

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Роїк М. В., Ганженко О. М. Агроекологічні аспекти сталого розвитку біоенергетики / М. В. Роїк, О. М. Ганженко // Біоенергетика / Bioenergy. — № 1 (15). — 2020. — С. 4–7.
2. Медведєв В. В., Пліско І. В. Цінні, деградовані і малопродуктивні ґрунти України: заходи з охорони і підвищення родючості. Харків, 2015. 144 с.
3. Revealing Bioenergy Potentials: Mapping Marginal Lands in Europe — The Seemla Approach / Galatsidas, S., Gounaris, N., Vlachaki, D., Dimitriadis, E., Kiourtsis, F., Keramitzis, D., Gerwin, W., Repmann, F., Rettenmaier, N., Reinhardt, G., Ivanina, V., Hanzhenko, O., Gnap, I., Bogatov, K., Barbera, F., Mattioli, D., Volkman, C., Baumgarten, W. // 26th European Biomass Conference and Exhibition / ISBN: 978–88–89407–18–9; Paper DOI: 10.5071/26thEUBCE2018–1A.O.4.1; Session: 1A.O.4.1; Pages: 31–37.
4. Baumgarten W., Ivanina V., Hanzhenko O. Biomass production on marginal lands — catalogue of bioenergy crops Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017–7904–1, 2017 EGU General Assembly 2017 © Author(s) 2017. CC Attribution 3.0 License.
5. Anderson, E., Arundale, R., Maughan, M., Oladeinde, A., Wycislo, A., & Voigt, T. Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. *Biofuels*. 2011. Volume 2(2). Pages 167–183.
6. Свідоцтво № 150903 про державну реєстрацію сорту рослин міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт'. Заявка № 13553001. Заявник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
7. Schwarz, K. U., Murphy, D. P. L. and Schnug, E. (1994) 'Studies on the growth and yield of *Miscanthus x giganteus* in Germany', *Aspects of Applied Biology*, vol 40, pp 533–540
8. McLaughlin, S. B., Samson, R., Bransby, D. & Wiseloge, A. (1996). Evaluating physical, chemical, and energetic properties of perennial grasses as biofuels. In *Bioenergy '96, Proceedings of the Seventh National Bioenergy Conference*. Vol 1, pp 1–8, 15–20 September, Nashville, Tennessee.
9. Свідоцтво № 150927 про державну реєстрацію сорту рослин проса прутноподібного 'Морозко'. Заявка № 13558001. Заявник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
10. Свідоцтво № 180839 про державну реєстрацію сорту рослин проса прутноподібного 'Лядовське'. Заявка № 17558001. Заявник: Ін-

ститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

АНОТАЦІЯ

УДК 631.95: 662.636: 332.32

ВПЛИВ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

Роїк М. В., Ганженко О. М., Гончарук Г. С.

The influence of perennial bioenergy crops on the soil fertility restoration
Roik M. V., Hanzhenko O. M., Honcharuk H. S.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (ІБКЦБ НААН). 03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25

Встановлено, що тривале вирощування багаторічних злакових біоенергетичних рослин позитивно впливає на показники родючості малопродуктивних ґрунтів. Так, за вирощування проса прутноподібного впродовж дев'яти років вміст органічного вуглецю у ґрунті зріс з 1,87 до 2,40%, а за вирощування міскантусу гігантського впродовж шести років — з 1,87 до 2,42%. Отже, закладка плантацій багаторічних злакових біоенергетичних рослин на малопродуктивних та схильних до ерозії землях сприяє відновленню їх родючості та забезпечує сталі надходження високоякісної сировини для виробництва різних видів біопалива.

ABSTRACT

UDC631.95: 662.636: 332.32

The influence of perennial bioenergy crops on the soil fertility restoration

Roik M. V., Hanzhenko O. M., Honcharuk H. S.

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

It was found that long-term cultivation of perennial cereal bioenergy plants has a positive effect on the fertility of low-yielding soils. Thus, for the cultivation of switchgrass for nine years, the content of organic carbon in the soil increased from 1.87 to 2.40%, and for the cultivation of giant miscanthus for six years from 1.87 to 2.42%. Conclusions. Laying plantations of perennial cereal bioenergy plants on low-yielding and erosion-prone lands helps to restore their fertility and provides a sustainable supply of high quality feedstock for the production of biofuels.

