

С. В. Ярош,  
здобувач, кафедри економічної теорії та інтелектуальної власності,  
Житомирський національний агроекологічний університет

## СОЛОМА ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ РЕСУРС УКРАЇНСЬКОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Yarosh Svitlana,  
Applicant, of economics theory and intellectual property  
Zhytomyr National Agroecological University

### STRAW AS AN ALTERNATIVE ENERGY RESOURCE OF THE UKRAINIAN

*В сьогоденні нашої країни стоїть актуальне питання, щодо її енергонезалежності. Україна володіє величезним потенціалом біомаси - соломи, використання якої сьогодні, як біопалива вкрай мале, що пов'язано з відсутністю обладнання і техніки для правильного її збирання з полів та енергетичних установок, де можна її спалювати. Ця рослина є єдиною нішею у виробництві твердого біопалива, яка, по суті, не зайнята на сьогодні. В статті проведено аналіз дослідження вирощування зернових Житомирської області. Обґрунтовано, що в регіоні існує величезний потенціал невикористаної соломи, що може бути одним із найперспективніших джерел альтернативного виду палива не тільки для області але й для країни в цілому. Створено паливно-енергетичний паспорт регіону як основне інформаційне джерело та характеристика регіону в сфері ефективного енергозабезпечення. Визначено прогнозний потенціал соломи як альтернативного палива та зроблено оцінку щодо витрат енергії на її збір, підготовку для спалювання в котлоагрегатах. На основі зроблених оцінок прогнозуються можливі обсяги споживання визначеного альтернативного виду палива на перспективу.*

*At present our country is a topical issue, it energy independence. Ukraine has a huge potential of biomass - straw, which today, as biofuel is extremely small, due to the lack of equipment and technology for proper data collection from fields and power plants, where it can burn. This plant is the only niche in the production of solid biofuels, which, in fact, not busy today. In the article the analysis of researches cultivation of grain, Zhytomyr region. It is proved that in the region there is a huge potential of unused straw, which can be one of the most promising sources of alternative fuel, not only for the region but for the country as a whole. Created by the energy passport of the region as the main information source and characteristic of the region in the field of efficient energy supply. Determined the predictive potential of straw as an alternative fuel and the cost of energy to the collection, preparation for combustion in boilers. On the basis of projected estimates of possible volumes of consumption of a particular alternative fuel for the future.*

**Ключові слова:** альтернативні види палива, солома, енергетичний потенціал, паливно-енергетичний паспорт регіону, енергетична ефективність.

**Keywords:** alternative fuels, straw, energy potential, fuel your passport to the region, energy efficiency.

**Постановка проблеми.** В економіці України аграрний сектор займає одне з провідних місць, і одержання енергії з соломи це перспективний напрямок розвитку енергозабезпечення країни не порушуючи

природній екобаланс. Солома – це відновлювальний вид енергії період якого складає один рік. Вуглекислий газ, який утвориться під час спалювання соломи використовується в природньому річному круговороті речовин у природі. Переробка та використання соломи дозволить організувати нову важливу високоефективну підгалузь, створити багато тисяч робочих місць (збирання сировини, її перевезення до місць переробки, виробництво пелетів, проектування та виробництво технологічного обладнання для спалювання, організація системи спалювання, виробництво та споживання отриманої енергії, отримання екологічно чистого мінерального добрива на основі золи, яка утворюється під час спалювання соломи) [8].

Із суттєвим зниженням обсягів споживання природного газу у перспективі до 2030 р. року згідно з прогнозом [10] необхідно залучати нові найбільш доступні для країни власні альтернативні види палива в т.ч. солому. Україна володіє величезним потенціалом соломи, використання якої сьогодні вкрай мале, що пов'язано з відсутністю обладнання і техніки для правильного її збирання з полів та енергетичних установок в яких можливо її спалювати. Під час спалювання соломи на звичайних твердопаливних котлоагрегатах утворюється склоподібна речовина, яка виводить з ладу колосникові решітки теплогенеруючого обладнання, це пов'язано із хімічним складом соломи. Ця рослина є єдиною нішею у виробництві твердого біопалива, яка, по суті, не зайнята на сьогодні. Експерти оцінюють величину цього потенціалу по-різному, адже солома активно використовується ще і в тваринництві, частина її повинна залишатися на полі для відновлення ґрунту.

