

13. Silske gospodarstvo Ukrainy za vidpovidni roky. Statystychnyi zbirnyk. Kyiv : Derzhstat Ukrainy. [in Ukrainian].
14. Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za vidpovidni roky / za red. O.H. Osaulenka. Kyiv : Derzhstat Ukrainy. [in Ukrainian].
15. Stoymost toplyva na zapravkakh Ukrainy. URL: [https:// vseazs.com/#](https://vseazs.com/#). [in Russian].
16. Church N. Why our food is so depend on oil? 1 April 2005/ Available at <http://www2.energybulletin.net/node/5045> [in English].

#### Інформація про автора

**ЗАХАРЧУК Олександр Васильович**, д-р екон. наук, зав. відділу інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення, ННЦ «Інститут аграрної економіки» (м. Київ, вул. Героїв Оборони, 10); *e-mail: zahar-s@ukr.net*

**ЗАХАРЧУК Александр Васильевич**, д-р екон. наук, зав. отделом инвестиционного и материально-технического обеспечения, ННЦ «Институт аграрной экономики» (г. Киев, ул. Героев Обороны, 10); *e-mail: zahar-s@ukr.net*

**ZAKHARCHUK Oleksandr Vasylovych**, doctor of econ. sciences, head of the department investment and logistics, NSC "Institute of Agrarian Economics" (10, Heroiv Oborony st., Kyiv); *e-mail: zahar-s@ukr.net*



УДК 338.43:664.1

DOI: 10.37128/2411-4413-2019-10-6

**ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ  
КУЛЬТУР ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ  
БІОПАЛИВА ©**

**ДОРОНІН А.В.**,  
кандидат економічних наук,  
старший науковий співробітник,  
начальник відділу землеробства,  
меліорації та механізації,  
Національна академія  
аграрних наук України  
(м. Київ)

*В статті проведено аналіз частки енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії розвинених країн світу та України. Енергетична проблема в світі з кожним роком інтенсивно загострюється внаслідок постійного виснаження джерел енергії, що змушує інтенсивно впроваджувати відновлювальні джерела енергії, провідне місце серед яких займає рослинна біомаса. Визначено, що у структурі виробництва відновлюваних джерел енергії в Україні найвагомішу частку займають біопаливо та відходи. При цьому у структурі енергоспоживання на основі відновлюваних джерел частка біопалива та відходів в Україні з роками збільшується. Розглянуто перспективи використання продукції рослинництва для виробництва альтернативного пального. В Україні є значні площі малопродуктивних земель на яких можна вирощувати біоенергетичні культури такі як енергетична верба, міскантус та інші. Висвітлено еколого-економічні аспекти виробництва альтернативних видів палива в Україні. Обґрунтовано пропозиції щодо підвищення ефективності виробництва альтернативних видів палива з продукції сільського господарства. Доведена необхідність і економічна доцільність виробництва і використання біопалива.*

**Ключові слова:** біоенергетичні культури, енергетична верба, міскантус, біопаливо, ефективність, альтернативна енергетика.

**Табл.: 3. Літ.: 15.**

## GROWING OF BIOENERGY CULTURES AS RAW MATERIALS FOR BIOFUELS

**DORONIN Andrii,**  
*Candidate of Economic Sciences,*  
*Senior Researcher, Head of the Department of Agriculture,*  
*Melioration and Mechanization*  
*National academy of agrarian sciences of Ukraine*  
*(Kyiv).*

*The analysis of the energy share from renewable sources in gross final energy consumption in developing countries and in Ukraine is presented in the paper. Every year, the energy problem in the world is aggravated by the constant depletion of energy sources, forcing intensive introduction of renewable energy sources, the leading place among which is plant biomass. It has been determined that biofuel and waste have the largest share in the production structure of renewable energy sources in Ukraine. But in the structure of energy consumption based on renewable sources the share of biofuel and waste increases constantly in Ukraine. The prospects of the use of crop production output for the manufacture of alternative fuel at farm enterprises in Ukraine were considered. In Ukraine, there are large areas of low-productive land where bioenergy crops can be grown, such as energy willow, miscanthus and others. Ecological-economical production aspects of alternative kinds of fuel in Ukraine were revealed. The suggestions as to the increase of the production efficiency of alternative kinds of fuel from agricultural output were motivated. The necessity and economic expediency of the production and consumption of biofuel in the context of food and energy safety of Ukraine were proved.*

