



УДК 630*228.7

Плантаційні лісові насадження у західному регіоні України: видовий склад, ресурсний потенціал та перспективи запровадження

Ю. М. Дебринюк¹, М. М. Гузь²

Плантаційне лісовирощування представляє собою один із вагомих елементів переходу від екстенсивної до інтенсивної форми ведення лісового господарства. Для плантаційного лісовирощування доцільно використати інтродуковані деревні види *Larix decidua*, *Larix kaempferi*, *Larix eurolepis* та *Pseudotsuga menziesii*, які за відносно короткий період часу здатні нагромадити значні обсяги цінної деревини. Щорічний приріст за запасом впродовж періоду вирощування становить від 12-14 до більше 20 м³·га⁻¹, а запас стовбурової деревини за період вирощування – від 670-880 до 1300-1700 м³·га⁻¹. Доволі перспективними для плантаційного лісовирощування у відповідних типах лісорослинних умов також є аборигенні деревні види – *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* та *Betula pendula*. Переведення обмеженої частини лісового фонду (10-15%) під плантаційне лісовирощування дасть змогу отримати значні обсяги деревини впродовж відносно короткого періоду часу, задовольнити потреби споживачів у промисловій деревині, зменшити обсяги рубок цінних природних деревостанів, поступово відновити оптимальну вікову структуру лісів на території тих чи інших регіонів, збільшити лісистість територій. Обґрунтоване застосування принципу породозміни забезпечить підтримання родючості лісових ґрунтів на достатньо високому рівні. Своєчасне проведення розріджень зі встановленням оптимальної густоти на різних вікових етапах забезпечить рівномірне розміщення дерев, добре формування стовбурів та їх природне очищення від сучків. Використання свіжих зрубів дасть змогу обмежитись частковим обробітком ґрунту, а висока початкова густина зумовить швидке змикання плантаційних лісових насаджень і проведення мінімальної кількості агротехнічних доглядів. Реалізація продукції проміжного користування (новорічних ялинок, дрібної, середньої та великої деревини) дасть змогу ще до віку головної рубки покрити затрати на вирощування плантаційних насаджень.

Ключові слова: плантаційне лісовирощування; породозміна; технологія створення і вирощування; запаси деревини; аборигенні та інтродуковані види.

Вступ (Introduction). На сьогодні дедалі гостріше постає питання пришвидшеного продукування деревини для промислових потреб. Тенденція зумовлена швидким промисловим розвитком країн, наслідком чого є збільшення обсягів використання природних ресурсів, зокрема й деревини. Для такої малолісової держави, як Україна, та особливо

у світлі нинішніх подій, проблема пришвидшеного продукування деревини є особливо актуальною. Після вугілля, газу і нафти деревина є стратегічною сировиною, і, оскільки вона належить до відновлювальних природних ресурсів, то виникає потреба пошуку ефективних шляхів збільшення обсягів її вирощування у відносно короткі терміни.

¹ Дебринюк Юрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, академік-секретар ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

² Гузь Микола Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-705-34-70. E-mail: mm.huz@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-8433-5901>

Використання деревини у світі має чітку тенденцію до збільшення. Так, на початку 50-их років воно складало близько 1,6 млрд м³, у 1980 – 2,5, 1985 – 3,0, 2000 – 3,34, 2010 – 3,5-3,6 млрд. м³ щорічно. У 2016 р. використання деревини склало 3,7, у 2017 р. – 3,8 млрд м³, на сьогодні – понад 4,5 млрд м³. За прогнозами, у 2050 р. основну кількість деревини будуть заготовляти у лісостанах штучного походження (75%), зокрема 50% – у плантаційних насадженнях (Sedjo, 2001). Саме тому розвиток плантаційного лісовирощування із використанням швидкорослих деревних видів є одним із пріоритетів лісової політики Європи та Америки.

Під плантаційними лісовими насадженнями (ПЛН) розуміють штучні рослинні угруповання, вирощувані під керуванням людини з цільовою спрямованістю на пришвидшене промислове отримання спеціальної лісової продукції, зокрема – цільових сортиментів деревини у більших обсягах і в значно коротші терміни, ніж у лісових культурах, вирощуваних за традиційною технологією.

Лісові плантації відносно недавно (2010 р.) займали у світі площу біля 140 млн га, що становило близько 4% від загальної площі світових лісів (Bauhus, & Kanninen, 2010). Проте на цих плантаціях продукувалася знано більша частка деревини, ніж їхня участь у лісовій площі, і обидві частки мають тенденцію до постійного зростання. За прогнозами, до 2040 р. приблизно половина світового промислового попиту на круглий ліс забезпечуватиметься плантаціями і посадженими лісами.

Проблеми плантаційного лісовирощування відображено у роботах багатьох вітчизняних і зарубіжних дослідників (Яцик, Бродович, Гаврусевич, 1994; Гавриленко та ін., 1996; Фучило та ін., 2009; Bauhus, & Kanninen, 2010; Фучило, 2011; Дебринюк, 2013; Gonçalves et al., 2013; Kimberley, Moore, & Dungey, 2015; Белеля, Каганяк, Дебринюк, 2015; Дебринюк, Криницький, Целень, 2016; Дебринюк, Фучило, 2020; Дебринюк, Фучило, Гузь, 2020 та ін.), де обґрунтовується можливість отримання значних обсягів деревини впродовж відносно коротких термінів у випадку запровадження системи плантаційного лісовирощування. Дослідниками здійснено моделювання росту і продуктивності насаджень швидкорослих деревних видів (Белеля та ін., 2015; Дебринюк, Думанський, 2010; Каганяк, Майборода, 2000), результати якого підтверджують можливість отримання значних обсягів деревини впродовж визначеного періоду часу. Зазначено, що фактична продуктивність лісових насаджень помітно нижча від потенційно можливої (Дебринюк, 2010; Дебринюк, 2013; Дебринюк, Фучило, 2020), і саме через запровадження насаджень швидкорослих деревних видів існує можливість суттєво підвищити фактичну продуктивність лісових площ.

