

УДК 663.26.068 – 027.33.

## ПЕЛЕТИ ІЗ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

**С.М. Перетяка**

*Одеський національний морський університет*

**П. І. Осадчук**

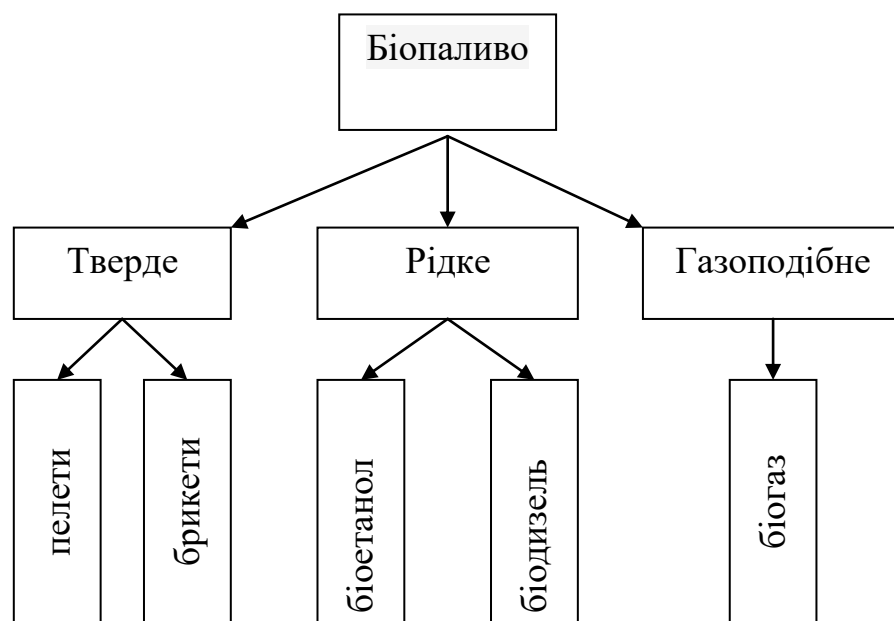
*Одеський державний аграрний університет*

*Традиційні пелети, які поширені у розвинутих країнах та в Україні, вже здобули своє місце на ринку палива. Ці пелети виготовляються із відходів деревообробної промисловості. Однак, залишається величезний сегмент сировини, яка потенційна може бути використана для виробництва пелет – відходи харчових виробництв. Об'єми цих відходів безпосередньо пов'язано з об'ємами виробництвом продуктів харчування, які безперервно зростають. Харчова промисловість України у порівнянні із іншими галузями завжди характеризувалася сталим зростанням. Сировина для агропелет суттєво відрізняється від деревини. Ця відмінність полягає у хімічному складі, гранулометричному составі, вологості. Єдине, що їх об'єднує – вони є відходами, які створюють значне навантаження на навколишнє середовище. Крім того, підприємства повинні витратити кошти на транспортування та захоронення відходів на сміттєвих полігонах. Безпосереднє використання кавового шламу, виноградних вичавок та відходів переробки круп'яних культур у вигляді добрива неможливе. Хімічний склад сировини, показує що наявність целюлози та лігніну гарантує, що агропелети можуть використовуватись у вигляді палива. З кавового шламу, виноградних вичавок, лузги вівса, лузги риса та лузги гречки було виготовлені пелети які були спалені у спеціальному стенді по типу піч з природною тягою. Стенд дозволяє вимірювати температуру горіння твердого палива, відсоток золи та теплоту згорання, завдяки скляній камері можлива візуалізація процесу горіння. Ціллю досліджень є обґрунтування використання пеллет із відходів харчових виробництв у теплоенергетиці України. Аналіз літературних джерел та проведені експериментальні дослідження довели конкурентоспроможність таких пелет. Визначені теплоенергетичні показники пелет із відходів, які можливо використовувати при розрахунку систем опалення. Встановлено, що агропелети за своїми теплотехнічними характеристиками можуть вдало конкурувати з традиційними із деревини. Враховуючи їх енергетичні характеристики припустимо заміна традиційного палива (природного газу та вугілля) на підприємствах де утворюються ці відходи на агропелети.*

**Ключові слова:** пелети, біопаливо, система опалення, енергоефективність, відходи виробництва, кавовий шлам, виноградні вичавки, лушпиння круп'яного виробництва.