УДК 633.282:631.332.81 © 2020

ПАВЛОВНІЯ —

ВИСОКОПРОДУКТИВНА КУЛЬТУРА

ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА ТА ДЕРЕВИНИ

ГУМЕНТИК М. Я. —

к.с.-г. наук, с.н.с.

ЯГОЛЬНИК О.О. —

н.с., редактор журналу

«Біоенергетика / Bioenergy».

Інститут біоенергетичних культур

і цукрових буряків НААН України вул.

Клінічна, 25, м Київ, 03110, Україна

E-mail: hmy@ukr.net.

Вступ. Збільшення вуглекислого газу CO₂ та підвищення концентрації парникових газів, особливо метану в атмосфері землі є одними з основних причин зміни клімату. Дані проблеми зумовлюють до пошуку нових шляхів господарювання, тому постає актуальним питання використання енергоефективних технологій вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, які поряд із сировиною для виробництва біопалива активно поглинають із атмосфери вуглекислий газ та виділяють значну кількість кисню. Для сільгоспвиробників біоенергетичні культури є гарною альтернативою інтенсивному сільському господарству як з екологічної, так і з економічної точки зору, що забезпечують високу рентабельність галузі [1;2;3].

Постановка проблеми. До основних переваг рослинної біомаси як джерела альтернативної енергії належать екологічна чистота викидів порівняно з викопними видами палива та відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згоряння біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу виділяється менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється у 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3-4 рази менше золи порівняно з вугіллям. Побічним продуктом у процесі згоряння твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати як добриво [4]. Енергетичні плантації на основі деревних культур, які за мінімальний період дають можливість отримати значний обсяг високоякісної деревної продукції, називають «інтенсивним лісом». Цей напрям бізнесу є новим, що вже зарекомендував себе у світовій практиці як один з найприбутковіших і надійних шляхів інвестицій. Як правило, вкладені кошти окупуються вже на 3-5 рік від початку посадки енергетичної плантації. Для плантацій з коротким терміном вегетації використовують переважно швидко-рослі дерева, що дозволяє скоротити термін їх вегетації з 10-20 до 3-5 років. Такого роду деревину зі спеціально створених енергетичних плантацій можна використовувати як ді-

лову та переробити частину сировини з відходів, що складає біля 50% у вигляді гілля, на паливну тріску.

Для розвитку біопаливної галузі необхідно створювати власну сировинну базу, шляхом закладки спеціальних енергетичних плантацій із високим приростом біомаси. Вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива створює додаткову зайнятість сільського населення, стає пріоритетним напрямком розвитку економіки України.

Мета досліджень. Обґрунтувати доцільність вирощування високопродуктивної культури павловнії в різних ґрунтово-кліматичних зонах України з метою отримання сировини для виробництва біопалива та будівельної промисловості.

Найінтенсивніше даний процес відбувається у високопродуктивних біоенергетичних культур групи С4, таких як: павловнія, цукрове сорго, кукурудза та цукрові буряки. Наприклад, упродовж вегетаційного періоду на 1 га плантації цукрового сорго, впродовж години рослинами поглинається 9,2 м³ вуглекислого газу та виділяється 4,8 м³ кисню. Максимальних значень досягає нова енергетична рослина — павловнія, листки якої поглинають 15,0 м³ CO₂ та утворюють 6,0 м³ кисню (рис. 1). Плантація павловнії з 1 га поглинає 1200 т CO₂ в рік, таким чином очищує тисячі кубіч-