Тому інтенсифікація процесів лісовирощування шляхом використання швидкорослих цінних деревних видів, вирощуваних за спеціальною техно-

логією, є першочерговим завданням державного значення. Одним із шляхів зниження дефіциту деревини цільового призначення є інтенсивне, прискорене її продукування на лісосировинних плантаціях (Фучило, 2011).

Основною метою запровадження плантаційних насаджень є забезпечення промислових і місцевих потреб деревною сировиною та зменшення тиску на природні лісові екосистеми шляхом зміщення акценту лісокористування на плантаційні насадження (Дебринюк, Фучило, 2020). Своєю чергою, такий захід дасть можливість поступово оптимізувати вікову структуру лісових насаджень, яка на сьогодні є розбалансованою. Високий щорічний приріст деревної маси в ПЛН дасть змогу сконцентрувати лісозаготівлі на відносно обмеженій площі, що вигідно економічно (Дебринюк та ін., 2020).

Актуальність досліджень полягає в обґрунтуванні доцільності запровадження системи плантаційного лісовирощування в Україні з урахуванням глобальної зміни клімату, у встановленні видового складу цінних швидкорослих деревних видів, у визначенні ресурсного потенціалу плантаційних насаджень.

Об'єкт дослідження – перспективи запровадження плантаційних лісових насаджень в Україні за типами лісорослинних умов і за швидкорослими деревними видами. *Предмет дослідження* – видовий склад деревних видів для плантаційного лісовирощування та ресурсний потенціал плантаційних насаджень.

Мета роботи – обґрунтувати перспективність створення у лісовому фонді лісогосподарських підприємств плантаційних лісових насаджень, з'ясувати доцільний видовий склад деревних рослин, показати ресурсний потенціал лісових плантацій, встановити можливі обсяги запровадження ПЛН.

Для досягнення мети роботи необхідно охарактеризувати концептуальні підходи щодо виділення ділянок у лісовому фонді для плантаційного лісовирощування, обґрунтувати принцип застосування породозміни, навести технологічні схеми створення та експлуатації плантаційних насаджень, а також таксаційні характеристики ПЛН на різних етапах вирощування.

При цьому *практична значимість результатів дослідження* полягає в обґрунтуванні необхідності запровадження системи плантаційного лісовирощування як основного засобу інтенсифікації лісогосподарського виробництва.

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods). Досліджували штучні насадження швидкорослих деревних видів різного віку, у різних типах лісорослинних умов, з різними технологією створення та вирощування, часткою деревних порід у складі, густотою та розміщенням садивних місць. Вивчали ресурсний потенціал лісових насаджень швидкорослих видів у зв'язку з технологічними

методами і способами їх створення та вирощування в умовах західного регіону України.

Прототипом плантаційних лісових насаджень слугували лісові культури ялини європейської, різних видів модрина і псевдотсуги Мензіса, які відзначалися високою продуктивністю та біотичною стійкістю і ростуть на території Західного Полісся, Західного Лісостепу та Прикарпаття.

Об'єкти досліджень підбирали з урахуванням фактичної продуктивності насаджень у відносно багатих і багатих типах лісорослинних умов – C_2 , C_3 , D_2 , D_3 . Серії пробних ділянок закладено на досить значній за площею території, за дотримання принципу якнайповнішого охоплення досліджуваних вікових періодів насаджень у межах кожної лісорослинної зони.

Польові дослідження базуються на закладанні пробних ділянок у штучних насадженнях західного регіону з наступним вивченням лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів та проведенням передбаченого програмою комплексу досліджень. Для вивчення лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів використано загальноприйняті методики у лісівництві та лісовій таксації (Гром, 2005; Свириденко, Бабіч, Киричок, 2005). Всі дослідження здійснено на типологічній основі (Герушинський, 1996; Остапенко, Ткач, 2002).

Для виконання мети роботи застосовано рекогносцирувальні, лісокультурні, лісівничо-таксаційні, порівняльної екології та морфометричні методи досліджень. Результати досліджень підтверджені застосуванням математичного апарату, насамперед – методів варіаційної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004).

Результати (Results). Деревні види, які запроваджують для продукування промислової деревини, повинні характеризуватись швидким ростом, високою біотичною стійкістю до віку рубки, високою продуктивністю, а їхня деревина повинна відзначатись необхідною якістю. В умовах західного регіону України вважаємо перспективним заходом використати для плантаційного лісовирощування у різних лісорослинних умовах цілу низку аборигенних та інтродукованих видів (Дебринюк та ін., 2020). Проте найперспективнішими з них є *Larix decidua* Mill., *Larix kaempferi* Carr., *Larix eurolepis* Henry та *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco, які за відносно короткий період часу здатні накопичити значні обсяги цінної деревини (Дебринюк, 2013; Дебринюк та ін., 2016).

Доволі перспективними для плантаційного лісовирощування у відповідних типах лісорослинних умов є аборигенні деревні види – *Picea abies* L. Karst., *Pinus sylvestris* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. та *Betula pendula* Roth. Серед інтродуцентів перспективними видами для цієї мети є *Abies grandis* Lindl., *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus rubra* Du Roi, *Juglans nigra* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) (Дебринюк, Фучило, 2020). Основою для такого вибору послужили висока і дуже

висока швидкість росту цих деревних видів, висока біотична стійкість в умовах кліматичних змін, цінність деревини, здатність до формування високопродуктивних чистих і мішаних деревостанів, наявність наукового і виробничого досвіду їх культивування, можливість швидкого нагромадження значних обсягів фітомаси, відсутність інвазійних проявів або реальна можливість їхнього контролю.

