

8. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей, В.А. Мазур, В.І. Горщар, О.В. Конопльов, С.П. Паламарчук, О.І. Примак ; за ред. І.Д. Примака. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.

#### References

1. Bulyhin, S.Yu., Burakov, V.I., Kotova, M.M., Novak, B.I., Achasov, A.B., Barvinskyi, A.V. (2004), *Proektuvannia gruntozakhysnykh ta melioratyvnykh zakhodiv v ahrolandshafta* "Design of soil and reclamation activities in agricultural landscapes", Natsionalnyi ahrarnyi universytet, Kyiv, Ukraine, 114 p.
2. Tretiak, A.M., Tretiak, R.A. and Shkvar, M.I. (2001), *Metodychni rekomendatsii otsinky ekolohichnoi stabilnosti ahrolandshaftiv ta silskohospodarskoho zemlekorystuvannia* "Methodical recommendations of environmental sustainability assessment of agricultural land and agricultural landscapes", In-t zemleustroiui UAAN, Kyiv, Ukraine, 15 p.
3. Frolov, V.I. (2011), *Metody obosnovaniya programm ustoychivogo razvitiya selskikh territoriy* "Methods of sustainable development justification of the rural areas", monograph, SPb. gos. arkhiv.-stroit. un-t., St.-Peterburg, Russia, 464 p.
4. Volkov, S.N. (2001), *Zemleustroystvo: v 3-kh t, T. 2 : Zemleustroitelnoye proyektirovaniye. Vnutrikhozyaystvennoye zemleustroystvo* "Land management: 3 Vols. - Volume 2: land use planning. farm boundary", textbook, Kolos, Moscow, Russia, 648 p.
5. Chepurnykh, N.V., Novoselov, A.V. and Merzlov, A.V. (2006), *Regionalnoye razvitiye: selskaya mestnost* "Regional development: rural territory", Nauka, Moscow, Russia, 384 p.
6. Sulyn, M.A. (2002), *Zemleustroystvo selskokhozyaystvennykh predpriyatiy* [Land management of agricultural enterprises], tutorial, izdatelstvo "Lan", St.-Peterburg, Russia, 224 p.
7. Sokhnych, A.Ya. and Tibilova, L.M. (2006), "Landscape and environmental aspects of land management", *Ekonomika APK*, no. 5, pp. 27-28.
8. Prymak, I.D., Manko, Yu.P., Ridei, N.M., Mazur, V.A., Horshchar, V.I., Konoplov, O.V., Palamarchuk, S.P., Prymak, O.I. (2010), *Ekolohichni problemy zemlerobstva* [Environmental problems of agriculture], Kyiv, Ukraine, 456 p.

УДК 674.8

**Свинтух М.Б.,**  
*стажист-дослідник кафедри економіки довкілля,*  
*природних ресурсів і менеджменту природокористування,*  
*Тернопільський національний економічний університет*

## ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА З ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ

**Svyntukh M.B.,**  
*researcher of the department of economics of the environment,*  
*natural resources management and environmental sciences*  
*Ternopil National Economic University*

## ORGANIZATIONAL ASPECTS OF THE PRODUCTION AND USE OF FUEL FROM WOOD WASTE

**Постановка проблеми.** У лісах знаходиться значна кількість невикористовуваної деревини і її відходів. Тому у зв'язку з наростаючим дефіцитом сировинних ресурсів References та їх невідновлюваністю у світовому масштабі почали приділяти надзвичайну увагу використанню деревних відходів, тирси та інших побічних продуктів біомаси. Сьогодні, коли ціни на використовувані джерела енергії (газ, нафту, електроенергію) зростають, необхідно приділяти достатню увагу раціональному використанню відновлювальних джерел енергії. Спалювання деревних відходів в сучасному розробленому обладнанні відноситься

до екологічно прийнятних методів використання промислових відходів. Саме тому сучасні проблеми енергетики можуть бути вирішені тільки при раціональному використанні всіх існуючих на Землі джерел палива та енергії, серед яких чільне місце займає біомаса, як постійно поновлюване джерело палива.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми використання відходів деревини розглянуті в наукових працях таких вчених: Г.Г. Гелетухи [1], А.М. Дейнеки [2], В.Е. Лотоша [3], С.О. Медведєва [4], Є.В. Мішеніна, В.С. Міщенко [6], А.П. Петрова, М.В. Римара, А. О. Сафонова [5], Ю.Ю. Туниці, М.А. Хвесика [7], О.І. Фурдичка [8] та ін.