Разом з тим, недостатньо вивченим є питання ресурсного потенціалу, створення паливно-енергетичного паспорту регіону. У зв'язку з цим метою даної роботи є визначення енергетичного потенціалу соломи як альтернативного ресурсу Житомирської області та формування паливно-енергетичного паспорту регіону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням використання соломи як альтернативного виду палива в останній час присвячено багатьох праць, а саме: Акімов А., Здановський В. [8], Білодід В., Куц Г., А. [9], Соуфер А. [11], Вольчин І.А., Потапов А., Варнінг С., Юнкер Г. [12], Ottosen P., Jensen J.P. [13]. Усі ці праці висвітлюють важливість соломи як альтернативного палива, а зростаюча кількість наукових досліджень на дану тематику підтверджує їх значущість та практичну спрямованість.

**Виклад основного матеріалу.** У багатьох європейських державах важливе місце у їхньому паливно-енергетичному балансі займає солома. Спалювання соломи, що не використовується як корм або підстилка для тварин, у котлоагрегатах спеціальної конструкції є раціональним способом одержання теплової енергії. До основних переваг використання соломи як джерела енергії відносять високу тепловіддачу, екологічно чиста й легко відновлювана енергія, яка не потребує великих фінансових витрат, у тому числі при зберіганні, великий діапазон застосування. Як побічний продукт виробництва зерна, вона є відносно дешевим видом палива порівняно з традиційними видами (газом, вугіллям, мазутом). Важливо зазначити, що солома екологічно нейтральна, оскільки не збільшує вмісту парникових газів в атмосфері [8].

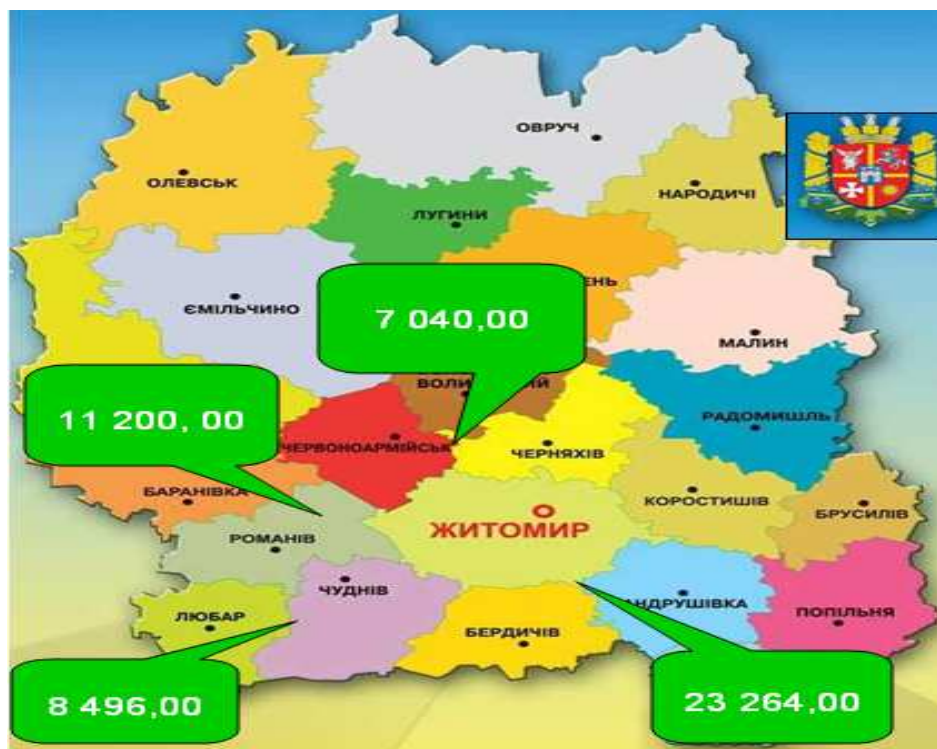


**Рис. 1. Способи використання соломи**

*Джерело: Власне дослідження*

З метою вивчення питання потенціалу запасу соломи, а саме перспективи використання тюкової соломи в якості альтернативного виду палива було досліджено і проаналізовано територію Житомирської області.

Станом на травень 2014 року загалом по області під посів зернових культур було відведено 414,1 тис. га, з них 1,7 тис. га – ранні зернові, 115,2 тис. га – озимі зернові культури, близько 298 тис га – ярі зернові. Для розрахунків досліджувалась 100 км зона міста Житомир (рис. 2).