Плантаційні насадження можуть бути як чистими (ялинові, модринові, дугласієві, соснові, дубові), так і мішаними (сосново-модринові, ялицево-модринові, ялиново-модринові, листяно-модринові, ялиново-дугласієві). Останні заслуговують на особливу увагу, оскільки сприяють раціональному використанню лісорослинного потенціалу для формування значних обсягів фітомаси, забезпечують високу стійкість деревних рослин до віку головної рубки.

Важливим питанням є принцип виділення ділянок під запровадження плантаційних насаджень. Бідні лісорослинні умови, нелісові землі, ділянки з-під видобутку корисних копалин та інші землі з пониженим лісорослинним потенціалом є непридатними для запровадження плантаційних насаджень. Для промислового плантаційного лісовирощування потрібні землі з високим лісорослинним ефектом.

Рекомендації щодо цього аспекту можуть полягати в такому. За нашими даними (Дебринюк, 2010), потенційна продуктивність лісових земель, зокрема в умовах західного регіону України використовується далеко не повністю. Причина полягає у наявності низькопродуктивних насаджень, які ростуть у відносно багатих і багатих типах лісорослинних умов. Це можуть бути низькопродуктивні та низькоповнотні корінні чи похідні деревостани, часто розладнані хворобами і шкідниками; рідколісся; чагарникові зарості тощо. Саме такі ділянки і є потенційними площами для закладання плантаційних насаджень. Критерієм підбору площ є можливість досягнення максимального ефекту під час лісовирощування, заготівлі і транспортування деревини.

Важливим є також сам принцип запровадження плантаційних насаджень. Тому, для забезпечення високої продуктивності та стійкості ПЛН, нагромадження високих обсягів фітомаси у короткі терміни, уникнення значних капіталовкладень, пропонується використати потенційні сили природи, які передбачають циклічну природну зміну порід. Так, на місці низькоповнотного і низькопродуктивного, пошкодженого шкідниками та ураженого патогенами насадження пропонується створити ПЛН із стійких видів (модрина, дугласія) на період 40-60 років як проміжної ланки у загальній циклі лісовирощування. Така породозміна сприятиме усуненню явища ґрунтовтоми, зменшенню негативної дії на деревні рослини шкідників і хвороб внаслідок зміни складу насадження, підвищенню рівня використання ґрунтово-кліматичного потенціалу типу лісорослинних умов.

Пропонований принцип породозміни бере до уваги природний циклічний процес зміни порід з урахуванням дії на едафічне середовище «попередників» та «наступників» за схемою: *похідний* чи *корінний низькопродуктивний деревостан, рідколісся або чагарникові зарості* → *плантаційне насадження* → *корінний високопродуктивний деревостан*. Плантаційні насадження, як елемент постійної лісосировинної бази, створюють на відносно короткий проміжок часу, після суцільної рубки яких відновлюють корінний тип деревостану відповідно до типу лісу. Принциповий підхід полягає у використанні плантаційних насаджень як «проміжної ланки» у загальному циклі лісовирощування (Дебрінюк, Фучило, 2020).

Розглянемо базові положення щодо особливостей створення і вирощування плантаційних насаджень за участю швидкорослих деревних видів. Плантаційні лісові насадження *Larix decidua* до-

цільно створювати в умовах свіжого сугруду (C_2), мішаними за складом, де модрина формує верхній ярус повнотою 0,5-0,6. Її розташовують по ділянці рівномірно ($4,0 \times 4,0$ м) за принципом «шахівок». Участь модрини у складі ПЛН на початковому етапі вирощування становить лише 12,5%. Як супутні породи другого ярусу доцільно використати липу дрібнолисту, клен гостролистий чи клен-явір. Схема змішування – 1 ряд Сп з Мде 1 ряд Сп, де модри-ну у мішаних рядах висаджують через кожні три саджанці супутньої породи. Початкова густота – 5000, в т.ч. модрини – 625 шт.га⁻¹. Розріджування ПЛН здійснюють за рахунок супутньої породи, а модри-ну в такій же кількості вирощують до віку головної рубки. Модрина у такому насадженні росте не нижче І^c-І^d класів бонітету в молодих та І^a – у середньовікових лісостанах. Загальний запас деревини за період вирощування ПЛН з урахуванням деревини супутніх порід становить 780-920 м³га⁻¹ (табл.).

Таблиця. Лісівничо-таксаційні показники ПЛН швидкорослих деревних видів
Table. Forest-mensuration indicators of plantation forests of fast-growing tree species

Показники	Деревний вид і вік головної рубки, років				
	<i>Larix decidua</i> (61-70)	<i>Larix kaempferi</i> (51-60)	<i>Larix eurolepis</i> (51-60)	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (61-70)	<i>Picea abies</i> (41-50)
Кількість дерев (початкова/кінцева), шт./га	625 / 625	3300 / 410	2500 / 625	1660 / 415	10000 / 625
Площа живлення однієї рослини (початкова/кінцева), м ²	2,0 / 16,0	3,0 / 24,0	2,0 / 16,0	2,0 / 20,0	1,0 / 16,0
Розмах середньої висоти у віці головної рубки, м	25,8-28,1	27,5-30,0	28,9-31,2	27,4-29,6	20,1-22,0
Розмах середнього діаметра у віці головної рубки, см	32,7-34,4	32,3-34,6	36,2-38,5	41,6-45,6	20,6-23,0
Розмах середнього об'єму стовбура у віці головної рубки, м ³	1,0-1,2	1,0-1,3	1,3-1,5	1,6-2,1	0,3-0,5
Запас стовбурової деревини в період головної рубки ПЛН, м ³ /га	630-750	410-530	785-950	670-860	205-280
Загальний запас стовбурової деревини за період культивування, м ³	780-920	670-880	1320-1550	1260-1700	350-480