**Key words:** bioenergy crops, energy willow, miscanthus, biofuels, efficiency, alternative energy.

**Tabl.: 3. Ref.: 15.**

## ВЫРАЩИВАНИЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОТОПЛИВА

**ДОРОНИН А.В.,**  
*кандидат экономических наук,*  
*старший научный сотрудник,*  
*начальник отдела земледелия, мелиорации и механизации*  
*Национальная академия аграрных наук Украины*  
*(г. Киев)*

*В статье проведен анализ доли энергии из возобновляемых источников в валовом конечном потреблении энергии развитых стран мира и Украины. Энергетическая проблема в мире с каждым годом интенсивно обостряется вследствие постоянного истощения источников энергии, заставляет интенсивно внедрять возобновляемые источники энергии, ведущее место среди которых занимает растительная биомасса. Определено, что в структуре производства возобновляемых источников энергии в Украине весомую долю занимают биотопливо и отходы. При этом в структуре энергопотребления на основе возобновляемых источников доля биотоплива и отходов в Украине с годами увеличивается. Рассмотрены перспективы использования продукции растениеводства для производства альтернативного топлива. В Украине есть значительные площади малопродуктивных земель на которых можно выращивать биоэнергетические культуры, такие как энергетическая верба, мискантус и другие. Освещены эколого-экономические аспекты производства альтернативных видов топлива в Украине. Обоснованы предложения по повышению эффективности производства альтернативных видов топлива из продукции сельского хозяйства. Доказана необходимость и экономическая целесообразность производства и использования биотоплива.*

**Ключевые слова:** биоэнергетические культуры, энергетическая верба, мискантус, биотопливо, эффективность, альтернативная энергетика.

**Табл.: 3. Лит.: 15.**

**Постановка проблеми.** Провідні країни світу прийшли до розуміння необхідності широкої інтеграції в області розвитку альтернативних джерел енергії, що обумовлено глобальною зміною клімату і екологічною шкодою, яку завдали тривалим використанням традиційних невідновлюваних вуглеводневих енергоресурсів. Разом з тим, енергетична проблема світу з кожним роком інтенсивно загострюється внаслідок постійного виснаження джерел енергії. З цієї

причини людство все більше уваги виявляє до альтернативних джерел енергії. Саме вона в перспективі забезпечить людині отримання енергії як для життя через споживання продовольства, так і для її діяльності в результаті використання альтернативного палива.

З огляду на аграрно-промислову спрямованість економіки України та сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування рослин, найперспективнішим сегментом відновлюваної енергетики для нашої держави є біоенергетика. Особливого значення набувають питання енергетичної безпеки країни, зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв, перш за все природного газу. Тому виробництво і використання альтернативних видів палива прискорить вирішення таких стратегічних цілей для розвитку України як зменшення залежності виробників від імпорту палива та забезпечення екологічно безпечного власного виробництва біопалива за нижчою ціною, що в свою чергу забезпечить енергетичну та екологічну безпеку держави.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням актуальних питань виробництва біопалива в Україні займаються такі вчені, як Г. Калетнік, М. Коденська, М. Роїк, В. Сінченко, О. Ганженко, П. Саблук, О. Шпичак, О. Захарчук, В. Бондарь, А. Фурса та ін. Однак, потребує додаткового вивчення питання ефективності вирощування біоенергетичних культур на малопродуктивних землях як сировини для біопалива.

**Метою статті** є обґрунтування практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності виробництва біопалива з продукції сільського господарства та розробка шляхів забезпечення сталого розвитку ринку альтернативних видів палива України.

Для досягнення мети дослідження було застосовано методи системного аналізу й логічного узагальнення для вивчення передумов вирощування біоенергетичних культур на малопродуктивних землях як сировини для біопалива; порівняльний аналіз – у процесі аналізу статистичної інформації; розрахунково-конструктивний – при визначенні ефективності вирощування біоенергетичних культур; індукції та дедукції – для узагальнення результатів дослідження; абстрактно-логічний – при формулюванні висновків і пропозицій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Необхідність виробництва і використання альтернативних видів палива диктується як вичерпанням невідновлювальних енергетичних ресурсів, так і великою кількістю екологічних проблем, які виникають перш за все за рахунок використання традиційних енергетичних джерел. Енергетичні потреби в світі покриваються за рахунок нафти на 36 %, вугілля – на 29 %, газу – на 24 %, ядерного палива – на 7 % [1].