**Рис. 2. Запаси соломи, тон на території Житомирської області (100 км зона м. Житомир), що можуть бути використані як паливо**  
Джерело: Власне дослідження

Дослідження показали, що в 100 км зоні міста Житомир в 2014 році засіяно близько 20 тис. га зернових культур. З цих посівів планується отримати майже 62 500 тис. тон соломи., з них 50 тис. тон соломи теоретично буде використано в якості палива [1].

Згідно з даними, до 20-25% від загальної кількості отриманої соломи використовують на потреби тваринництва. Майже 70-75% соломи подрібнюють і розкидають на полях під час збору зерна, причому половина з цього обсягу просто спалюється на полях, щоб уникнути витрат, пов'язаних із її змішуванням з ґрунтом (переорювання земель) та неможливості внесення азотних добрив після жнив, 5% соломи використовується на інші потреби, з них лише близько 2-3 % відводиться на енергетичні потреби - виробництва палива (пелетів, брикетів) і пряме спалювання для теплогенерації [3].

Нами проведено аналіз необхідної площі для складу щодо зберігання соломи на території районів Житомирської області, залежно від запасів соломи (табл.1).

**Таблиця 1.**  
**Розрахункова площа складів для зберігання туюкової соломи сформована залежно від запасів соломи (вага тюка 450 кг...518 кг) по географічних напрямках Житомирської області**

| Напрямки                                  | Райони            | Площа посівів, га | Площа складу, м <sup>2</sup> | Всього:         |
|-------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|
| Бердичівський                             | Андрушівський     | 4 200             | 12 288...10 675              | 21 270...18 478 |
|                                           | Бердичівський     | 2 300             | 6 729...5 846                |                 |
|                                           | Житомирський      | 770               | 2 253...1 957                |                 |
| Чуднівський                               | Любарський        | 1 540             | 4 506...3 914                | 7 768...6 748   |
|                                           | Чуднівський       | 1 115             | 3 262...2 834                |                 |
| Черняхівський                             | Черняхівський     | 300               | 878...762                    | 6 437...5 591   |
|                                           | Червоноармійський | 1 900             | 5 559...4 829                |                 |
| Романівський                              | Романівський      | 3 500             | 10 240...8 896               | 10 240...8 896  |
| Площа загального складу, м <sup>2</sup> : |                   |                   |                              | 45 715...39 713 |

Джерело: Власне дослідження

Для порівняння, в Данії - лідера по спалюванню соломи - 14% від загального збору - на сьогоднішній день функціонує 10 тисяч фермерських котлів потужністю до 1 МВт і порядку 70 великих котлів, які спалюють солому в містах для систем теплопостачання. Крім того, 7 електростанцій Данії працюють на соломі. Натомість в Україні немає жодної [7].

З кожного «зернового» гектара можна використати 3,2 тони соломи, що за теплотворною здатністю еквівалентно 1066 м<sup>3</sup> природного газу. За оцінкою експертів, а також на підставі досвіду ряду західних країн,

і перш за все Данії, на енергетичні потреби щорічно Україна може використовувати до **20%** отриманої соломи без будь-яких істотних наслідків для родючості ґрунтів, а це майже 8 млн. тон соломи для локального енергетичного використання.

Наразі в Україні використовують пряме спалювання соломи (в тюках або рулонах) для отримання гарячої води для потреб опалення, та з метою отримання гарячого повітря для сушіння сільськогосподарських культур. Загальна кількість теплогенераторів потужністю до 1 МВт в Україні, які використовують для теплогенерації соломі як паливо, налічує 120-130 шт. і використовується до 100 тис. тон соломи на рік, що не відповідає ні можливому потенціалу, ні державним інтересам України.

При цьому в Житомирській області немає жодного теплогенератора, що використовує соломі як паливо, та пряме спалювання соломи не використовується на практиці.

Застосування різновидів біомаси, у тому числі соломи, у масштабах регіонів — це комплексна проблема, у розв'язанні якої на основі узгоджених проєктів і пропозицій повинні брати участь органи місцевої влади, професійні енергетики, виробники енергетичного обладнання та представники бізнес-структур.