**Вступ.** Паливний стандарт EN 14961 - 6 описує матеріали не на деревній основі. Пелети, які виготовлені з цих матеріалів називають агропелетами. Залежно від матеріалу, з якого вони зроблені може бути солом'яні пелети і гранули з ріпаку, пелети з лушпиння та інші. Однак є потенційна інша сировина для виготовлення агропелет. Згідно з даними Прес-служби Мінагрополітики в Україні у 2016 році було перероблено 254 тисяч тонн винограду [1]. Відсоток вичавок становить 10 - 20% від загальної маси винограду. На 1 т готової розчинної кави припадає 1,5...2 т шламу. Відповідно, шламу в Україні утворюється близько 1,5 – 2 тис. т на рік [2,3]. У середньому в Україні вироблялося 350 тис. тонн круп на рік. При переробці проса в пшоно утворюється як побічний продукт 7,5% мучки та 15,5 % лузги, при переробці пшениці в крупу близько 30% мучки, ячменю в ячну крупу - 18% мучки, а в перлову крупу - 40% мучки та 7% лузги, при переробці гречки в крупу - 3,5% мучки та 20,8% лузги, вівса – мучки 4 – 16%, а лузги – 26 – 27%, гороху – 6% лузги та 6,5 – 26,5% січки та мучки разом [4].

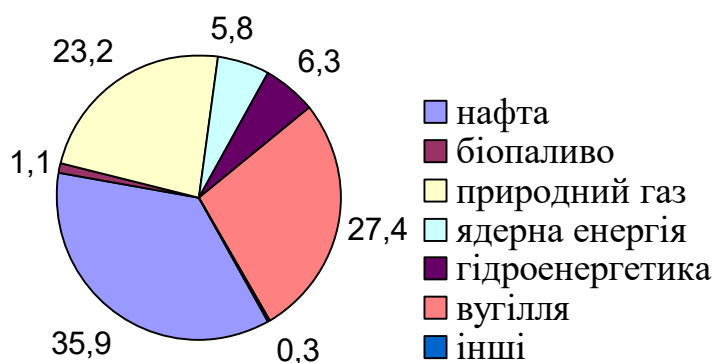
**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Існують чотири основних напрямки виробництва біопалива: пелети, біоетанол, біодизель, біогаз (рис.1).



**Рис. 1.** Класифікація біопалива.

Біоетанол є технічний спирт, продукт бродіння містить цукор і крохмаль органіки (цукрової тростини, кукурудзи, пшениці, картоплі тощо). Біодизель зазвичай отримують з багатих маслами культур (ріпак, пальма, соя і т.п.) після реакції з метиловим спиртом і лугом. Біогаз утворюється при анаеробному зброджуванні органічних речовин (відходи тваринництва, виробництва спирту і пива). За своїми фізичними і теплотехнічних властивостях пропонувані замітники традиційних енергоносіїв істотно відрізняються від перших, так і між собою. Природно, відрізняються і вартістю. Асортимент біопалива на світовому ринку досить представницький. Виникає питання, про вибір найбільш перспективного напрямку для вітчизняних умов. Володіючи родючими землями і

перебуваючи в сприятливій кліматичній зоні у нашої держави, з'являється шанс отримати енергетичну незалежність. Україна не є флагманом по впровадженню технологій виробництва біопалива, тому необхідно точно визначити перспективність обраного напрямку розвитку. Необхідно звернутися до світового досвіду. Світовий обсяг виробництва етанолу приблизно 40 млрд. літрів. Виробництво зосереджене в Бразилії (42%) і США (46%), Європейський Союз та інші країни всього 12%. Однак, Європейський Союз лідер у виробництві біодизеля - 75% з 6,5 млрд. літрів виробленого в світі, Сполучені Штати - 13%, інші країни - 12% [4-7]. Як видно з наведених даних розвинені країни широко займаються біопаливом, а, отже, це перспективно? Якщо ж подивитися на наведені цифри з точки зору частки біопалива в виробництві енергії в світі, тоді висновок не такий однозначний (рис. 2).



