

**ВПЛИВ ДОДАВАННЯ РОЗЧИНУ ГЛІЦЕРИНУ НА ЩІЛЬНІСТЬ ПЕЛЕТ
ІЗ СОЛОМИ ПШЕНИЦІ ТА ДЕРЕВИНИ ОСИКИ****Ю. А. ХОМА**, аспірант***Н. К. КУЦОКОНЬ**, кандидат біологічних наук**Н. М. РАШИДОВ**, доктор біологічних наук*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України***В. М. ПАВЛІСЬКИЙ**, доктор технічних наук**О. В. НЕСТЕРЕНКО**, старший викладач*ВП НУБіП «Бережанський агротехнічний інститут»**E-mail: Jylja183@ukr.net*

Анотація. Під час пелетування біомаси часто використовують зв'язувальні або стабілізуючі агенти щоб зменшити тертя при пелетуванні та збільшити щільність і довговічність пелет. Мета даного дослідження полягає у визначенні впливу додавання гліцерину на якість пелет, виготовлених із соломи пшениці та деревини осики.

Біомасу – солому пшениці та деревину осики - очищали і подрібнювали лабораторним екструдером до отримання фракції необхідної для пелетування. Перед пелетуванням екстудовану солому пшениці та деревину осики змочували водним розчином, в якому масова частка гліцерину становила 1 і 5 %, або у водопровідній воді (контроль), з розрахунку 250 мл розчину на 500 г сировини. Пелетування проводили за допомогою лабораторної гранулярної машини з плоскою матрицею і з двома пресуючими роликками. Вимірювали довжину та щільність пелет, одержані результати

опрацьовували статистично за загальноприйнятими методикам.

Результати дослідження показали, що додавання гліцерину значно покращує якість пелет, як із соломи пшениці так і з деревини осики. Порівняно з контрольними варіантами, додавання водного розчину з масовою часткою гліцерину 1 % , збільшило насипну щільність пелет із соломи пшениці на 11 %, а пелет із деревини осики - на 12 %, а додавання водного розчину з масовою часткою гліцерину 5 % – на 16 та 18 % відповідно. Дані дослідження є перспективними для подальшого розвитку галузі альтернативної енергетики, оскільки виробництво енергоносіїв із біомаси стає одним із важливих пріоритетів при вирішенні енергетичних та екологічних проблем.

Ключові слова: Біомаса, пелети, солома пшениці, деревина осики, гліцерин, насипна щільність

*Науковий керівник – доктор біологічних наук Рашидов Н.М.

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

Актуальність. Інтерес до використання альтернативних джерел енергії зростає, оскільки на відміну від традиційних видів енергії вони є відновлюваними і екологічно безпечними. Багато країн розробляють і реалізують проекти для вирішення енергетичних потреб за рахунок використання відновлюваних джерел енергії, зокрема біомаси. В країнах ЄС прийнята енергетична програма, яка передбачає застосування альтернативної енергетики не менше ніж 20 % до 2020 року [1]. Згідно даних [2], внесок відновлюваних джерел енергії до кінцевого енергоспоживання в країнах ЄС складав 15 %, зокрема з біомаси – 9 %. Тоді як в Україні частка відновлюваних джерел енергії до кінцевого енергоспоживання становила 3,62 %, в тому числі 2,28 % із біомаси [3].

Україна використовує набагато менше біомаси для потреб альтернативної енергетики, хоча і має для цього значний потенціал, а саме різноманітні джерела біомаси, включаючи сільськогосподарські відходи, а також цільове вирощування енергетичних культур, деревину та відходи деревообробного виробництва. Однак часто через низьку об'ємну щільність, неправильність форми і розміру, така біомаса в своїй первісній формі дуже проблематична для зберігання і транспортування, що

збільшує витрати з її реалізації. Тому, одним із ефективних видів палива з біомаси є пелети, отримані із заздалегідь заготовленої сировини шляхом пресування. За своїми характеристиками паливні пелети є реальною альтернативою кам'яному вугіллю та нафті, так як майже не поступаються їм за своєю теплотворною здатністю, а за екологічними показниками вони випереджають інші види палив, оскільки деревина спричиняє менший негативний вплив на довкілля [4].