Ефективне енергозабезпечення країни повинно бути ґрунтоване на детальній аналізі сировинної бази кожного регіону, яку можливо використати в якості палива для отримання енергії. На кожен вид сировинної бази повинен бути складений Паливно – енергетичний паспорт, в якому зазначено вид сировини, його кількість в натуральних і умовних одиницях. Важливу увагу при формуванні Паливно – енергетичного паспорта потрібно приділяти техніко-економічному аналізу, логістиці, наявності споживача теплової та електричної енергії, та збереженню екобалансу регіону. На основі Паливно-енергетичних паспортів регіонів України необхідно впроваджувати інвестиційні проєкти «зеленої енергетики», які дозволять раціонально використовувати біомасу, як ресурс екологічно чистої енергії. Дані проєкти потребують великих капіталовкладень, але їх застосування вкрай необхідне для здорового існування майбутніх поколінь.

*Ми запропонували створення Паливно-енергетичного паспорта біомаси – соломи.*

**Таблиця 2.**  
**Паливно-енергетичний паспорт біомаси – соломи (Житомирська область)**

| Тверде органічне паливо | 2014 рік                                  | Натуральне паливо | Умовне паливо   | Еквівалентно природному газу |
|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------|
| Солома зернових культур | Засіяно<br>16 тис. га<br>зернових культур | 50 тис. тон       | 24,4 тис. т.у.п | 4,2 млн. нм <sup>3</sup>     |

*Джерело: Власне дослідження*

Ефект від використання альтернативного палива із відходів сільського господарства – соломи:

- створення екологічно чистого, безвідходного виробництва;
- зниження собівартості продукції;
- економічно ефективного використання рослинних відходів;
- економія бюджетних коштів, що виділяються на закупку палива для муніципальних котелень;
- розвиток малого бізнесу;
- створення нових робочих місць в селах;
- найбільш розповсюдженим способом оброблення соломи є пресування тюків, який дозволяє зменшити витрати на логістику.

Солома пресується у малі, циліндричні або великі тюки. При пресуванні солома може подрібнюватися, з тим, щоб тюки легко рознімалися на частини при використанні на підстилку худобі. Часто соломі можна пресувати у тюки прямо після збирання, що доцільно використовувати для використання соломи - як палива. До більш прогресивних схем підготовки соломи для спалювання слід віднести схеми, пов'язані з виготовленням тюків або брикетів, до яких крім зазначених операцій включаються відповідно операції тюкування та пакування. Прямі витрати енергоресурсів на проведення зазначених операцій оцінюються за роботами [13, 14] у таких межах:

- збирання соломи – 25 ... 30 МДж/т;
- виготовлення тюків з питомою масою до 150 кг/м<sup>3</sup> з урахуванням вантажних операцій – 200 ... 250 МДж/т;
- транспортування тюків автомобільним транспортом залежно від тоннажності – 8,3 ... 11,2 МДж/(т·км).

Вагомим аргументом використання соломи в енергетичних цілях є те, що продукти горіння є CO<sub>2</sub>, який використовується для процесу фотосинтезу під час росту соломи в наступному періоді. Тобто, скільки вуглекислого газу виділилося, стільки його необхідно для отримання такої ж кількості біомаси на наступний рік. Таким чином вміст CO<sub>2</sub> в атмосфері не збільшується, а отже і парниковий ефект не посилюється.

Використання соломи для отримання теплової енергії є раціональним способом утилізації надлишків соломи, яка не використовується для інших цілей сільського господарства (на корм чи підстилку):

- солома є  $\text{CO}_2$ -нейтральною і тому являє собою екологічно безпечне джерело енергії;
- у процесі росту соломи поглинається така ж кількість  $\text{CO}_2$ , яка виділяється при її спалюванні;
- солома є місцевим паливом, досить розповсюдженим у сільськогосподарських районах;
- солома - побічний продукт виробництва зерна і тому є відносно дешевим видом палива, порівняно з традиційними;
- гроші, що сплачувалися за постачання газу, при спалюванні соломи залишаються в районі та сприяють його розвитку.

Солома, що використовується в якості палива, здатна забезпечити різні енергетичні потреби підприємств: від генерування теплової енергії (гарячої води, повітря) до отримання високотехнологічної пари, що може бути використана для виробництва електроенергії. По відношенню до інших видів ресурсів вона має свою тепловіддачу (табл. 2).