Однією з гострих проблем є збільшення концентрації вуглекислого газу та глобальне потепління в тому числі за рахунок зростання видобутку та переробки вуглеводів технологічного прогресу. Через безперервний ріст вживання корисних копалин (газ, вугілля, нафта) росте концентрація токсичних елементів в атмосфері. В умовах зменшення запасів традиційних видів палива та обмежених можливостей збільшення природних відновлюваних енергетичних ресурсів використання енергії біомаси для виробництва твердих, рідких та газоподібних палив є необхідним.

Кількість біомаси у світі становить близько 110 млрд т/рік, з якої майже 4 млрд т/рік виробляється на оброблюваних землях. За останніми оцінками для енергетичних потреб у світі використовують лише близько 3 % енергетичного потенціалу біомаси. При цьому біомаса як паливо займає четверте місце у світі за обсягами її енергетичного використання. Частка біомаси в загальному постачанні первинної енергії сягає 10 %, що становить 1272 млн тонн нафтового еквіваленту в рік [2, с. 4].

Більшість розвинених країн світу активно розвивають програми одержання та використання біопалива з рослинної сировини. Директива Європейського Союзу RED 2009/28/EC [3] в якості обов'язкових показників встановлює 10 % використання відновлюваної енергії на транспорті і 20 % відновлюваної енергії в структурі загального споживання енергії до 2020 р., а до 2030 року ЄС планує забезпечити 25 % своїх потреб у пальному для дорожнього транспорту за рахунок чистих і ефективних видів альтернативного пального.

Вищезазначеною Директивою ЄС передбачено вимоги сталості щодо обмеження використання земель – біосировина не може вирощуватись на землях з високим показником біорізноманіття та високим вмістом органічної речовини. В Україні площі малопродуктивних земель оцінюють близько 8 млн га, що складає 25 % від продуктивних земель. На цих землях можливо одержувати значні обсяги біомаси високопродуктивних енергетичних культур: верби, тополі, міскантусу, світчграсу та ін.

В Україні частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії у 2015 р. становила 3,0 % [4]. Відновлювані джерела енергії в ЄС продовжуватимуть відігравати ключову роль в забезпеченні своєї потреби в енергії після 2020 року. З цієї причини держави-члени

ЄС вже домовилися про нову ціль відновлюваної енергетики в ЄС – не менше 27 % до 2030 року. Україна зобов'язана враховувати європейські норми по використанню біопалива у зв'язку зі вступом у 2011 р. до Європейського Енергетичного співтовариства. Згідно Національного плану дій з відновлення енергетики на період до 2020 року Україні необхідно забезпечити доведення біологічної складової у моторному паливі до 10 % і відновлюваної енергії в структурі загального споживання енергії – 11 % [5].

У структурі виробництва відновлюваних джерел енергії в Україні за 2016 р. найвагомішу частку займали біопаливо та відходи – 81 %. При цьому у структурі енергоспоживання на основі відновлюваних джерел частка біопалива та відходів з роками збільшується від 63,2 % у 2007 р. до 78,3 % у 2016 р. [4]. При цьому в структурі кінцевого енергоспоживання відновлюваних джерел енергії в країнах ЄС опалення та охолодження становить – 49,7 %, а в Україні – 66 %; відповідно електрична енергія – 42,2 %, в Україні – 31 %; транспорт – 8,1 % та 3 % в Україні [4, 5].

Для України найперспективнішим видом біоенергетики є фіто-енергетика, яка базується на сировині рослинного походження. Сировиною для виробництва твердого біопалива здебільшого є відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солома зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо. Надходження такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективності роботи заводів з виробництва твердого біопалива. Тому на особливу увагу заслуговує напрям, пов'язаний із забезпеченням сировиною виробників твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних дерев та багаторічних рослин, що дасть змогу щорічно отримувати задану кількість біомаси необхідної якості [6].

В Україні передбачено компенсацію різниці між економічно обґрунтованим тарифом на виробництво тепла з біопалива і збитковим тарифом на виробництво теплової енергії для потреб населення. Крім того, працює механізм відшкодування 20 % суми кредиту для населення на придбання твердопаливних котлів. Також затверджено Дорожню карту заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу та розвитку відновлювальної енергетики на період до 2020 року.

Впровадження цих заходів дозволило впродовж останніх років втричі збільшити частку біопалива у загальній структурі кінцевого споживання енергії в Україні – з 1,3 % у 2010 р. до 3,8 % у 2017 р. (табл. 1) [7].