Примітка. ПЛН деревних видів рекомендовано створювати у таких типах лісорослинних умов: *Larix decidua* – C_2 , *Larix kaempferi* – C_2 - C_3 , *Larix eurolepis* – D_2 , D_3 (для сугрудових умов дані відсутні), *Pseudotsuga menziesii* – D_2 (для сугрудових умов дані відсутні), *Picea abies* – C_3 ; варіабельність таксаційних показників зумовлена різними підтипами лісорослинних умов та різною густиною досліджуваних насаджень.

Запровадження ПЛН за участю *Larix decidua* можливе і в умовах свіжого груду (D_2), де загальні запаси деревини за період вирощування будуть на 10-15% вищими, порівняно з умовами C_2 , а вік головної рубки становить 51-60 років. На відміну від умов свіжого сугрудку, початкова густина модрини становить 830 шт.·га⁻¹, а в 31-40 років 1/2 дерев модрини зрубують. До віку головної рубки вирощують лише 415 екземплярів деревного виду.

Плантаційні насадження *Larix kaempferi*, враховуючи доволі високу щільність її крони, створюють чистими. Достовірної відмінності за таксаційними показниками деревного виду у свіжих та вологих сугрудах не встановлено.

Плантаційні насадження початково створюють відносно густими з розміщенням садивних місць 2,0×1,5 м та початковою густиною 3300 шт.·га⁻¹. Перший етап розрідження доцільно здійснити у 8-12 років (залежно від типу і підтипу лісорослинних умов) шляхом вибирання кожного другого екземпляру в рядах. Розташування садивних місць після рубки складе 2,0×3,0 м, а густина модрини становитиме 1650 шт.·га⁻¹. Зрізані деревця при цьому матимуть висоту 7-9 м і можуть бути використані як дрібнотоварна деревина.

Другий етап розрідження здійснюють у 18-23 роки шляхом вибирання кожного другого ряду модрини. При цьому густина ПЛН зменшиться до 825 шт.·га⁻¹. Останнє зрідження доцільно провести у 35-40 років шляхом вибирання кожного другого екземпляра модрини у рядах із встановленням густоти 410 шт.·га⁻¹ та розташуванням дерев 4,0×6,0 м. Таке розташування дає змогу модрині інтенсифікувати приріст за діаметром і таким чином суттєво наростити запас деревини.

Отже, в сугрудових умовах за густоти дерев модрини 410 шт.·га⁻¹ запас стовбурової деревини у віці головної рубки становитиме 420-500 м³, а загальний запас за період вирощування – 670-880 м³·га⁻¹ (див. табл.).

За наявності відповідних площ ПЛН модрини Кемпфера можна культивувати і в умовах свіжого (D_2) та вологого (D_3) грудку за тією ж схемою, що і для сугрудових умов. Проте на відміну від сугрудових типів, насадження доцільно створити початково дещо меншої густоти з розміщенням садивних місць 2,0×2,0 м та початковою густиною 2500 шт.·га⁻¹. Висока швидкість росту модрини в грудкових типах забезпечить швидке змикання насаджень та достатню площу живлення впродовж перших десяти років росту.

У 55 років за густоти модрини в 310 шт.·га⁻¹ запас стовбурової деревини становитиме 450-520, а загальний запас за період вирощування – 745-900 м³·га⁻¹.

Технологія вирощування ПЛН за участю *Larix eurolepis* розроблена для багатих типів лісорослинних умов (D_2 , D_3), оскільки для сугрудових умов зібраний обсяг експериментального матеріалу виявився недостатнім. З метою оптимізації витрат, на першому етапі ПЛН створюють мішаними за схе-

мою: 1 ряд Мдш 1 ряд Яле з початковою густиною 7500 шт.·га⁻¹, в т.ч. модрини – 2500 шт.·га. Розташування модрини – 2×2 м, ялини – 2×1 м. У віці 4-6 років ялину вибирають на новорічні ялинки, після чого насадження модрини вирощують чистим за складом. У результаті наступних двох (15-20 та 30-35 р.) розріджень до віку головної рубки (51-60 років) залишається 625 дерев модрини. Загальний запас нагромадженої модриною стовбурової деревини за період лісовирощування перевищує 1500 м³·га⁻¹ (див. табл.).

Під час запровадження ПЛН *Pseudotsuga menziesii* в умовах свіжого грудку як супутню породу рекомендовано використати ялину із запровадженням рядового способу змішування порід з початковою шириною міжрядь 2,0 м та початковою густиною 4,5 тис. шт.·га⁻¹, в т.ч. псевдотсуґи – 1,0 тис. шт.·га⁻¹. Для економії дорогого садивного матеріалу *P. menziesii* в кожне друге місце в ряду доцільно висаджувати ялину. Схема змішування – 1 ряд Яле 1 ряд Пд з Яле.

Перше розрідження проводять у 7-10-річному віці шляхом вибирання частини дерев ялини. Повне вибирання ялини завершують у процесі проведення третього розріджування (35-40 років). Частину дерев псевдотсуґи (250 шт.·га⁻¹) вибирають у процесі четвертого розрідження (50-55 років), після чого площа живлення одного дерева становитиме 20 м² (4,0×5,0 м). Цього достатньо для успішного росту породи до віку головної рубки.

