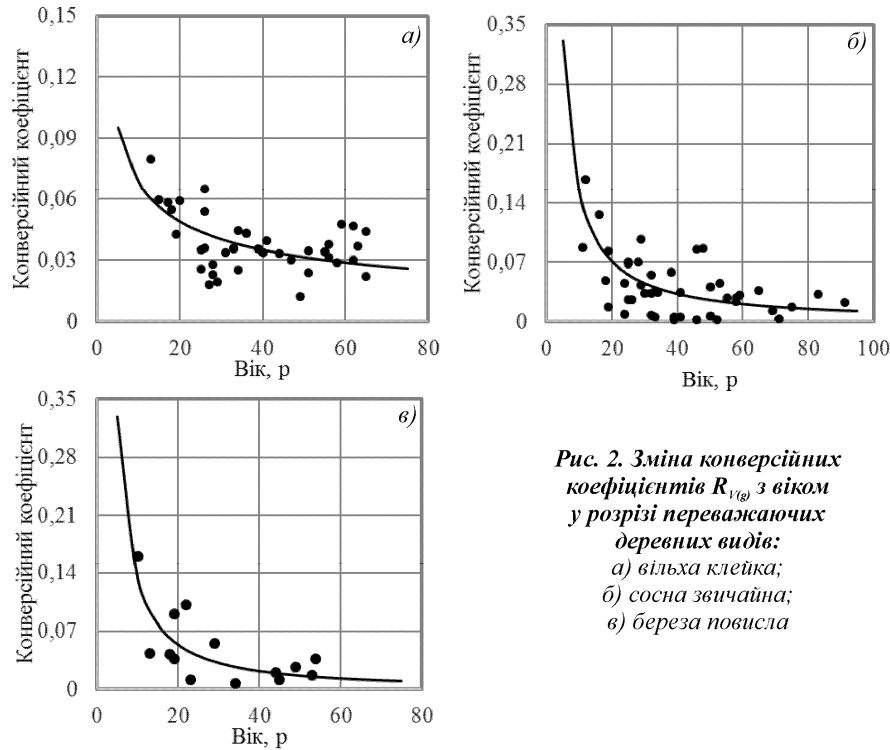
Під час моделювання встановлено, що всі моделі статистично значущі, хоча деякі з них мають не дуже високу точність. Все пояснюється тим, що конверсійні коефіцієнти фітомаси деревних стовбурів є умовною щільністю стовбурової деревини, і по суті, модель описує параметричну і географічну мінливість умовної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

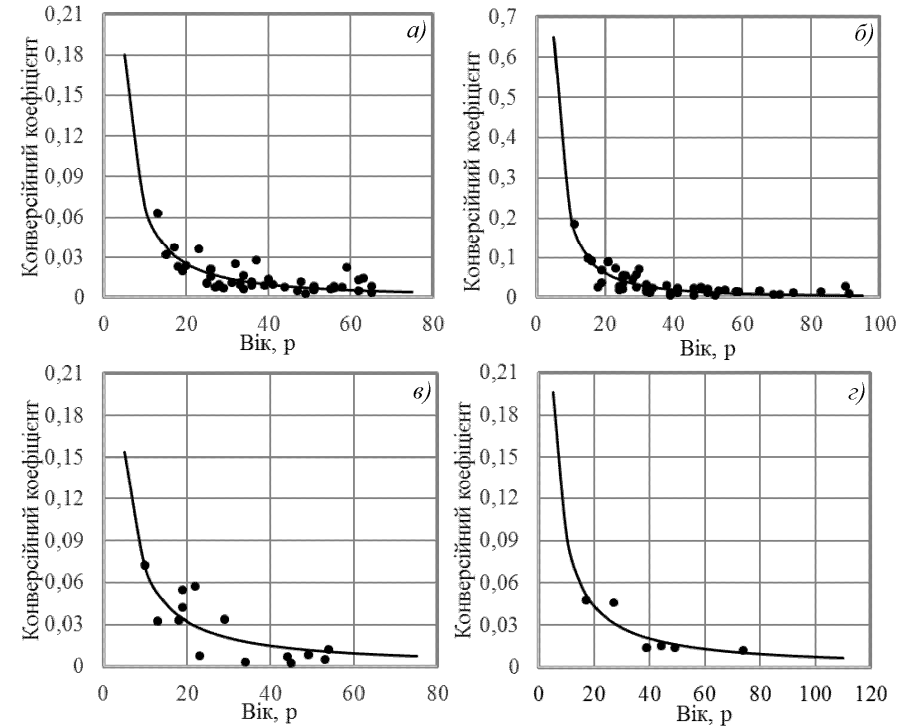


**Рис. 2.** Зміна конверсійних коефіцієнтів  $R_{V(g)}$  з віком у розрізі переважаючих деревних видів: а) вільха клейка; б) сосна звичайна; в) береза повисла

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  $R_{V(l)}$  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")