Таблиця 1

**Структура кінцевого споживання енергії в Україні за 2010–2017 рр.**

Рік	До обсягів кінцевого споживання, %					
	природний газ	вугілля та торф	сира нафта та нафто-продукти	електроенергія	теплоенергія	біопаливо
2010	38,4	11,3	16,5	15,6	16,9	1,3
2013	35,9	12,5	16,2	17,0	16,8	1,6
2014	34,1	14,9	16,5	18,0	14,5	2,0
2015	31,5	12,4	18,6	20,1	14,8	2,5
2016	30,3	12,2	18,7	19,6	15,9	3,3
2017	29,9	10,4	20,1	20,2	15,6	3,8

Джерело: сформовано автором за даними [7]

Натомість зменшилась частка використання природного газу – з 38,4 % у 2010 р. до 29,9 % у 2017 р., відповідно вугілля та торфу – з 11,3 % у 2010 р. до 10,4 % у 2017 р. Тобто в Україні створені всі передумови для активного виробництва і використання біопалива.

Згідно Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» (№5485-VI, від 20.11.2012 р.) передбачено встановлення, починаючи з 1 квітня 2013 р., «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену з біогазу та біомаси, стимулює потік інвестицій у цей сектор біоенергетики [8].

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування багаторічних енергетичних рослин, здатних інтенсивно трансформувати енергію сонця в енергомістку біомасу. Ці рослини не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів, запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращанню агро-екосистем та забезпечують низьку собівартість високоякісної біомаси.

В Україні є велика кількість малопродуктивних земель, на яких можна активно розвивати плантаційне вирощування енергетичної біомаси, в тому числі – верби, тополі, міскантусу, світчґрасу та ін. Бракує тільки законодавчих стимулів у вигляді пільг та компенсацій на створення енергетичних плантацій та інших стимулюючих механізмів подібних до європейських [9].

За даними Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН потенційний вихід твердого біопалива з багаторічних енергетичних культур може складати 35,8 млн т на рік, що еквівалентно 16,3 млрд куб м природного газу (табл. 2) [10].

Таблиця 2

**Потенційний вихід твердого біопалива з багаторічних енергетичних культур**

Назва культури	Площа плантацій, млн га	Щорічна урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, млн т/рік	Еквівалент природного газу, млрд куб.м
Верба, тополя	1,5	15	24,8	11,3
Міскантус, світчграс	0,5	20	11,0	5,0
<b>Разом</b>	2	-	35,8	16,3

Джерело: сформовано за даними [10]

Нині у світі існують декілька економічно доцільних технологій підготовки та переробки біомаси, особливо перспективним є метод гранулювання, що дозволяє підвищити ефективність отримання енергії у вигляді твердого палива. Паливні гранули – це високопродуктивне паливо, вироблене в результаті переробки біомаси методом пресування під великим тиском у спеціальній матриці.

Для визначення доцільності інвестування у біоенергетичні культури цінну інформацію надає показник енергетичної ефективності технології їх вирощування – енергетичний коефіцієнт, який визначається через співвідношення акумульованої енергії в їх урожаї із енергією, затраченою на вирощування біомаси.

Одним із варіантів енергетичного коефіцієнта є критерій чистого енергетичного коефіцієнта – *NER* (*net energy return*) біопалива, отриманого з таких рослин. Він розраховується як відношення сукупної енергії, акумульованої в одиниці біопалива, до величини енергозатрат, необхідних для здійснення усіх технологічних процесів виготовлення біопалива (табл. 3) [11; 12; 13].

Таблиця 3

**Чистий енергетичний коефіцієнт біопалива з окремих біоенергетичних культур**

Культура	Вид біопалива	Чистий енергетичний коефіцієнт ( <i>NER</i> )
Енергетична верба	паливна тріска	16,6-55,3
Міскантус	суха біомаса	20,8-54,3

Джерело: сформовано за даними [11; 12; 13]

Як бачимо, у порівнянні з іншими біоенергетичними культурами, енергетична верба, разом з міскантусом, характеризуються найвищими енергетичними коефіцієнтами, які можуть досягати значень 54,3 і 55,3. Це свідчить про значну енергетичну ефективність інвестування у плантації вищезгаданих біоенергетичних культур.