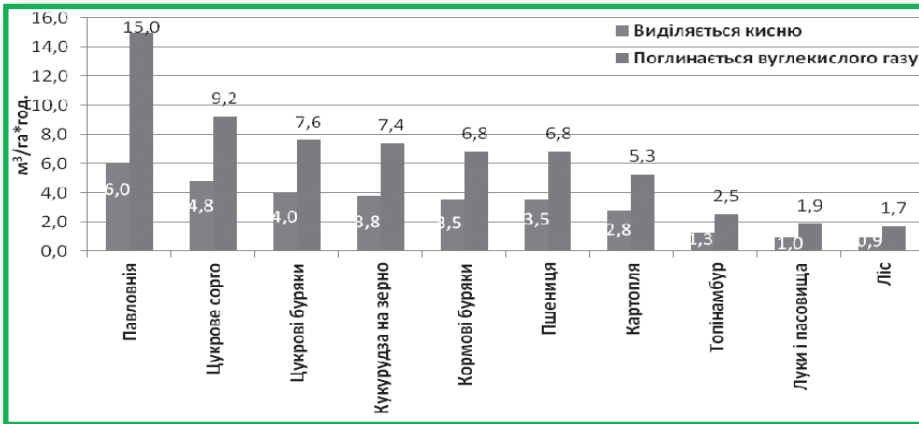


Рис. 1. Поглинання вуглекислого газу та виділення кисню високопродуктивними біоенергетичними культурами.

них метрів повітря, що має важливе екологічне значення для густонаселених районів України. В процесі вирощування павловнії значно покращує деградовані, маргінальні ґрунти, при спалюванні її викиди в атмосферу практично відсутні (табл.1). Деревя павловнії вбирають в 10 разів більше CO₂, ніж будь-які інші й ростуть набагато швидше, ніж традиційні біоенергетичні культури тополя та верба. Листкова поверхня одного дерева павловнії поглинає в середньому 15-20 кг вуглекислого газу [3].

Дерева павловнії за рахунок високого вмісту таніну стійка до пошкодження комахами та термітами. Вологостійкий деревний матеріал важко абсорбує воду, що, у свою чергу, сприяє економічній витраті лаків. Вироби з павловнії не піддаються впливу атмосферних умов, не змінюють свою форму і розмір. Завдяки цій своїй властивості вона не піддається гниттю, що робить деревину павловнії незамінною в судно- та літакобудуванні.

Дерева павловнії як матеріал широко використовують в будівництві й оформленні житлових та не житлових приміщень, виготовленні різних предметів інтер'єру, меблів, фанери і т.д. Окрім будівельної індустрії дерева павловнії завдяки високій тепловіддачі широко використовуються в якості сировини (альтернативного джерела енергії) для виробництва паливних гранул та брикетів. Її також використовують в якості сировини для виробництва біоетанолу. Вчені розробили нову технологію, що ґрунтується на комбінуванні термохімічного та біотехнологічного методів,

в результаті яких із тони сухої деревини виробляють 510 літрів етанолу.

Культура павловнії є невибагливою в обслуговуванні, тому вкладення окуповуються доволі швидко за рахунок інтенсивних темпів приросту та обсягу кінцевої продукції. Насадження цієї культури здатні запобігти ерозійним явищам у родючих ґрунтових горизонтах, відновлювати в найкоротші терміни ділянки землі, що постраждали від пожеж, зсувів, селів та інших природних руйнувань. Технологія вирощування швидкорослих дерев дозволяє за короткий термін отримати якісну ділову деревину, зберігаючи дерева, термін відтворення яких становить від 50 років [5;6].

Дерево павловнії родом з Китаю, відоме під ім'ям «Кірі», сьгоднішню назву отримало від російської графині Ганни Павлівни, дочки царя Павла I. Завдяки високим якісним показникам та швидкому приросту біомаси в світі дерево називають «Дерево принцеси», або «Дерево птаха Фенікса» – представник м'якої породи дерев, що набирає біомасу до 140-160 т/га за три роки й росте з неймовірною швидкістю 3-5 м на рік [7;8].

В середині 19 століття культура павловнії швидко поширюється по всій території Італії та східній Європі. Старовинні літописи доводять, що використання деревини павловнії датуються більше 2000 років н.е. та є елементом національної традиції в країнах сонця. В Японії використовують символіку листя павловнії в якості емблеми на кабінеті міністрів та на грошовій одиниці – єнах. Китай на даний час вирощує павловнію на площі 2,5 млн. га,

з яких на 1,3 млн га завдяки різним комбінованим способам та технологіям сумісних посадок. Наприклад, у міжряддях рослин павловнії висаджують суміжні культури: овочі, бавовну, кукурудзу, чай та ін. Морозостійкі гібриди павловнії витримують температуру від -27 до +40. Основна вимога: в період активного росту рослин павловнії потребують достатньої кількості вологи.