В умовах D_3 під час створення ПЛН псевдотсуґи Мензіса дотримуються тих же принципів, що і в свіжих грудках, за винятком меншої початкової густоти садіння, внаслідок вищої інтенсивності росту деревних видів. Початкова участь дугласії в культурах становить 44% або 1000 шт.·га⁻¹, ширина міжрядь – 2,0 м. У мішаних рядах відстань між саджанцями становить 1,25 м.

Загальні обсяги стовбурової деревини, отриманої в плантаційних насадженнях псевдотсуґи Мензіса впродовж циклу вирощування (61-70 р.), становлять 1,2-1,7 тис. м³·га⁻¹ залежно від типу лісорослинних умов, обсягів розріджування та походження деревного виду.

З метою отримання промислової деревини за відносно короткі терміни, в умовах вологого сугрудку доцільно створювати плантаційні лісові насадження за участю *Picea abies*. Незважаючи на загальне пониження біотичної стійкості деревного виду внаслідок кліматичних змін, створення плантаційних насаджень з коротким оборотом рубки є економічно доцільним заходом.

Для швидкого змикання і забезпечення в подальшому проміжного користування початково ПЛН ялини створюють густими (10,0 тис. шт.·га⁻¹, 1×1 м). Висока початкова густина сприяє швидкому змиканню культур та забезпечує отримання новорічних ялинок уже в 4-6-річному віці (зрубання кожного другого екземпляра). У 8-10-річному віці вибирають кожен другий ряд ялини із залишенням на 1 га 2,5 тис. шт. дерев та їх розміщен-

ні $2,0 \times 2,0$ м. До віку головної рубки рекомендовано залишити 625 дерев на 1 га. Загальний запас стовбурової деревини ялини за період продукування ПЛН складає $350\text{--}480 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Суцільну рубку ПЛН ялини необхідно здійснити в 41-50 років, а в окремих випадках – і раніше (35-40 років), оскільки дерева у цей період стають фізіологічно зрілими, знижують інтенсивність росту і втрачають біотичну стійкість. Точне встановлення віку рубки залежить від конкретного типу і підтипу лісорослинних умов, походження ялини, рангової структури насадження за групами росту, біотичної стійкості та режимів вирощування плантаційних насаджень.

Закладати плантаційні насадження доцільно в основному у відносно багатих (сугрудових) типах лісорослинних умов, оскільки в грудювих типах (діброви, бучини, яличини) пріоритет повинен надаватися насадженням із корінних порід. Однак, за певних умов можливо і доцільно запроваджувати плантаційні насадження і в грудювих умовах, де запаси стовбурової деревини, порівняно з сугрудами, зростають на 10-20%.

Ще одним важливим питанням є встановлення доцільних обсягів запровадження плантаційних насаджень. Р.М. Яцик та ін. (1994) пропонували для впровадження системи вирощування насаджень зі скороченням оборотом рубки виділяти із щорічного лісокультурного фонду 10-15% лісових земель, А.П. Гавриленко та ін. (1996) – у межах 20%. Цей аспект розглянемо на прикладі Західного Лісостепу України.

Так, загальна площа вкритих лісовою рослинністю земель регіону становить 845436 га (Дебрінюк, 2003). Якщо прийняти частку деревостанів, яка підлягає поступовій заміні плантаційними лісовими насадженнями на рівні 10%, то загалом ця площа становитиме 84540 га. Приймаючи в середньому вік рубки для ПЛН у 50 років, на території Західного Лісостепу необхідно щорічно створювати плантаційні насадження на 0,2% вкритих лісовою рослинністю земель (1,7 тис. га).

Після головної рубки першої черги плантаційних насаджень на площі 1700 га в 50 років, на цій території відновлюють корінні типи деревостанів відповідно до типу лісу, а таку ж саму площу з-під похідних або низькопродуктивних корінних деревостанів відводять під плантаційні насадження. З цього моменту схема *низькопродуктивний деревостан* → *плантаційне насадження* → *високопродуктивний деревостан* функціонуватиме у сталому режимі зі щорічною циклічністю, даючи змогу кожного року заготовляти щонайменше 680-850 тис. м^3 стовбурової деревини без урахування обсягів проміжного користування.

Дискусія (Discussion). Продуктивність плантаційних насаджень у різних країнах світу характеризується значною варіабельністю, яка залежить, насамперед, від природно-кліматичних умов. Так, в цілому продуктивність лісових плантацій змінюється в межах $4\text{--}30 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ в рік за середньої щоріч-

ної продуктивності в $6,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Так, у Східній Канаді вона становить 4, у південно-східному регіоні США – 10, у Новій Зеландії – 18, в Індонезії – 25, у Бразилії – близько $30 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (Brown, 2001).

Для сприятливих умов плантаційного лісівництва Океанії щорічний приріст найперспективніших у цій зоні хвойних видів (*Pinus radiata* та *Pinus caribaea*) становить від 12 до $26 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. В цих же умовах прирости листяних видів (*Eucalyptus globulus* та *Acacia mangium*) коливаються в мажах $15\text{--}38 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ для евкаліпта та $20\text{--}60 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ – для акації. У Північній і Центральній Америці хвойні види (сосна, модрина, псевдотсуга) у лісових плантаціях забезпечують щорічні прирости в межах $6\text{--}12 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (Global..., 1999).