Порівняно з посівами продовольчих культур, біоенергетичні плантації потребують меншої кількості добрив і гербіцидів, і добре ростуть на землях, які є малоприсадибними для ведення сільського господарства [14]. Оскільки немає щорічної обробки ґрунту, то енергетичний баланс таких біоенергетичних культур поліпшується порівняно з традиційними сільськогосподарськими культурами. Вони мають потенціал, щоб не тільки забезпечити енергетичну безпеку за рахунок використання біомаси для виробництва поновлюваної енергії, а й для забезпечення інших екосистемних потреб.

Найпопулярнішою в Україні є енергетична верба. Слід відмітити, що спочатку треба пройти етапи підготовки, садіння, енергетичного зрізу (щоб рослина мала вигляд куща, а не дерева, і в подальшому її можна було збирати спеціальною технікою). Тобто потрібно один раз зробити капітальні інвестиції, після чого протягом приблизно 25 років отримувати прибутки. Виробники засвідчують, що мають стабільний попит на тріску, яка вже є готовим ресурсом для спалювання в котлах, або її переробляють на паливні пелети чи брикети.

Найвищий рівень рентабельності досягається при реалізації тріски верби без її попередньої обробки з вологістю 50 % за ціною 1085 грн/т, рівень рентабельності дорівнює – 216,2 % (24-й рік вегетації енергетичної верби) [15].

Розв'язання проблеми динамічного виробництва альтернативних видів палива потребує створення відповідного ринку біоенергетичних культур як сировини для виробництва біопалива, використання малопродуктивних земель, придатних для вирощування енергетичних культур.

**Висновки.** Таким чином, відновлювані джерела енергії в розвинених країнах світу продовжують відігравати ключову роль в забезпеченні своєї потреби в енергії. У структурі виробництва відновлюваних джерел енергії в Україні найвагомішу частку займають біопаливо та відходи. В Україні є всі необхідні передумови для прискореного розвитку біоенергетики, нормативно-правового, науково-технічного та фінансового забезпечення її успішного функціонування. При цьому використання біоенергетичних плантацій на малопродуктивних землях має багато позитивних моментів, зокрема:

- відбувається посилення енергонезалежності населених пунктів або цілих регіонів від постачання зовнішніх енергоносіїв з виробництва теплової енергії, електроенергії;

- знижується залежність від ринкових цін на енергоносії;

- створюються додаткові робочі місця;

- ефективно використовуються малопродуктивні землі;

- відбувається розвиток малого та середнього бізнесу;

- підвищується інвестиційна привабливість малопродуктивних земель.

Крім того, маємо екологічний ефект від вирощування біоенергетичних культур на малопродуктивних землях:

- відбувається збагачення ґрунту мінералами, мікроелементами та речовинами природного походження, внаслідок чого такі земельні ресурси матимуть низький ступінь деградації і швидко відновлюватимуться;

- при спалюванні біоенергетичних культур дає високу тепловіддачу, а також низькі викиди вуглекислого та парникових газів, які переробляються рослиною в період її росту в процесі фотосинтезу, де протилежною стороною цього процесу є виділення кисню;

- сповільнюється процес ерозії ґрунту;

- ґрунт очищується від пестицидів, оскільки енергетичні культури є ще і природним фільтром.

Для забезпечення сталого розвитку ринку альтернативних видів палива України необхідна кооперація двох напрямів – виробництва сировини для біопалива та кінцевої продукції у вигляді енергії.

#### Список використаних джерел

1. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк Г.П. та ін. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива. Київ : Аграр Медія Груп, 2010. 403 с.

2. Ігнатенко О.П. Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні. Використання біомаси у муніципальному секторі. Київ. 2016. 168 с.

3. Directive 2009/28/EC of the european parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>

4. Енергоспоживання на основі відновлювальних джерел за 2007 – 2016 роки. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

5. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS : Renewable Energy Progress Report. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/EN/COM-2017-57-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>

6. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимошук В. Л. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні. *Біоенергетика*. 2015. №1. С. 5–8.

7. Енергетичний баланс України за 2017 рік. Державна служба статистики України. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/en\\_bal/arh\\_2017.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/en_bal/arh_2017.htm)

8. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії. *Закон України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5485-17>

9. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України. *Українська енергетика*. URL: <http://ua-energy.org/post/27476>

10. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. URL: <http://bio.gov.ua>.