Про актуальність застосування паливних пелет свідчить збільшення використання деревних і сільськогосподарських відходів в індустріальному виробництві теплової енергії в Європі, Азії та Північній Америці. Ринок деревних пелет суттєво збільшився з 2011 року, середній темп приросту – до 14 % за рік [5]. Деревні пелети мають широкий спектр застосування як у промисловому, так і в приватному секторі опалення, де вони використовуються як зручне тверде біопаливо в автоматичних печах та котлах [6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Пелети є сухим біологічним матеріалом, вони мають циліндричну форму з діаметром від 6 до 8 мм і довжину від 10 до 35 мм [7]. Процес їх виготовлення базується на ряді етапів, в яких біомаса обробляється для одержання

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

ущільненого матеріалу. Біомасу подрібнюють із використанням термічної обробки в діапазоні температур 150-230°C, що підвищує вологість і температуру матеріалу, а також спричиняє вивільнення та активацію зв'язувальних речовин, присутніх в біомасі. Інколи використовують зв'язувальні або стабілізуючі агенти, щоб зменшити тертя при пелетуванні та збільшити щільність і довговічність пелет. Для цього найчастіше використовується лігносульфонат кальцію, колоїди, бентоніт, крохмалі, білки, гідроксид кальцію та гліцерин [8]. При додаванні гліцерину до біомаси при пелетуванні, підвищується її пластичність та збільшується щільність пелет. Як добре джерело енергії, сирий гліцерин [9, 10], є побічним продуктом процесу переетерифікації у виробництві біодизелю. Оскільки виробництво біодизелю постійно збільшується, виникає проблема утилізації гліцерину [11, 12]. Використання його при пелетуванні дозволить уникнути цієї проблеми та створити біопаливо з високою енергетичною цінністю. Таке біопаливо в сучасних котлах згоряє майже повністю з мінімальною кількістю шлаків, і їх можна чистити один раз на рік, а золу використовувати як екологічно чисте добриво.

Питома щільність пелет коливається від 1000 до 1200 кг/м³, насипна щільність – від 600 до

750 кг/м³ в залежності від розміру пелет [13,16]. Щільність є основним чинником, що визначає механічну міцність, водостійкість і калорійність паливних гранул під час згорання. Чим щільніші паливні гранули, тим вище показники їх якості. Наприклад, при щільності гранул 650–750 кг/м³ їх калорійність становить від 12 до 14 МДж/кг, а при щільності від 1200 до 1300 кг/м³ – 25-31 МДж/кг [14]. На щільність та міцність впливають фізичні та хімічні властивості вихідного матеріалу, температура і прикладний тиск в процесі пелетування. Щоб забезпечити якість пелет, наразі існує кілька стандартів, залежно від країни, в якій тверде паливо виробляється. У багатьох європейських країнах є актуальним стандарт ENplus, який визначає діаметр, довжину, щільність, вміст води, вміст золи, високу теплотворну здатність та ін. [15,16].

Мета. Визначити можливості для збільшення щільності пелет із соломи пшениці та деревини осики за допомогою додавання водного розчину гліцерину для покращення їх якості.

Методи. В даній роботі на основі фізико-механічних властивостей оцінюється розроблений нами метод поліпшення якості пелет із соломи пшениці та деревини осики з використанням водного розчину гліцерину. Отриману біомасу – солону пшениці

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

та деревину осики – очищували, подрібнювали за допомогою подрібнювача із осьовими ножами до середнього розміру 20,12×2,52 мм та 24,3×2,6 мм відповідно. Після цього сировину дезінтегрували лабораторним екструдером, до отримання фракції необхідної для пелетування, а саме 3,91×1,44 мм у деревини осики та 3,74×1,22 мм у соломи пшениці. Використовували метод гарячої екструзії, що дозволяє отримати масу у пластифікованому стані, яка краще піддається пелетуванню. Солому пшениці та деревину осики перед початком екструзії замочували у водопровідній воді протягом 5 хвилин при температурі 20°C. Екстудовану масу (екструдант) висушували до повітряно-сухого стану. Показник вологості вимірювали за допомогою вологоміра. Перед пелетуванням екстудовану солому пшениці та деревину осики змочували водним розчином, в якому масова частка гліцерину становила 1 та 5% або у водопровідній воді (контроль), у розрахунку 250 мл розчину на 500 г сировини. Пелетування проводили за допомогою лабораторної гранулярної машини з плоскою матрицею та двома пресуючими роликками.