В Україні продуктивність насаджень швидкорослих деревних видів також доволі висока і співставима з кращими світовими показниками. За нашими розрахунками, продуктивність насаджень *Picea abies* змінюється в межах $8,5\text{--}9,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ в рік в умовах C_3 ; насаджень *Larix decidua* – $12,5\text{--}13,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ в рік в умовах C_2 ; насаджень *Larix kaempferi* – $13,4\text{--}14,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ в рік в умовах $C_2\text{--}C_3$; насаджень *Larix eurolepis* в умовах $D_2\text{--}D_3$ – більше $20 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ щорічно. Плантації різних видів верби і тополі забезпечують щорічні прирости стовбурової деревини в межах $10\text{--}35 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (Фучило та ін., 2009).

Отримані значення свідчать про високу перспективність створення та вирощування ПЛН в Україні за участю швидкорослих деревних видів з погляду нагромадження значних обсягів деревини за відносно короткі терміни.

Дискусійним залишається питання щодо економічної доцільності створення плантаційних насаджень. Так, вартість затрат на вирощування (без врахування вартості землі) змінюється в межах 1500-2500 доларів США на 1 га хвойних і в межах 1800-4200 доларів США – на 1 га листяних плантацій (Global..., 1999). Більша собівартість вирощування плантацій листяних порід компенсується їх вищою продуктивністю порівняно з хвойними.

В Україні станом на початок 2024 р. створення і вирощування 1 га штучних насаджень до переведення у вкриті лісовою рослинністю землі (з урахуванням обробітку ґрунту, садіння, доповнення, доглядів та вартості садивного матеріалу) становить в середньому лише 11-13 тис. грн або 275-325 доларів США. Витрати на створення і вирощування 1 га плантаційних лісових насаджень може бути вищими не більше ніж на 15-20% (15600 грн або 390\$), що все одно є порівняно невисоким показником.

У «Програмі розвитку лісового господарства Львівської області на 2022-2026 роки» наголошено на необхідності збільшення приростів деревного запасу за рахунок ефективного ведення лісового господарства, що забезпечить можливість систематичного збільшення обсягів заготівлі і продажу деревини. Однак при цьому зовсім не взято до уваги плантаційне лісовирощування, як дієвий засіб інтенсифікації продукування деревини. Згадується лише, що потрібно «проаналізувати можливості

та економічну окупність плантаційного лісорозведення швидкорослих деревних порід». Зрозуміло, що перспективи і можливості плантаційного лісовирощування для більшості людей, зокрема і фахівців лісової галузі, поки-що залишаються незрозумілими.

Плантаційні насадження нагромаджують значно більші обсяги деревини, ніж некеровані людиною природні ліси. При цьому продуктивність штучних лісів постійно поліпшується, насамперед, через досягнення генетики і селекції. Для прикладу, якщо середня врожайність лісових плантацій у Бразилії в 1970-их роках складала щорічно $13 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, то в сучасний період цей показник становить вже $40 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у рік (Gonçalves et al., 2013). Впродовж цього ж періоду Нова Зеландія підвищила продуктивність соснових плантаційних насаджень на 25% за рахунок використання поліпшених генотипів (Kimberley, Moore, & Dungey, 2015).

Ефективному запровадженню в Україні системи плантаційного лісовирощування передують низка проблем. Серед них, виділення відповідних площ під створення ПЛН; довгостроковість залучення капіталу внаслідок відносно тривалого циклу продукування деревини; циклічність отримання прибутку поряд із поточним вкладенням коштів на підтримання функціонування плантацій; потенційна небезпека пошкодження насаджень абіотичними та біотичними чинниками; ймовірна необхідність застосування хімічних препаратів тощо.

Висновки (Conclusions). Плантаційне лісовирощування представляє собою один із вагомих елементів переходу від екстенсивної до інтенсивної форми ведення лісового господарства, коли отримання деревини у необхідних обсягах не може бути забезпечене шляхом застосування традиційних способів лісовирощування. Розвиток плантаційного лісовирощування з використанням перспективних деревних видів повинен стати одним із пріоритетів ведення лісового господарства в Україні.

Для плантаційного лісовирощування доцільно використати інтродуковані деревні види *Larix decidua*, *Larix kaempferi*, *Larix eurolepis* та *Pseudotsuga menziesii*, які за відносно короткий період часу здатні нагромадити значні обсяги цінної деревини. Щорічний приріст за запасом впродовж періоду вирощування становить від 12-14 до більше $20 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а запас стовбурової деревини за період вирощування – від 670-880 до 1300-1700 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Серед інших інтродуцентів перспективними видами для плантаційного лісовирощування є *Abies grandis*, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus rubra*, *Juglans nigra*, *Paulownia tomentosa*. Під час культивування окремих інтродуцентів за певних умов може виникнути загроза їхнього неконтрольованого поширення. Тому під час плантаційного лісовирощування видів з інвазійними проявами потрібно вживати заходи з попередження захоплення ними нових територій.

Доволі перспективними для плантаційного лісовирощування у відповідних типах лісорослинних

умов є аборигенні деревні види – *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* та *Betula pendula*. Основою для такого твердження є їхня висока продуктивність, цінність деревини, відносно короткий період досягнення стиглості, біотична стійкість до віку головної рубки.

Переведення обмеженої частини лісового фонду (10-15%) під плантаційне лісовирощування дасть змогу отримати значні обсяги деревини впродовж відносно короткого періоду часу, задовольнити потреби споживачів у промисловій деревині, зменшити обсяги рубок цінних природних деревостанів, поступово відновити оптимальну вікову структуру лісів на території тих чи інших регіонів, збільшити лісистість територій, суттєво збільшити обсяги депонованого вуглецю швидкорослими плантаційними лісовими насадженнями, забезпечити збалансований (сталий) розвиток лісового господарства України.