До позитивних якостей культури можна віднести те, що після зрізання деревини в будь-який час року її не потрібно повторно висаджувати, вона заново відростає.

Рід Павловнія (Paulownia) містить декілька видів, у яких є схожі якості й тому їх називають загальною назвою павловнії: P.Australis P. Catalpifolia P. Coreana P. Duclouxii P. Elongata P. Fargesii P. Fortunei P. Glabrata P. Grandifolia P. Imperialis P. Kawakamii P. Lilacina P. Longifolia P. Meridionalis P. Mikado P. Recurva P. Rehderiana P. Shensiensis P. Silvestrii P. Taiwaniana P. Thyrsoides P. Tomentosa P. Viscosa.

Виробники деревини для створення промислових плантацій висаджують шість найбільш поширених видів павловнії: P.Elongate, P.Fargesii, P.Fortunei, P.Giabrata, P.Taiwaniana, P.Tormentosa.

Насіння павловнії дуже дрібне – 1 г містить 2600-3300 шт. насінин, схожість – в залежності від сорту й може досягати 70-90 %.

Дерева павловнії є ефективною сировиною для виробництва целюлози – природного полімерного матеріалу, який є одним із найважливіших напівфабрикатів для паперової, текстильної та хімічної промисловості. На даний час в Україні основною рослинною сировиною для виробництва целюлози є деревина хвойних і листяних порід. Але за останні 20-30 років у світі все частіше сировину отримують із однорічних рослин і швидкорослих дерев. Технології вирощування інтенсивного лісу при належному підході до організації мають цілий ряд додаткових переваг. Щорічне використання сидератів і сезонних с/г культур дають можливість комбінаторики ведення аграрного виробництва.

Порівняно з іншими видами дерев, деревина павловнії рівна та легка, що доволі важливий показник для переробки, її середня маса становить біля 280-300 кг/м³ при сушінні на відкритому повітрі. Деревина павловнії загоряється тільки при високих температурах (420-430°C), її теплотворна здатність – 4,669.5 ккал/кг (18,520 Дж/кг) при вологості 40%. Вона добре зберігає тепло і швидко сохне (24-28 годин в сушарці і 30-60 днів на відкритому повітрі). Деревина дуже м'яка, але при завантаженнях не піддається деформуванню, ззовні схожа на ясен, на ринку коштує 100-120 €/ м³.

Павловнія в зрілому віці може досягати 30 м у висоту і від 0,30 до 1 м в діаметрі. Рослини можуть рости на бідних або еродованих ґрунтах. Створення промислових плантацій павловнії на схилі землях допомагає зміцнити й уникнути ерозії.

Екологи визнали павловнію найбільшим поглинувачем вуглекислого газу, внаслідок чого в процесі фотосинтезу забезпечується максимальна кількість кисню в повітрі.

Росте дерево в середньому до ста років, після кількох вирубок дерево відростає з пенька, декілька разів самостійно регенерує з коренів і здатне рости в екстремальних температурних умовах на різних типах ґрун-

Таблиця 1.

Емісії* шкідливих речовин в атмосферу при використанні 1000 т органічного палива та павловнії

Шкідливі речовини в кг газу	Паливо		
	Тріска павловнії	Вугілля	Дизельне паливо
SO	0	1750	277
NO	0	1550	5250
CO	0	7	0
CH ₄	0	7	0
CO ₂	187	550	775
Інші шкідливі речовини	0	140	2800 *

*Дані емісії взято з NREL



Рис. 2. Насіння павловнії сорту *Tomentosa* на дослідній ділянці ІБКЦБ НААН України.