Охолоджені пелети зважували, визначали їх питому та насипну щільність. Питому щільність пелет (кг/м³) розраховували шляхом ділення маси окремої пелети на її об'єм, який розраховували за довжиною та діаметром пелет. Насипну щільність, визначали згідно методики: «Визначення насипної густини сипких матеріалів» [17] де, за допомогою мірної посудини, об'єм якої відомий з високою точністю, а висота повинна дорівнювати двом його внутрішнім діаметрам. Діаметр посудини повинен не менше ніж в 10 разів перевищувати середній розмір частинок сипкого продукту. Насипна густина розраховувалася за формулою,

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ де } m - \text{ маса пелет, кг; а}$$

V – об'єм, м³.

Тобто, насипна щільність - це співвідношення між вагою пелет і кількістю займаного простору. Одержані результати вимірювань опрацьовували статистично за загальноприйнятими методиками.

Результати. Отримані результати досліджень показали, що обробка водним розчином гліцерину підвищує як питому, так і насипну щільність пелет (табл.1).

1. Фізичні властивості пелет із екструдованої пшеничної соломи та деревини осики звичайної при додаванні гліцерину

Варіанти досліду	Середня довжина $\pm SE$, мм	Питома щільність, $\pm SE$ кг/м ³	Насипна щільність, $\pm SE$ кг/м ³
Солома + вода (<i>Контроль</i>)	10,6 \pm 0,2	1075,3 \pm 0,9	567,8 \pm 0,9
Солома + гліцерин (1%)	12,1 \pm 0,4*	1225 \pm 1,5***	633,4 \pm 0,5***
Солома + гліцерин (5%)	14,6 \pm 0,6**	1262,3 \pm 1,2***	660,8 \pm 1,2***
Деревина осики + вода (<i>Контроль</i>)	9,9 \pm 0,8	1152,7 \pm 1,8	614,7 \pm 1,1
Деревина осики + гліцерин (1%)	16,1 \pm 0,5**	1278,7 \pm 1,2***	689,8 \pm 1,4***
Деревина осики + гліцерин (5%)	17,1 \pm 0,5**	1354,0 \pm 1,5***	725,1 \pm 1,1***

Примітки: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Відхилення статистично значимі порівняно із відповідними контролями, без додавання гліцерину.

Згідно даних таблиці 1, найкращою якістю характеризувалися пелети екструдованої деревини осики перед пелетуванням змочених водним розчином з масовою часткою гліцерину 5 %. Їх питома щільність становила 1354 кг/м³, що перевищувало контроль на 17,5 %, а насипна щільність становила 725,1 кг/м³ і перевищувала контроль на 18 %. Збільшення питомої щільності в порівнянні з контролем на 11 % спостерігали й у пелетах екструдованої деревини осики з додаванням водного розчину з масовою часткою гліцерину 1 % перед пелетуванням. Насипна щільність цих пелет становила 689,8 кг/м³ і перевищувала контроль на 12 %. Пелети соломи пшениці, з додаванням водного розчину з масовою часткою гліцерину 5 % перед пелетуванням показали

збільшення питомої щільності на 17,3 % у порівнянні з контролем і становила 1262,3 кг/м³, а насипна щільність становила 660,8 кг/м³, що перевищувало контроль на 16 %. Збільшення питомої щільності в порівнянні з контролем на 14 % спостерігали у пелетах із соломи пшениці з додаванням водного розчину з масовою часткою гліцерину 1 %, яка становила 1225 кг/м³, і насипна щільність становила 633,4 кг/м³, що перевищувало контроль на 11 %.