**Таблиця 3.**  
**Теплотворна здатність видів палива**

| Показник                                            | Пшенична солома | Ріпакова солома | Природний газ | Деревина |
|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|----------|
| Теплотворна здатність, МДж/кг (МДж/м <sup>3</sup> ) | 17-18           | 16-17           | 52,2          | 17,5-19  |

Використання соломи в якості енергоносія для прямого спалення має деякі складнощі, які потрібно враховувати:

- температури розм'якшення і плавлення золи соломи відносно низькі через високий вміст лужних металів та сполук кремнію. Як наслідок, на низькотемпературних поверхнях утворюється склоподібна речовина, яка виводить із ладу теплогенеруюче обладнання;
- високий вміст хлору, що спостерігається в соломі вівса, ячменю та ріпаку, може призвести до підвищеної корозії елементів котлів (хоча необхідно відмітити, що вміст сполук хлору залежить від хімічних реагентів, якими обробляють культури від шкідників під час росту рослин).

При спалюванні соломи дуже важливі дві основні характеристики: вологість соломи та ступінь її в'янення.

Ступінь в'янення показує, як довго солома залишалася на полі після збору врожаю, і якою була кількість опадів за цей період. Чим вищий ступінь в'янення, тим більше зниження рівня концентрації лужних металів і сполук хлору в соломі. Для вимивання хлоридів із соломи достатньо 5-7 днів. Таким чином, зменшується небезпека корозії поверхонь елементів обладнання та появи на них шлакових утворень.

В Україні відсутня послідовна та чітка державна політика в галузі використання біопалива, у тому числі соломи. В Україні відсутній механізм залучення в енергетичну галузь приватних інвесторів, особливо багато корумпованих складових які гальмують розвиток сфери. Існує чимало бар'єрів для широкого й швидкого поширення нових енергоефективних технологій використання соломи як палива для виробництва енергії. Це і відсутність у агропідприємствах власних (вільних) фінансових ресурсів на впровадження таких проектів, а кредитування — поки ще досить дороге задоволення для них. Водночас ефект від використання альтернативного палива з відходів сільського господарства досить високий і полягає в такому: створення екологічно чистого безвідхідного виробництва, зниження собівартості продукції, вигідне використання рослинних відходів, економія бюджетних коштів, які виділяються на купівлю палива для муніципальних котелень (в основному природного газу), розвиток малого бізнесу, створення нових робочих місць у сільській місцевості [8].

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Використання соломи у виробництві дасть можливість вивільнити значні ресурси природного газу та децентралізувати енергопостачання регіонів, зробивши його більш економічним і менш залежним від стану систем централізованого енергозабезпечення. Створення паливно-енергетичного паспорту регіону – допоможе швидко без зайвих втрат, вирішити ряд ще на сьогоднішній день не зовсім досліджених питань енергозбереження країни в цілому.

Необхідно розробити державну програму використання соломи з широкою участю наукових і виробничих установ, а також бізнес-структур. Потрібне широке інформаційне забезпечення проблем застосування відходів сільського господарства, донесення відомостей до зацікавлених осіб та організацій, ефективне використання зарубіжного досвіду (особливо Данії), створення й розвиток спільних підприємств з виробництва технологічного обладнання і швидкого впровадження всього циклу використання соломи.

#### **Література.**

1. ЖИТОМИРЩИНА У ЦИФРАХ У 2014 РОЦІ Статистичний збірник.
2. Газове, водопровідне та теплопостачальне господарства Житомирської області Статистичний збірник, 2014.