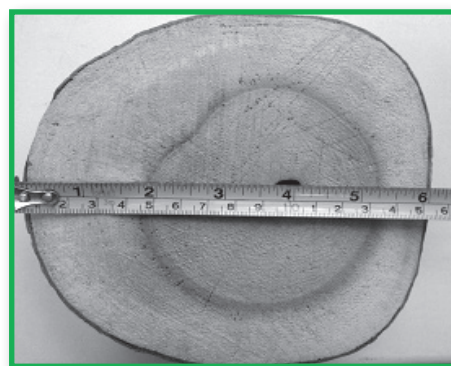


Рис. 3. Дворічний стовбур павловнії Клон *in-vitro* 112, (діаметр 15–16 см).

тів. Також це дерево не виснажує родючий шар ґрунту, дає нові пагони після вирубки й не вимагає повторної посадки дерев протягом повних 5-6 робочих циклів. Основний період зростання дерева – перші три роки вегетації. Ріст деревини відбувається до п'яти метрів в рік і це є найвищим показником в світі з продуктивністю 0,5-0,6 мЗ деревини на одне дерево; за 7-8 років можна отримати приріст розміром в 1,0 мЗ.

Потужна листкова маса з павловнії дуже часто використовується для годівлі травоядних тварин (корови, вівці, кози та ін.). Поживні характеристики біомаси близькі до люцерни й конюшини, передусім за вмістом до 20 % протеїнів (білків) та мікроелементів. Завдяки особливо великим розмірам вони утворюють тінь і зберігають ґрунтову вологість, створюючи при цьому сприятливий мікроклімат рослинам, котрі вирощують спільно з нею. Після листопада листова маса збагачує ґрунт органічною речовиною і покращує її структуру.

Ще одним додатковим джерелом доходу при вирощуванні павловнії є її медоносні властивості. Навесні дерева павловнії неймовірно красиво цвітуть декоративними запашними білими або фіолетовими квітами. Запах дуже приваблює бджіл, а тому розміщення пасіки поблизу плантації приносить додатковий прибуток близько 700 кг меду з гектара. До того ж мед з павловнії запашний, прозорий, не кристалізується, схожий на акацієвий та має лікувальні властивості при лікуванні бронхітів і легень.

Висновки. З метою поліпшення екологічного стану довкілля, збільшення обсягів використання відновлювальних джерел енергії необхідно збільшувати площі під посадками енергетичних плантацій, зокрема, павловнії.



Рис. 4. Листки однорічної павловнії Клон *in-vitro* 112.



Рис. 5. Квіти трьохрічного дерева павловнії Клон *in-vitro* 112.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bondar V.S., Fursa A.V. & Humenyk M.Ya. (2018). Bioenergy development strategy and priorities in Ukraine. *Ekonomika APK*, No 3. 17-25 (in Ukrainian)
2. V. M. Sinchenko¹, V. S. Bondar¹, M. Ya. Gumentyk¹, Yu. A. Pastukh. Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development. *Ukrainian Journal of Ecology Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, 10(1), С. 85-89, 10.15421/2020_13 UDC620.95(477)
3. Giampietro M., & Ulgiati S. (2005). Integrated Assessment of Large-Scale Biofuel Production. *Critical Reviews in Plant Sciences*. URL: <https://doi.org/10.1080/07352680500316300> (data zvernennia: 14 chervnia 2018) (in Brazil)
4. WBA Global Bioenergy Statistics. (2017). URL: https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf (data zvernennia: 02 lypnia 2018) (in Belgium)
5. A. Koleva. Paulownia – a source of biologically active substances. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans vol.14.5.2011*. 1061-1068
6. І. Катеринчук «Павловнія – зелена перспектива біоенергетики» Ж. Пропозиція № 10 2019. с.34-39. paulowniagroup.com.ua
7. Kaymakci A. Ayrlimis, "Surface Roughness and Wettability of Polypropylene Composites Filled with Fast-Growing Biomass: Paulownia elongata Wood," *Journal of Composite Materials*, 2013. <http://dx.doi.org/10.1177/0021998313480199>.
8. Шретер А. И., Панасюк В. А. Словарь названий растений = Dictionary of Plant Names / Межд. союз биол. наук. Нац. к-т биологов России, Всерос. ин-т лек. и ароматич. растений Рос. сельскохоз. академии; Под ред. проф. В. А. Бькова. — Кенигштейн/Таунус (Германия): Кельтц Сайентифик брукс, 1999. — С. 123. — 1033 с. — ISBN 3-87429-398-X.
9. Paulownia // Словник українських наукових і народних назв судинних рослин / Ю. Кобів. — Київ : Наукова думка, 2004. — С.304.— 800 с. — (Словники України). — ISBN 966-00-0355-2.
10. Павловнія: нові можливості для аграріїв. Режим доступу: E-mail: sugarbeet@ukr.net.