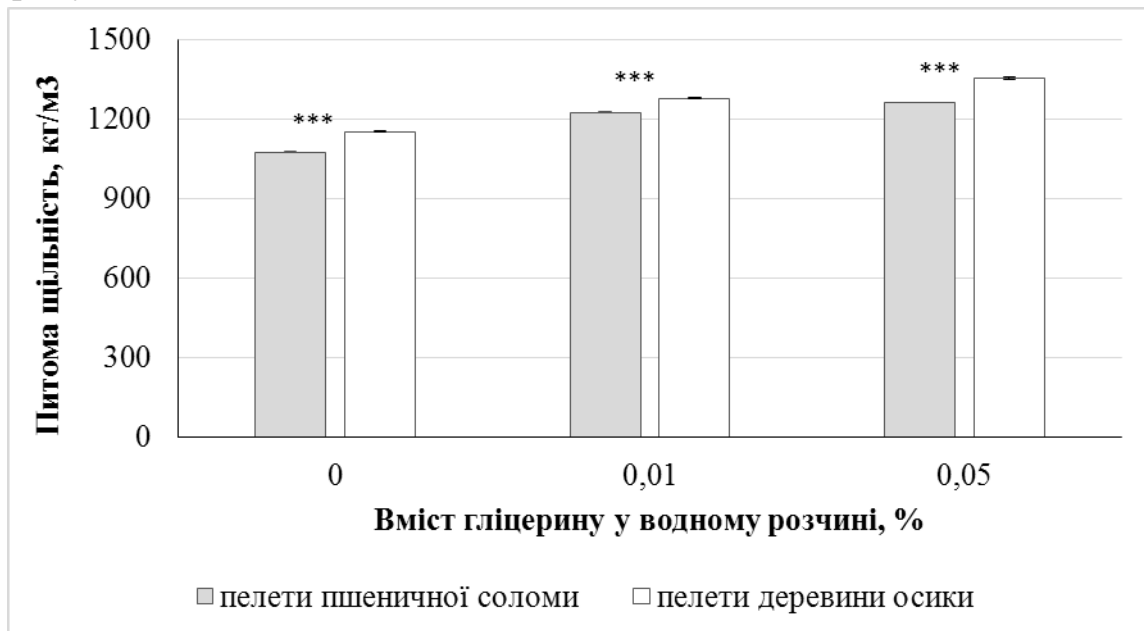
Додавання гліцерину також збільшувало довжину пелет (табл.1), що пов'язано зі зростанням пластичності сировини та зменшенням ламкості пелет в процесі пелетування.

Як видно з рисунку 1, питома щільність пелет із деревини осики є достовірно більшою в порівнянні із питомою щільністю пелет із соломи пшениці. Тому потрібно відзначити,

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

що виробництво пелет із деревної біомаси є більш перспективним на відміну від відходів сільськогосподарських культур, оскільки дає більшу питому щільність, і як результат – може підвищуватися теплотворна здатність. Використання гліцерину, як побічного продукту біодизельної галузі для виробництва пелет може значно покращити їх характеристики. Зокрема, насипна щільність пелет із соломи пшениці без додавання гліцерину становила $567,8 \pm 0,9$ кг/м³ і

не досягала мінімальної норми стандартів ENplus – 600 кг/м³, тоді як пелети із деревини осики як з додаванням, так і без додавання гліцерину, а також пелети із соломи пшениці із додаванням гліцерину відповідали стандарту ENplus за насипною щільністю [16]. Як свідчать наші експерименти, додавання гліцерину здатне покращити якість пелет із соломи пшениці до необхідних мінімальних вимог.



Примітки: *** $p < 0,001$. Відхилення статистично значимі в порівнянні відповідних варіантів пелет із соломи пшениці та деревини осики.

Рис. 1. Порівняння питомої щільності пелет із пшеничної соломи та з деревини осики звичайної в залежності від додавання водного розчину гліцерину.

Висновки і перспективи.

Вимірювання щільності пелет із соломи пшениці та деревини осики показали, що пелети з деревини осики характеризуються кращими показниками. Проте, додавання

гліцерину значно покращує якість пелет як із пшеничної соломи, так і з деревини осики. Порівняно з контрольними варіантами, додавання водного розчину з масовою часткою гліцерину 1%, підвищувало насипну

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

щільність пелет із пшеничної соломи на 11%, пелет із деревини осики – на 12 %, а додавання водного розчину з масовою часткою гліцерину 5 % – на 16 % та 18 % відповідно.

Враховуючи, що існує проблеми утилізації гліцерину, а виробництво

енергоносіїв із біомаси стає одним із важливих пріоритетів при вирішенні енергетичних та екологічних проблем, дані дослідження є перспективними для подальшого розвитку галузі альтернативної енергетики.

Список використаних джерел

1. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. 2009. Vol. 50. No. 140. P.16-62.

2. European Bioenergy Outlook. Statistical report. АЕВІОМ, 2013. Available at: <http://www.greenpartnerships.eu/wp/wp-content/uploads>.

3. Домбровський О., Корсакайте Д., Гелетука Г., Савчук С. Що може зробити біоенергетика для подолання газових криз. *Економічна правда*. 2018.

4. Худолєєва Л., Куцоконь Н., Рашидов Н. Кількісні та якісні оцінки викидів шкідливих речовин у довкіллі під час спалювання деревини порівняно з природним газом і вугіллям. *Біологічні Студії*. 2016. Том 10. С. 61–70.