3. Використання та залишки енергетичних матеріалів та продуктів перероблення нафти у Житомирській Статистичний збірник, 2014.
4. STRAW FOR ENERGY PRODUCTION - Technology - Environment - Economy, Danish Centre for Biomass Technology, 2nd edition, 1998
5. Assessment of the Potential Role of Straw as Energy Source, The Danish Agricultural Advisory Centre, DAAC Project #8700, 2000.
6. Гелету́ха Г.Г., Тишаев С.В. Чи стане солома в Україні паливом, або перші результати роботи опалювальної установки на соломі // Зелена енергетика. – 2001. № 1. С.14-15.
7. Йерген Хінге, Георгій Гелету́ха. Українсько-Датське співробітництво з «Аналізу підготовки інтегрованого проекту з аспектами агроєкології та поширення застосування соломи для виробництва теплової енергії в Україні. Брошура підготовлена у лютому 2002 р.
8. А. Акімов, Здановський В. Навіщо нам природний газ із Росії, якщо в нас є своя солома? : [http://gazeta.dt.ua/energy\\_market/navischo-nam-prirodniy-gaz-iz-rosiyi-yakscho-v-nas-ye-svoya-soloma\\_.html](http://gazeta.dt.ua/energy_market/navischo-nam-prirodniy-gaz-iz-rosiyi-yakscho-v-nas-ye-svoya-soloma_.html)
9. В.Д. Білодід, Г.О. Куц. Енергетичний потенціал окремих видів альтернативного палива та оцінка енерговитрат на їх підготовку для прямого спалювання в котлоагрегатах Проблеми загальної енергетики, 2011, вип. 1 (24) С 32-39.
10. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р., № 145р.) // Інформаційно-аналітичний бюлетень “Відомості Міністерства палива та енергетики України” / Спец. вип. – К., 2006. – 115 с.
11. Биомасса как источник энергии / Под ред. А. Соуфера. – М.: Мир, 1985. – 375 с.
12. Вольчин І.А., Потапов А.А., Варнінг С., Юнкер Г. Використання соломи на вугільних ТЕС і зменшення викидів парникових газів // Енергетика и электрификация. – 2004. – № 2. – С. 42–49.
13. Ottosen P., Jensen J.P. Large Seale Wood and Straw Pellets Production and Use // Proceeding of European Pellets Conference. 34 march 2004, Wels, Austria.
14. Справочник потребителя биотоплива / Под ред. Виллу Вереса. – Таллинн: Таллиннский техн. Ун-т, 2005.

#### References.

1. State Statistics Service of Ukraine (2014), ZHYTOMYR REGION IN FIGURES 2014. Statystychnyj zbirnyk. Derzhkomstat, Zhytomyr, Ukraine.
2. State Statistics Service of Ukraine (2014), Gas, water and heat supply of farms of Zhytomyr region. Statystychnyj zbirnyk. Derzhkomstat, Zhytomyr, Ukraine.
3. State Statistics Service of Ukraine (2014), The use and residues of energetic materials and products processing of crude oil in the Zhytomyr region. Statystychnyj zbirnyk. Derzhkomstat, Zhytomyr, Ukraine.
4. STRAW FOR ENERGY PRODUCTION - Technology - Environment - Economy, Danish Centre for Biomass Technology, 2nd edition, 1998.
5. Assessment of the Potential Role of Straw as Energy Source, The Danish Agricultural Advisory Centre, DAAC Project #8700, 2000.
6. Geletyha G.G. and Tishchaev S.V. (2001). Will the straw in Ukraine by fuels, or the first results of the heating installation in the straw // Zelena energetyka? Vol.1, pp.14-15.
7. Yuorgen Hinge and Georgiyu Geletyha. The Ukrainian-Danish cooperation with the "Analysis of development of an integrated project with aspects of agro-ecology and distribution the use of straw for heat production in Ukraine. Broshchryy pidgotovleno y lyutomy.
8. Akimov A. and Zdanovskiyu V. (2014), “ Why do we need natural gas from Russia, if we have our own straw?” [Online] : [http://gazeta.dt.ua/energy\\_market/navischo-nam-prirodniy-gaz-iz-rosiyi-yakscho-v-nas-ye-svoya-soloma\\_.html](http://gazeta.dt.ua/energy_market/navischo-nam-prirodniy-gaz-iz-rosiyi-yakscho-v-nas-ye-svoya-soloma_.html),
9. Bilodid V.D. and Kyc G.O.(2011) The energy potential of certain types of alternative fuels and estimation of energy consumption at preparing them for direct combustion in boilers. *Problemy zagalnoyi energetiki*. vol. 1(24) pp.32-39.
10. The energy strategy of Ukraine for the period up to 2030 (2006), (Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 15.03.2006.
11. Soyfer A. (1985) Biomassa kak istochnik energii [Biomass as an energy source], M. Mir, Ukraine.
12. Volchin, I.A. Pitapov, A.A. Varning, C. Uynker, G. (2004), “The use of straw in coal-fired power plants and decrease sheniya greenhouse gas emissions”, *Energetika I electroficiya*, , vol. 2, pp. 42–49.
13. Ottosen P., Jensen J.P. Large Seale Wood and Straw Pellets Production and Use // Proceeding of European Pellets Conference. 34 march 2004, Wels, Austria.
14. Villy Veresa (2005), *Guide consumer of biofuels*, Tallinn: Tallinn tech. University, Estonia.

Стаття надійшла до редакції 18.01.2016 р.