Поряд з цим, у наукових роботах зазначених авторів, публікаціях інших вчених не приділено належної уваги питанням використання деревних відходів з погляду економічних аспектів, як альтернативного забезпечення розвитку джерел енергії та з урахуванням екологічної складової, зокрема на деревообробних підприємствах.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження наявного енергетичного потенціалу раціонального використання відходів деревини в Україні й організаційних аспектів виробництва палива з них.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Фахівці констатують, що економічно доцільний потенціал біомаси в Україні становить близько 30 млн. т умовного палива на рік (до 15% загального енергоспоживання). За рахунок його використання реально замінити близько 6 млрд. куб. м природного газу на рік вже до 2020 року. Зараз в Україні для виробництва енергії використовується до 1 млн. т умовного палива біомаси на рік (близько 0,5% загального енергоспоживання) [1].

Деревне паливо представляє собою біопаливо у вигляді паливної тріски, дров, паливних гранул, брикетів. Сировиною для виробництва деревного палива служить деревна біомаса, яка складається зі стовбурної деревини, кори, хвої або листя. Деревну біомасу можна поділити на біомасу від рубок головного користування, біомасу від прохідних рубок догляду, проріджування, лісосічні відходи головних рубок і біомасу з переробленої деревини. Також сировинним джерелом лісового деревного палива є деревина малого діаметра з молодих деревостанів. Лісове деревне паливо також можна робити з круглої деревини, яка не є сировиною для деревообробної промисловості у зв'язку з незадовільною якістю, кількістю або місцем розташування. Заготівля деревної біомаси може здійснюватися при проведенні лісозаготівельних робіт на ділянці, лісовому складі біля дороги, нижньому складі або на підприємствах лісопереробної промисловості.

Лише частина загального потенціалу лісової паливної деревини є доступною. Безліч технологічних, соціально – економічних та екологічних чинників впливає на практичну можливість її використання. Так, наприклад, круглі лісоматеріали, що застосовуються в лісовій промисловості, купуються в необкорованому вигляді, за винятком мізерного обсягу деревної сировини тропічних порід. Лише частина використовуваних сировинних матеріалів може бути перероблена у вироби; інша, відповідно, представляє собою побічні продукти. Тверді побічні продукти складаються із тріски, кори і тирси. Тріска і частково тирса використовуються в якості сировини на целюлозних підприємствах. Тирса є основною сировиною для заводів з виробництва деревостружкових і деревоволокнистих плит. Решта тверді побічні продукти застосовуються для вироблення енергії, в основному, на підприємствах лісової галузі, а надлишок продається стороннім організаціям.

Що стосується лісопилок, тільки четверта частина їх суміщена з целюлозно – паперовим виробництвом, і їх побічне паливо використовується усередині єдиного підприємства для виробництва теплової та електричної енергії. Лише деякі з незалежних лісопильних заводів займаються власним виробництвом електроенергії. Більшість лісопилок виробляють теплову енергію для сушіння пиломатеріалів шляхом спалювання деревного палива в котельні, а надлишки палива продають стороннім котельням й електростанціям.

Деревні відходи постачаються на спеціальні підприємства, що займаються виробництвом пелет в промислових масштабах, проте можуть перероблятися на місцях. У цьому випадку необхідно дотримуватися вимог до підготовки сировини:

– низька вологість (для зниження енерговитрат на виробництво пелет, для більш високої ефективності їх застосування);

– рівномірне подрібнення на частинки приблизно однакового розміру, що значною мірою впливає на якість вихідної продукції. У невеликих грануляторах відсутня стадія

підготовки сировини, що веде до двох шляхів його використання: або використання одного постійного джерела сировини, або щоразу, завантажуючи масу в гранулятор, перебудовувати його режим роботи;

– обов’язкова оптимізація температурного режиму виробництва, оскільки натуральний лігнін не проявляє клеючих властивостей, поки маса вихідної сировини не буде нагріта до визначеної температури і, отже, випуск пелет неможливий, але слід враховувати, що висока температура може завдати шкоди обладнанню.

Обладнанням для виробництва пелет є:

– дробильна та сушильна апаратура (в більшості випадків в мобільних пелетних пресах таке обладнання відсутнє, тому слід вибрати цю апаратуру окремо).