5. Thrän D., Peetz D., Schaubach K., Global Wood Pellet Industry and Trade Study 2017. *IEA Bioenergy*. 2017. Vol. 40.

6. Mussatto S.I. Biomass Pretreatment, Biorefineries, and Potential Products for a Bioeconomy Development, in: Biomass Fractionation Technologies for a Lignocellulosic Feedstock Based Biorefinery. 2016. P. 1–22.

7. Lehmann B., et al. Effect of miscanthus addition and different

grinding processes on the quality of wood pellets. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 44. P. 150-159.

8. Tabil L., Sokhansanj S. Compression and compaction behavior of alfalfa grinds - part 2: compaction behavior. *Powder Handling & Processing*. 1996. Vol. 8. No.2. P. 117–122.

9. Yang F., Hanna M., Sun R. Value-added uses for crude glycerol – a byproduct of biodiesel production. *Biotechnology for Biofuels*. 2012. Vol. 5. P. 13.

10. Adapa P., Tabil L., Schoenau J., Opoku A. Pelleting characteristics of selected biomass with and without steam explosion pretreatment. *Int.J. Agric. & Biol. Eng.* 2010. Vol. 3. No.3. P. 62–79.

11. Johnson D., Taconi, K. The glycerin glut: options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. *Environmental Progress*. 2007. Vol. 26. No.4. P. 338-348.

12. Pagliaro M., Ciriminna R., Kimura H., Rossi M. Recent advances in the conversion of bioglycerol into value-added products. *European Journal of Lipid Science Technology*. 2009. Vol.111. P. 788-799.

13. Mani S., Tabil L., Sokhansanj S. An overview of compaction of biomass grinds. *Powder Handling and*

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

Processing. 2003. Vol.15. No.3. P.160-168.

14. Гайденко О. Тверде біопаливо: технологічні вимоги, властивості компонентів та технологія виробництва. *Агробізнес сьогодні*. 2014.

15. Verma V., et al. Agro-pellets for domestic heating boilers: Standard laboratory and real life performance. *Applied Energy*. 2012. Vol.90. No.1. P. 17-23.

16. ENplus, 2015. Certified producers. Part 3: Pellet Quality Requirements Available at:

<https://enplus-pellets.eu/en-in/component/attachments/?task=download&id=103>

17. Сокольський О.Л. Пакувальне обладнання. *Методичні вказівки*. 2012. С.4-6.

References

1. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council. (2009). Official Journal of the European Union. Vol. 50. No. 140. P.16-62.

2. European Bioenergy Outlook. Statistical report. (2013). Available at:<http://www.greenpartnerships.eu/wp/wpcontent/uploads>.

3. Dombrovsky O., Korsakayte D., Geletukha G., Savchuk S. (2018). What bioenergetics can do to overcome gas crises. Economic truth.

4. Khudoleeva L., Kutsokon N., Rashidov N. (2016). Quantitative and qualitative estimations of emissions of harmful substances in the environment during burning of wood in comparison with natural gas and coal. *Biological Studios*. Vol. 10. P. 61-70.

5. Thrän D., Peetz D., Schaubach K. (2017). Global Wood Pellet Industry

and Trade Study 2017. IEA Bioenergy. Vol. 40.

6. Mussatto S.I. (2016). Biomass Pretreatment, Biorefineries, and Potential Products for a Bioeconomy Development, in: Biomass Fractionation Technologies for a Lignocellulosic Feedstock Based Biorefinery. P. 1–22.

7. Lehmann B. (2012). Effect of miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 44. P. 150-159.

8. Tabil L., Sokhansanj S. (1996). Compression and compaction behavior of alfalfa grinds - part 2: compaction behavior. *Powder Handling & Processing*. Vol. 8. No.2. P. 117–122.

9. Yang F., Hanna M., Sun R. (2012). Value-added uses for crude glycerol – a byproduct of biodiesel production. *Biotechnology for Biofuels*. Vol. 5. P. 13.

10. Adapa P., Tabil L., Schoenau J., Opoku A. (2010). Pelleting characteristics of selected biomass with and without steam explosion pretreatment. *Int.J. Agric. & Biol. Eng.* Vol. 3. No.3. P. 62–79.

11. Johnson D., Taconi, K. (2007). The glycerin glut: options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. *Environmental Progress*. Vol.26. No.4. P. 338-348.

12. Pagliaro M., Ciriminna R., Kimura H., Rossi M. (2009). Recent advances in the conversion of bioglycerol into value-added products. *European Journal of Lipid Science Technology*. Vol.111. P. 788-799.