АНОТАЦІЯ

УДК 633.282:631.332.81 © 2020

ПАВЛОВНІЯ - ВИСОКОПРОДУКТИВНА КУЛЬТУРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА ТА ДЕРЕВИНИ

Гументик М. Я., Ягольник О.О.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН вул. Клінічна, 25, м Київ, 03110, Україна E-mail: hmy@ukr.net

Мета. Створення в Україні власної сировинної бази для розвитку біопаливної галузі шляхом використання енергоефективних технологій вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, у т.ч. й павловнії, на спеціальних енергетичних плантаціях, які поряд із високим приростом біомаси для виробництва біопалива активно поглинають із атмосфери вуглекислий газ та виділяють значну кількість кисню.

Методи дослідження. Польовий, обліковий, статистичний, аналітичний. **Результати.** Енергетичні плантації на основі деревних культур, які за мінімальний період дають можливість отримати значний обсяг високоякісної деревної продукції, називають «інтенсивним лісом». Цей напрям бізнесу є новим, що вже зарекомендував себе у світовій практиці як один з найприбутковіших і надійних шляхів інвестицій. Найінтенсивніше даний процес відбувається у високопродуктивних біоенергетичних культур групи С4, таких як: павловнія, цукрове сорго, кукурудза та цукрові буряки. Як правило, вкладені кошти окупуються вже на 3-5 рік від початку посадки енергетичної плантації. Для плантацій з коротким терміном вегетації використовують переважно швидкозрілі дерева, що дозволяє скоротити термін їх вегетації з 10-20 до 3-5 років. Такого роду деревину зі спеціально створених енергетичних плантацій можна використовувати як ділову та переробити частину сировини з відходів, що складає біля 50% у вигляді гілля, на паливну тріску. **Висновки.** Обґрунтовано доцільність вирощування високопродуктивної біоенергетичної культури павловнії в різних ґрунтово-кліматичних зонах країни з метою отримання сировини для виробництва біопалива та будівельної промисловості. В Україні для цього є всі необхідні передумови.

ABSTRACT

UDC 633.282: 631.332.81 © 2020

Paulownia - highly productive culture for the production of biofuels and wood

Humentyk M. Ya., Yagolnyk O.O.

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., 03110 Kyiv, Ukraine E-mail: hmy@ukr.net

Purpose. Creating Ukraine's own feedstock base for the development of the biofuel industry through the use of energy-efficient technologies for growing high-yielding bioenergy crops on special energy plantations, which, along with high biomass growth for biofuel production, actively absorb carbon dioxide and emit significant amounts of oxygen. **Research methods.** Field, accounting, statistical, analytical. **Results.** Energy plantations of wood crops, which in a short term gives an opportunity to obtain a variety of high quality wood products. This line of business is new, which has already proven itself in world practice as one of the most profitable and reliable ways of investment. This process occurs most intensively in highly productive bioenergy crops of group C4, such as: paulownia, sugar sorghum, corn and sugar beets. As a rule, the invested funds are repaid for 3-5 years from the beginning of planting the energy plantation. For plantations with a short growing season, mostly fast-growing trees are used, which allows to reduce the growing season of trees from 10-20 to 3-5 years. This type of wood from specially created energy plantations can be used as a business and to process part of the raw material from waste, which is about 50% in the form of twigs, for fuel chips. **Conclusions.** The expediency of growing highly productive bioenergy crop of paulownia in different soil and climatic zones of the country in order to produce feedstock for the construction industry and biofuel production is substantiated. Ukraine has all the necessary prerequisites for this.