Обґрунтоване застосування принципу породозміни забезпечить підтримання родючості лісових ґрунтів на достатньо високому рівні. Своєчасне проведення наперед визначених етапів розріджень зі встановленням оптимальної густоти на різних вікових етапах забезпечить рівномірне розміщення дерев на ділянці, добре формування стовбурів та їх природне очищення від сучків. Використання свіжих зрубів дасть змогу обмежитись частковим обробітком ґрунту, а висока початкова густота зумовить швидке змикання ПЛН і проведення мінімальної кількості агротехнічних доглядів. Реалізація продукції проміжного користування (новорічні ялинки, дрібна, середня та велика деревина) дасть змогу ще до віку головної рубки покрити затрати на вирощування плантаційних лісових насаджень.

Список літератури (References)

- Белеля, С.О., Каганяк, Ю.Й., Дебринюк, Ю.М. (2015). Динаміка таксаційних показників модерні у лісових насадженнях Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(4), 24-29. [Belelya, S.O., Kaganjak, Yu.Yo., & Debryniuk, Yu.M. (2015). The Dynamics of Taxation Indicators in Larch Forest Stands of the West Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(4), 24-29. Retrieved from <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1238>] (in Ukrainian)
- Гавриленко, А.П., Орловський, В.К., Бузун, В.О., Турчак, Ф.М., Порва, В.І. (1996). Передумови створення сировинної бази деревних порід на засадах плантаційного лісовирощування. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 92, 8-12. [Havrylenko, A.P., Orlovskyy, V.K., Buzun, V.O., Turchak, F.M., & Porva, V.I. (1996). Prerequisites for the creation of a raw material base of wood species on the basis of plantation forestry. *Forestry and Forest Melioration*, 92, 8-12. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi>] (in Ukrainian)

- Герушинський, З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. [Gerushinsky, Z.Yu. (1996). *Typology of the forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramid. Retrieved from <http://carpaty.net/?p=20482>] (in Ukrainian)
- Горошко, М.П., Миклуш, С.І., Хомюк, П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. [Horoshko, M.P. Miklush, S.I., & Khomiuk, P.G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula. Retrieved from <https://eln.stu.cn.ua/login/index.php>] (in Ukrainian)
- Гром, М.М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: УкрДЛТУ. [Hrom, M.M. (2005) *Forest taxation*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу України*. Львів: Камула. [Debryniuk, Iu.M. (2003). *Forestry zoning of the Western Forest Steppe of Ukraine*. Lviv: Kamula. Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2013). Концептуальні засади плантаційного лісовирощування в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 25-33. [Debryniuk, Iu. (2013). Conceptual foundations for the plantation forestry in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 25-33. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/321>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2010). Фактическая и потенциальная продуктивность древостоев Украинского Расточья. *Вестник Марийского гос. техн. ун-та. Серия «Лес. Экология. Природопользование»*, 2(9), 36-48. [Debryniuk, Iu.M. (2010). Actual and potential productivity of Ukrainian Roztochya forest stands. *Bulletin of the Mari State Technical University. Series "Forest. Ecology. Nature Management"*, 2(9), 36-48. <https://cyberleninka.ru/article/n/fakticheskaya-i-potentsialnaya-produktivnost-drevostoev-ukrainskogo-rastochya>] (in Russian)
- Дебринюк, Ю.М., Думанський, О.І. (2010). Моделювання росту і продуктивності штучних насаджень *Picea abies* [L.] Karst. як прототипів плантаційних лісових культур у західному регіоні України. *Наукові праці: Лісівнича академія наук України*, 8, 83-90. [Debrynyuk, Y., & Dumanskyu, O. (2019). Growth and productivity modeling of *Picea abies* [L.] Karst. plantations as forest plantations prototype in the Western region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 8, 83-90. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/413>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Криницький, Г.Т., Целень, Я.П. (2016). *Технологія вирощування плантаційних лісових насаджень у західному регіоні України*. Львів: Камула. [Debryniuk, Iu.M., Krynytskyu, H.T., & Tselen, Ya.P. (2016). *Plantation forest cultivation technology in the western region of Ukraine*. Lviv: Kamula. Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Фучило, Я.Д. (2020). *Плантаційні лісові насадження в Україні: концептуальні засади, ресурсний потенціал та енергетичне використання*. Львів: Галицька видавнича спілка. [Debryniuk, Iu.M., & Fuchylo, Y.D. (2020). *Plantation forests in Ukraine: conceptual foundations, resource potential and energy use*. Lviv: Galicia Publishing Union. Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Фучило, Я.Д., Гузь, М.М. (2020). *Плантаційне лісовирощування*. Львів: Галицька видавнича спілка. [Debryniuk, Iu.M., Fuchylo, Y.D., & Guz, M.M. (2020). *Plantation forestry*. Lviv: Galicia Publishing Union. Retrieved from https://manusbook.com/9063_Debryniuk_Plantacii_Promo/6/] (in Ukrainian)
- Каганяк, Ю.Й., Майборода, В.А. (2000). Екологічне значення моделей росту та фітомаси крони модриново-дубових насаджень. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 10(4), 106-113. [Kaganjak, Yu.Yo., & Maiboroda, V.A. (2000). Significance of the ecological growth and phytomass crown models of larchoaks forest-stands. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 10(4), 106-113. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2000/10_4/index.htm] (in Ukrainian)
- Обласна цільова Програма розвитку лісового господарства Львівської області на 2022-2026 роки / Львівська обласна рада. Рішення № 322 від 23 грудня 2021 р. [Regional Target Program for Forestry Development of Lviv Region for the period 2022-2026 / Lviv Regional Council. Decision No. 322 of December 23, 2021. Retrieved from <https://www.lvivoblrada.gov.ua/articles/oblasna-rada-pidtrimala-programu-rozvitku-lisovogo-gospodarstva-lvivskoji-oblasti>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф., Ткач, В.П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: вид-во Харків. держ. аграр. ун-ту ім. В.В. Докучаєва. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Publishing House of Kharkiv State Agrarian University. Retrieved from <https://z-lib.io/book/16533978>] (in Ukrainian)
- Свириденко, В.Є., Бабіч, О.Г., Киричок, Л.С. (2005). *Лісівництво*. Київ: Арістей. [Svyridenko, V.E., Babich, O.G., & Kyrychok, L.S. (2005). *Forestry*. Kyiv: Aristei. Retrieved from https://z-lib.io/book/16623287#google_vignette] (in Ukrainian)
- Фучило, Я.Д. (2011). *Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи*. Київ: Логос. [Fuchylo, Y.D. (2011). *Plantation afforestation: theory, practice, prospects*. Kyiv: Logos. Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Фучило, Я.Д., Сбитна, М.В., Фучило, О.Я., Литвін, В.М. (2009). *Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: науково-методичні рекомендації*. Київ: ВП НУБіП «Боярська лісова дослідна станція». [Fuchylo, Y.D., Sbytina, M.V., Fuchylo, O.Ya., & Litvin, V.M. (2009). *Creation and cultivation of energy plantations of willows and poplars: scientific and methodological recommendations*. Kyiv: Boyar Forest Research Station] (in Ukrainian)