11. Connor D. J. & Hernandez C. G. Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University*. 2009. P. 70.

12. Keoleian, G. A., Volk, T. A. Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. P. 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334
13. Lewandowski I., Schmidt U. Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. P. 335–346. doi:10.1016/j.agee.2005.08.003
14. Njakou Djomo S., El Kasmioui O., et.al. Energy and climate benefits of bioelectricity from low-input short rotation woody crops on agricultural land over a two-year rotation. *Appl Energy*. 2013. Vol. 111. P. 862–870.
15. Сінченко В.М. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під заг. ред. доктора с.-г. наук В.М. Сінченка. Вінниця : ТОВ Ніланд-ЛТД. 2015. 340 с.

### References

1. Blium Ya. B., Heletukha H. H., Hryhoriuk H. P. ta in (2010). *Biologichni resursy i tekhnologii vyrobnytstva biopalyva* [Biological resources and technologies for biofuel production]. Kyiv: Ahrar Mediai Hrup. [in Ukrainian].
2. Ihnatenko O. P. (2016). *Rozvytok ta komertsializatsiia bioenerhetychnykh tekhnologii u munitsypalnomu sektori v Ukraini. Vykorystannia biomasy u munitsypalnomu sektori* [Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine. Utilization of biomass in the municipal sector]. Kyiv [in Ukrainian].
3. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>
4. Enerhospozhyvannia na osnovi vidnovliuvalnykh dzherel za 2007 – 2016 roky [Energy from renewable energy sources for 2007-2016]: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. URL <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
5. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS : Renewable Energy Progress Report. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/EN/COM-2017-57-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
6. Roik M.V., Hanzhenko O.M., Tymoshchuk V.L. *Kontseptsiiia vyrobnytstva i vykorystannia tverdykh vydiv biopalyva v Ukraini* [The concept of production and use of solid biofuels in Ukraine]. *Bioenerhetyka* [Bioenergy]. 2015. №1. P. 5–8 [in Ukrainian].
7. Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2017 rik [Energy balance of Ukraine for 2017]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. URL [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/en\\_bal/arh\\_2017.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/en_bal/arh_2017.htm) [in Ukrainian].
8. Pro vnesennia zmin do Zakonu Ukrainy «Pro elektroenerhetyku» shchodo stymuliuвання vyrobnytstva elektroenerhii z alternatyvnykh dzherel enerhii [On Amendments to the Law of Ukraine «On Electricity» on the promotion of electricity production from alternative energy sources]. *Zakon Ukrainy* [Law of Ukraine]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5485-17> [in Ukrainian].
9. Ivakhiv V. *Enerhetychna verba yak rishennia dlia malykh mist Ukrainy* [Energy willow as a solution for small cities of Ukraine]. *Ukrainska enerhetyka* [Ukrainian Energy]. URL: <http://ua-energy.org/post/27476> [in Ukrainian].
10. Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN [Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS]. URL: <http://bio.gov.ua> [in Ukrainian].
11. Connor D. J. & Hernandez C. G. (2009) Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University*. P. 70.
12. Keoleian G. A., Volk T. A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*. P. 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334
13. Lewandowski I., Schmidt U. (2006). Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. P. 335–346. doi:10.1016/j.agee.2005.08.003
14. Njakou Djomo S., El Kasmioui O., et.al. (2013). Energy and climate benefits of bioelectricity from low-input short rotation woody crops on agricultural land over a two-year rotation. *Appl Energy*. Vol. 111. P. 862–870.

15. *Sinchenko V.M.* Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia [Energy willow: technology of cultivation and use]. Pid zah. red. doktora s.-h. nauk V.M. Sinchenka. Vinnytsia : TOV Niland-LTD. 2015. 340 s. [in Ukrainian].

#### **Інформація про автора**

**ДОРОНІН Андрій Володимирович** – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу землеробства, меліорації та механізації, Національна академія аграрних наук України (адреса для листування: 02068, м. Київ, вул. Драгоманова, буд. 15-А, кв. 61, e-mail: doronin\_av@ukr.net).

**DORONIN Andrii** – Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Agriculture, Melioration and Mechanization, National academy of agrarian sciences of Ukraine (02068, Kyiv, Dragomanova Str. 15-A, h. 61, e-mail: doronin\_av@ukr.net).

**ДОРОНИН Андрей Владимирович** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, начальник отдела земледелия, мелиорации и механизации, Национальная академия аграрных наук Украины (адрес для переписки: 02068, г. Киев, ул. Драгоманова, д. 15-А, кв. 61, e-mail: doronin\_av@ukr.net).