– гранулятори, які внаслідок відсутності постійно поповнюючого потужного джерела вихідної сировини слід вибирати невеликих обсягів і потужності, наприклад, мобільний пелетний прес на 3-5 м<sup>3</sup>/год вихідної сировини з виходом готової продукції – 500-700 кг;

– пелетний котел, який може використовуватися також і для отримання біопалива, яке постійно зростає у зв’язку з підвищенням попиту на нього.

Система виробництва деревного палива залежить від вибору місця розташування обладнання для подрібнення деревини. Подрібнення може здійснюватися на придорожному або навантажувальному майданчику, у місцях вирубки лісу, на терміналі або на енергетичній установці, де спалюється тріска.

Розглянемо основні процеси та альтернативні варіанти виробництва лісової тріски (табл. 1). Вибір оптимальної системи виробництва безпосередньо залежить від типу лісового насадження.

**Таблиця 1**

**Системи виробництва лісової деревної тріски: варіанти основних процесів**

Відходи інтегрованої лісозаготівлі	Відходи заготовки довгомірних сортиментів	Спеціалізований процес заготовки паливної деревини	Інтегрований процес заготовки паливної деревини
Подрібнення на придорожному майданчику	Подрібнення у місці вирубки	Подрібнення на придорожному майданчику	Подрібнення у місці вирубки
Пакетування на придорожному майданчику, подрібнення на котельні	Пакетування у місці вирубки	Транспортування паливної деревини; подрібнення на котельні	Подрібнення на придорожному майданчику
Транспортування відходів лісозаготівлі; подрібнення на котельні	Подрібнення на придорожному майданчику		Транспортування паливної деревини; подрібнення за місцем складування
	Транспортування відходів лісозаготівлі; подрібнення за місцем складування		Транспортування паливної деревини; подрібнення на установці

*Джерело: складено автором на основі [9]*

Одним з визначальних чинників процесу виробництва деревного палива є ступінь інтеграції операцій із заготівлі деревної біомаси для енергетичних цілей в системі лісозаготівельних операцій. На початковому етапі робіт із заготівлі деревної біомаси рівень інтеграційних відносин є низьким. Як правило, використовується існуюча технологія з незначними змінами і є відсутньою чіткий організаційний зв’язок з традиційними лісозаготівельними операціями, заготівля деревної біомаси виконується як окрема підпорядкована операція. Цей процес називають «двопрохідною системою» заготівлі деревної біомаси.

Більш високий рівень інтеграції дозволяє застосувати метод і технології «однопрохідної системи», що здійснюється паралельно з традиційними лісозаготівельними роботами. Інтеграція операцій із заготівлі деревної біомаси та ділової деревини дозволяє повністю

використовувати синергетичний ефект від спільного виробництва робіт. При цьому зростають ризики, підвищуються вимоги до організації робіт.

На лісозаготівельних операціях може використовуватися широкий спектр техніки і технологій: хлистова технологія на базі трелювальних тракторів, заготівля дерев на базі валочно – пакетуючих машин, сортиментна технологія на базі харвестерів і форвардерів, комбіновані технології. Найбільш універсальними на лісосічних роботах є системи машин для заготівлі сортиментів. З цієї причини вони є домінуючими на лісозаготівельних операціях у скандинавських країнах.

Відомо, що в даний час в світі домінує хлистова технологія заготівлі деревини, на частку якої припадає близько 80% від загального обсягу заготівель. Дана група технологічних процесів включає в себе виконання наступних технологічних операцій: валка – формування пакету – трелювання – очищення дерев від гілок – навантаження деревини на лісовозний транспорт. Операція очищення дерев від сучків може виконуватися як на лісосіці, так і на верхньому складі, до або після операції трелювання відповідно. На первинному транспорті деревини використовуються як гусеничні, так і колісні лісопромислові трактори.

Технологічні схеми виробництва тріски відрізняються великою різноманітністю і мають такі переваги та недоліки:

- при виробництві тріски на лісовому складі у дороги існує залежність між роботою рубальної машини і самоскиди («гарячий ланцюжок»), яка може призводити до їх простоїв, знижуючи рівень використання виробничих потужностей і підвищуючи витрати при виробництві тріски. При виробництві тріски для спалювання у промислових котельнях, рубальна машина і самоскид діють незалежно один від одного («холодний ланцюжок»), що дозволяє підвищити коефіцієнт використання виробничих потужностей і зменшити витрати;

- слабкою ланкою схеми виробництва тріски для спалювання у промислових котельнях є транспортування, що має низьку об'ємну щільність і займає великий об'єм вантажного простору деревної біомаси. Нові технології, наприклад, пакетування залишків рубки, дають змогу збільшити об'ємну щільність і знизити транспортні витрати;

- обладнання, яке в системі централізованого виробництва тріски має високу вартість, тому технологічна схема виробництва тріски для спалювання у промислових котельнях є прийнятною тільки для великих підприємств. Малі підприємства (котельні) можуть використовувати схему виробництва тріски на лісовому складі біля дороги.