13. Mani S., Tabil L., Sokhansanj S. (2003). An overview of compaction of biomass grinds. *Powder*

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

Handling and Processing. Vol.15. No.3. P.160-168.

14. Haidenko O. (2014). Solid biofuels: technological requirements, properties of components and production technology. Agrobusiness today.

15. Verma V. (2012). Agro-pellets for domestic heating boilers: Standard laboratory and real life performance.

Applied Energy. Vol.90. No.1. P. 17-23.

16. ENplus, 2015. Certified producers. (2015). Part 3: Pellet Quality Requirements Available at:

<https://enplus-pellets.eu/en-in/component/attachments/?task=download&id=103>.

17. Sokolsky O.L. (2012). Packing equipment. Methodical instructions. p. 4-6.

машины с плоской матрицей и с двумя прессующими роликами. Измеряли длину и плотность пеллет. Полученные результаты измерений обрабатывали статистически по общепринятым методикам.

Результаты исследования показали, что добавление глицерина значительно улучшает качество пеллет как из соломы пшеницы, так и из древесины осины. По сравнению с контрольными вариантами, добавление водного раствора с массовой долей глицерина 1%, увеличило насыпную плотность пеллет из соломы пшеницы на 11 %, а пеллет из древесины осины - на 12 %, а добавление водного раствора с массовой долей глицерина 5 % - на 16 и 18 % соответственно. Данные исследования являются перспективными для дальнейшего развития отрасли альтернативной энергетики, поскольку производство энергоносителей из биомассы становится одним из важных приоритетов при решении энергетических и экологических проблем.

Ключевые слова: Биомасса, пеллеты, солома пшеницы, древесина осины, глицерин, насыпная плотность

ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ РАСТВОРА ГЛИЦЕРИНА НА ПЛОТНОСТЬ ПЕЛЛЕТ ИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ И ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ

Ю. А. Хома, Н. К. Куцоконь, Н. М. Рашидов, В. М. Павліський, О. В. Нестеренко

Аннотация.

При пеллетировании биомассы часто используют связующие или стабилизирующие агенты для уменьшения трения при пеллетировании и увеличения плотности и долговечности пеллет. Цель данного исследования заключается в определении влияния добавления глицерина на качество пеллет, изготовленных из соломы пшеницы и древесины осины.

Биомассу - солому пшеницы и древесину осины - очищали и измельчали лабораторным экструдером до получения фракции, необходимой для пеллетирования. Перед пеллетированием экструдированную солому пшеницы и древесину осины смачивали водным раствором, с массовой долей глицерина 1 и 5%, или в водопроводной воде (контроль), в расчете 250 мл на 500 г сырья. Пеллетирование проводили с помощью лабораторной гранулярной

Хома Ю. А., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Павліський В. М., Нестеренко О. В.

**EFFECT OF ADDING OF
GLYCERINE ON DENSITY OF
PELLET FROM WHEAT STRAW
AND ASPEN WOOD**

**Y. A. Khoma, N. K. Kutsokon,
N. M. Rashydov, V. M. Pavlisky,
O. V. Nesterenko**

***Abstract.** When pelletizing biomass, binder or stabilizing agents are often added to reduce fractures and increase the density and durability of the pellets. The purpose of this study was to determine peculiarities of pellets from wheat straw and aspen wood produced with adding glycerol.*

Wheat straw and aspen wood samples were grounded with a laboratory extruder to obtain appropriate pelleting fractions. Prior to pelleting, extruded wheat straw and aspen wood samples were soaked in water-glycerol solution with mass fraction of glycerol 1 and 5 % or in tap water (control); 250 ml of solution per 500 g of raw material was applied. Pellets were produced by laboratory granular machine with a flat matrix and

two pressing rollers, and length and bulk density as a pellet's characteristics were measured. The results obtained were processed statistically according to standard methods.

Experimental measurements demonstrated that addition of glycerol before pelleting significantly improves the quality of the pellets produced both from wheat straw and aspen wood. Compared with the control variants, soaking the biomass in the aqueous solution of glycerol (1%) increased the bulk density of the wheat straw pellets by 11%, and pellets from aspen wood by 12 %; and soaking extruded biomass in 5% glycerol solution increased the pellets bulk densities by 16 % and 18 % respectively. Thus, results of current study offers practical benefits for alternative energetics as producing energy from biomass is of growing priority for solving energetic and ecological problems.

Keywords: Biomass, pellets, wheat straw, aspen wood, glycerol, bulk density