- Яцик, Р.М., Бродович, Р.І., Гаврусевич, А.М. (1994). Шляхи підвищення продуктивності карпатських лісів. Матеріали 46-ї наук.-техн. конф. Укр. держ. лісотехн. ун-ту, м. Львів, 18-19 квітня 1994 р. Львів: УкрДЛТУ, 268-269. [Yatsyk, R.M., Brodovych, R.I., & Havrusevych, A.M. (1994). Ways to increase productivity of Carpathian forests. Materials of the 46th Scientific and Technical Conference of the Ukrainian State Forestry University, Lviv, April 18-19, 1994. Lviv: Ukrainian State Forestry University, 268-269] (in Ukrainian)
- Bauhus, J., P. van der Meer, & Kanninen, M. (2010). *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849776417>
- Brown, L. (2001). Protecting Forest Products and Services. *Eco-economy: Building and Economy for the Earth*, W.W. Norton & Co., New York, 181-183. Retrieved from https://www.earth-policy.org/books/eco/eech8_ss4
- Global outlook for plantations (1999). Canberra: Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics. ABARE project 1601. 99 p. Retrieved from <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/2931641>
- Gonçalves, J.L. M., Alvares, C.A., Higa, A.H., Silva, L.D., Alfenas, A.C., Stahl, J. ... Epron, D. (2013). Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, 301, 6-27. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- Kimberley, M.O., Moore, J., & Dungey, H. (2015). Quantification of realised genetic gain in radiata pine and its incorporation into growth and yield modelling systems. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(12), 1676-1687, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0191>
- Sedjo, R.A. (2001). Biotechnology's potential contribution to global wood supply and forest conservation (Discussion Paper 01-51). Washington, DC: Resources for the Future. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/24122690_Biotechnology's_Potential_Contribution_to_Global_Wood_Supply_and_Forest_Conservation

Forest plantations in the western region of Ukraine: species composition, resource potential and perspectives of implementation

Iu. Debryniuk¹, M. Huz²

Growing plantation forests is one of the important elements of the transition from extensive to intensive form of forestry management. The main reason is that obtaining wood in the necessary volumes can no longer be ensured by using traditional methods of forest

management. For plantation growth, it is advisable to use introduced tree species – *Larix decidua*, *Larix kaempferi*, *Larix eurolepis*, and *Pseudotsuga menziesii*. These tree species are able to accumulate significant volumes of valuable wood in a relatively short period of time. The annual increment in the growing stock during the whole growing period ranges from 12-14 to more than 20 m³·ha⁻¹, and the increment in the stemwood during the whole growing period – from 670-880 to 1,300-1,700 m³·ha⁻¹. Aboriginal tree species – *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa*, and *Betula pendula* – are quite promising for growing plantation forests in the appropriate types of forest growth conditions. The basis for such a statement is their high productivity and value of wood, a relatively short period of reaching maturity, and biotic resistance which lasts until the age of the main felling.

The transfer of a limited part of the forest fund (10-15%) to plantation forestry will make it possible to obtain significant volumes of wood in a relatively short period of time, satisfy the needs of consumers for industrial wood, reduce the volume of felling of valuable natural stands, and gradually restore the optimal age structure of forests in the territory of certain regions, as well as to increase the forest cover of the territories. Reasonable application of the principle of species replacement will ensure the maintenance of forest soil fertility at a sufficiently high level. Timely implementation of predetermined stages of thinning with the establishment of optimal density at different age stages will ensure uniform distribution of trees at the site, good formation of trunks and their natural cleaning from knots (natural pruning).

The use of fresh cutover areas will allow for limited partial soil tillage. A high initial density will cause the rapid canopy closure of plantation forest stands and the implementation of a minimum amount of agrotechnical tending. The sale of intermediate-use products (sale of Christmas trees, small-sized, medium-sized and large timber) will make it possible to cover the costs of growing plantation forests even before the age of the main felling.

Key words: plantation forest growing; species replacement; creation and growing technology; growing stock; native and introduced species.

¹ Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

² Mykola Huz – PhD in Agricultural Sciences, Senior Teacher of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-067-705-34-70. E-mail: mm.huz@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-8433-5901>