При розгляді питання про місце переробки залишків деревини в тріску слід пам'ятати, що транспортування тріски є значно дорожчим від транспортування дров. Також дорожні умови не завжди дозволяють вивести тріску з вантажної площадки. Тому найбільш перспективними в Україні слід визнати переробку залишків деревини в тріску на нижньому складі.

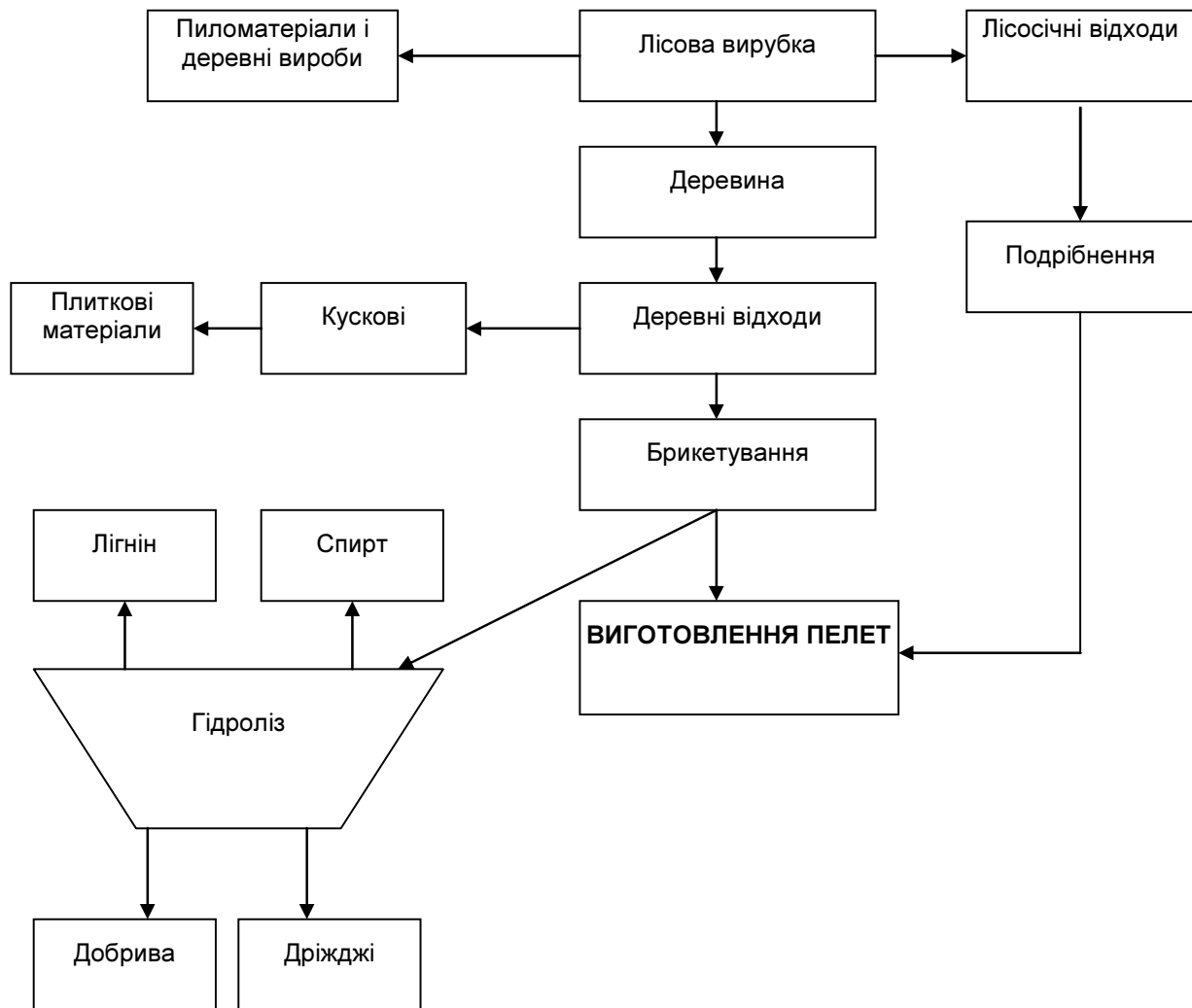
Для транспортування дров'яної деревини по дорогах загального користування можуть використовуватися звичайні автомобілі – лісовози, а також сільськогосподарські трактори з причепами.

Таким чином, якщо залишки деревини будуть доставлятися безпосередньо для спалювання у промислових котельнях, то у лісозаготівельників не буде необхідності купувати спеціалізовані машини й устаткування.

У скандинавських країнах при проектуванні технологічних процесів виробництва деревного палива розглядається низка чинників, що пов'язані з заготівлею, транспортуванням і закупівлею.

Враховуючи накопичений в скандинавських країнах досвід, слід врахувати вплив вітчизняних природно – виробничих чинників: характеристики машин, умови лісосіки, якість тріски, людський фактор, взаємодії в ланцюжках машин, масштаб виробництва, організацію постачань.

Результати дослідження дозволяють запропонувати економіко-екологічний варіант загальної схеми руху деревної маси, включаючи лісосічні відходи та відходи лісопиляння і деревообробки (рис. 1).



**Рис. 1. Принципова схема переробки відходів деревини**

*Джерело: адаптовано [4]*

Побічні продукти та відходи деревини використовуються при отриманні компостів, добрив, отриманні вуглекислотних екстрактів і для енергетичних цілей. Організація таких виробництв передбачається у лісопромисловому регіоні. Особливої уваги заслуговує рух деревної біомаси. Рациональне розміщення виробництв і транспортних потоків дозволяє досягти істотних переваг в порівнянні з альтернативами. Рішення про впровадження ресурсозберігаючих технологій, безпосередня реалізація проектів має ґрунтуватися на системі показників виробничо – технологічного, економічного, екологічного та соціального характеру. При їх тісному поєднанні може бути досягнуто розвиток мало витратних і безвідходних технологічних рішень.

У ролі критеріїв оцінки та прийняття рішень щодо вибору того чи іншого варіанту організації робіт з виробництва палива з відходів деревини для потреб енергетики повинні стати критерії економічної ефективності.

На першому етапі планування необхідно вирішити яку саме деревну біомасу заготовляти для подальшої переробки на паливо.

По-друге, необхідно вибрати з низки варіантів застосовувати технології заготівлі, переробки і транспортування деревної біомаси. Кожен етап виробництва вносить свою частку у кінцеву собівартість готової продукції і, відповідно, визначає загальну ефективність виробництва робіт. Крім того, повинні бути враховані певні обмеження.

Найважливішими показниками кінцевих результатів та сукупної ефективності виробництва в умовах ринкової економіки є прибуток і рентабельність (прибутковість). Рівень рентабельності залежить насамперед від величини прибутку, розміру витрат і застосовуваних ресурсів.

**Висновки та подальші дослідження.** Система прийняття оптимальних рішень передбачає аналіз всіх стадій виробництва палива з відходів деревини з урахуванням обмежень екологічного, технологічного і технічного характеру. Оптимальний варіант на локальній ділянці є ланкою ланцюга планування всього технологічного процесу. Результатом роботи системи підтримки прийняття рішень щодо стимулювання раціонального використання деревної біомаси і відходів лісозаготівель в біоенергетиці є вибір найбільш збалансованого та економічно ефективного варіанта реалізації технологічного процесу.

У багатьох випадках целюлозні, паперові і лісопилні виробництва розташовуються на одній території, утворюючи інтегроване підприємство лісової галузі, яке дозволяє ефективно використовувати сировину і енергію. На багатьох підприємствах виробленням енергії керує окрема енергетична компанія.

Повна переробка відходів деревини забезпечить створення нових робочих місць, впровадження інноваційних проектів в рамках політики енергозбереження, поліпшення екології довкілля, і зумовить економічну вигоду, зокрема: суттєве оновлення основних виробничих фондів; підвищення ефективності енергетичних підприємств; використання високопродуктивного сучасного обладнання; скорочення використання викопних видів палива; використання деревних відходів і низькосортної деревини; поліпшення екологічної ситуації, скорочення викидів парникових газів; можливість залучення позабюджетних джерел фінансування за рахунок одержання квот на ринку парникових викидів; створення додаткових робочих місць при реалізації програми використання відходів, низькосортної і перестійної деревини; поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу енергетичних господарств; зниження собівартості виробництва теплової енергії; підвищення стійкості роботи енергетичних підприємств і зниження залежності їх від зовнішніх чинників.

## Література

1. Гелетуша Г. Біоенергетика на задвірках / Г.Гелетуша // Економічна правда [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epravda.com.ua/columns/2013/03/20/366395/>.
2. Дейнека А.М. Лісове господарство: еколого – економічні засади розвитку: [монографія] / А.М. Дейнека. – К.: Знання, 2009. – 350 с.
3. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования / В. Е. Лотош. – Екатеринбург: Полиграфист, 2007. – 503 с.
4. Медведев С.О. Движение древесной биомассы в перспективном развитии лесосибирского промышленного комплекса / С.О. Медведев, Р.А. Степень, С.В. Соболев // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – № 3 – 4 (XXVII). – С. 341-345.
5. Сафонов А. О. Тенденции развития производства композиционных материалов из отходов древесины / А. О. Сафонов // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 75 (01). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/28.pdf>
6. Удосконалення системи управління відходами в Україні в контексті європейського досвіду / В.С. Міщенко, Г.П. Виговська, Ю.М. Маковецька, Т.Л. Омеляненко. – К.: "Лазурит-Поліграф", 2012. – 120 с.
7. Хвесик М.А. Комплексне використання лісоресурсного потенціалу: механізм стимулювання, інституціональне та інноваційно-інвестиційне забезпечення : монографія / М.А. Хвесик, О.М. Шубалий, Н.М. Василик. – К.: ТОВ «ДКС», 2011. – 498 с.
8. Фурдичко О.І. Проблема оптимізації використання природно-ресурсного потенціалу певного регіону / О.І. Фурдичко, В.С. Паштецький // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 1. – С. 17-24.
9. Stampfer K. (Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien), Verfahren und Kosten für die Energieholzerzeugung in der Durchforstung in Abhängigkeit von den Geländebedingungen. In: Tagungsunterlagen Fachtagung «Kosten der Energieholzbereitstellung

– Kurzumtrieb und Durchforstung», Wieselburg, November 2005. Available at [www.klimaaktiv.at/filemanager/download/13624/](http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/13624/)

### References

1. Heletukha, H. (2013), "Bioenergy in the backyard", *Ekonomichna pravda*, available at: <http://www.epravda.com.ua/columns/2013/03/20/366395/>.
2. Deineka, A.M. (2009), *Lisove hospodarstvo: ekolohe – ekonomichni zasady rozvytku* [Forest: bases for ecological and economic], monograph, Znannia, Kyiv, Ukraine, 350 p.
3. Lotosh, V.E. *Pererabotka othodov prirodopolzovaniya* [Recycling nature], monograph, Poligrafist, Ekaterinburg, Russia, 503 p.
4. Medvedev, S.O., Stepen, R.A., Sobolev, S.V. (2010), "Movement of woody biomass in the future development of an industrial complex Lesosibirsk", *Hvoynnye borealnoy zony*, no. 3 – 4, p. 341-345.
5. Safonov, A.O. (2012), "Trends in the development of production of composite materials from waste wood", *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, no 75 (01), available at: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/28.pdf>
6. Mishchenko, V.S., Vyhovska, H.P., Makovetska, Yu.M., Omelianenko, T.L. (2012), *Udoskonalennia systemy upravlinnia vidkhodamy v Ukraini v konteksti yevropeiskoho dosvidu* [Improving waste management in Ukraine in context of European experience], monograph, "Lazuryt-Polihraf", Kyiv, Ukraine, p. 120/
7. Khvesyuk, M.A., Shubalyi, O.M., Vasylyk, N.M. (2011), *Kompleksne vykorystannia lisoresurnoho potentsialu: mekhanizm stymulivannia, instytutsionalne ta innovatsiino-investytsiine zabezpechennia* [Seamless lisoresurnoho potential: mechanism of stimulation, and institutional innovation and investment to ensure], monograph, TOV «DKS», Kyiv, Ukraine, 498 p.
8. Furdychko, O.I., Pashtetskyi, B.C. (2013), "The problem of optimizing the use of natural resources of a given region", *Ahroekolohichniy zhurnal*, no. 1, pp. 17-24.
9. Stampfer, K. (2005), (Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien), Verfahren und Kosten für die Energieholzerzeugung in der Durchforstung in Abhängigkeit von den Geländebedingungen. In: Tagungsunterlagen Fachtagung «Kosten der Energieholzbereitstellung – Kurzumtrieb und Durchforstung», Wieselburg, November 2005, available at: <http://klimaaktiv.at/filemanager/download/13624/>