**Рис. 2.** Частка енергоносіїв у світовій енергетиці

Як видно з наведеної діаграми кількість отриманого біопалива (1,1%) абсолютно не гарантує зміцнення енергетичної безпеки [8,9]. Стрімко розвивається виробництво біопалива в Німеччині. Щороку ріпаком засівають понад мільйон гектарів (10% ріллі). А питома вага біодизеля на паливному ринку країни складає всього 3%. Однак вільних сільгоспугідь в Європі вже немає. Для задоволення своїх потреб у сировині країни ЄС лобюють вирощування ріпаку в Україні, Росії та Казахстані. Головний аргумент, що виробництво в Україні буде дешевше, ніж в Німеччині: в Україні менше коштують робоча сила і енергоносії, більш родючі землі, кращі кліматичні умови. За оцінками фахівців, в Україні за умови відведення під рапс 10% ріллі і врожайності цієї культури 25 ц/га (що відповідає європейському рівню) можна виробляти близько 3 млн. т біопалива (75% потреби в паливі АПК). Настільки благодушна картина затьмарюється різними доводами. Технічні труднощі (потреба в модифікації двигунів, проблеми з застосуванням в дуже жарку і дуже холодну погоду, складності з транспортуванням по трубопроводах) не є критичними і успішно вирішуються. Економічні проблеми значно складніше. У Бразилії та інших країнах, де сприятливі природні умови (теплий сонячний клімат) поєднуються з дешевизною землі і робочої сили, конкурентний продукт можна виробляти і при помірних (40 доларів і вище) цінах за барель нафти.

Це біопаливо настільки конкурентне, що більше 10% вироблених обсягів йде на експорт. У розвинених країнах з їх прохолодним кліматом і менш придатними культурами собівартість помітно вище: в США майже вдвічі, в Європі втричі (рослини акумулюють менше сонячної енергії). Конкурентним біопаливо стає в результаті потужної підтримки з боку держави на всіх стадіях технологічного процесу, що знижує собівартість виробництва етанолу і біодизеля і стимулює їх продаж. Фермери отримують прямі субсидії на вирощування сировини для біопалива. Виробники пального законодавчо зобов'язані змішувати вуглеводневе паливо з біологічним. У Німеччині біопаливо не рахується паливом і не обкладається податками. Величезну частку в собівартості біопалива вже зараз становить не переробка, а сільгоспсировина, дефіцит, якого не дозволяє галузі вирости до розмірів порівнянних з виробництвом вуглеводнів. Безперервно дорожчає вартість зернових і багато в чому саме завдяки закупівлям з боку біопаливної індустрії. Тому при ціні нафти більше 80 доларів, виробництво не стає надрентабельним, тому що не вартість нафти визначить вигоду, а різниця між вартістю сільськогосподарської сировини і нафтою. Не менш складною і важко розв'язуваною стає соціальна проблема - нестача продовольства. Світовий орний клин досяг максимальних розмірів ще 20 років тому. Виробництво біопалива призводить до суттєвого дефіциту продовольства. Екологічний аспект - земля виснажується посівами ріпаку. Володіючи унікальними чорноземами, Україна ризикує в результаті захоплення біодизелем і біоетанолом отримати деградацію ґрунту. Перераховані вище недоліки відсутні у біогазу та пелет. Пелети виробляють з відходів деревообробної та лісозаготівельної промисловості. При цьому вирішується відразу дві проблеми: переробка потенційно пожежебезпечних відходів і отримати висококалорійне паливо. У готовому вигляді пелети представляють собою циліндри діаметром 6-10 мм довжиною до 50 мм. Маючи високу щільність, вони добре зберігають форму під час перевезення і зберігання. Агропелети на відміну від традиційних менш вивчені, але мають суттєву перевагу – сировина для них на відміну від дерева виростає щорічно.

**Мета роботи.** Обґрунтувати використання пелет із відходів харчових виробництв (агропелети). Об'єкт дослідження – властивості агропелет, а саме теплотехнічні характеристики. Предмет дослідження – пелети із кавового шламу, виноградних вичавок та відходів переробки круп'яних культур.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Технологія виробництва агропелет практично не відрізняється від традиційних із деревини. Однак, треба зазначити, що сировина для агропелет суттєво відрізняється від деревини. Ця відмінність полягає у хімічному складі, гранулометричному составі, вологості. Єдине, що їх об'єднує – вони є відходами, які створюють значне навантаження на навколишнє середовище. Крім того, підприємства повинні витратити кошти на транспортування та захоронення відходів на сміттєвих полігонах. Безпосереднє використання кавового шламу, виноградних вичавок та відходів переробки круп'яних культур у вигляді добрива неможливе. Після проведення літературного пошуку про хімічний

склад сировини, результати наведені у таблицях 1–3 [10–12], показує що наявність целюлози та лігніну гарантує, що агропелети можуть використовуватись у вигляді палива.

Таблиця 1. Хімічний склад відходів круп'яного виробництва

Вид сировини	Ліпіди	Клітковина	Зола	Протеїн
Лузга вівса	0,50	48,80	4,30	5,20
Лузга риса	2,00	38,60	16,90	5,20
Лузга гречки	1,60	29,40	5,00	4,09

Таблиця 2. Хімічний склад виноградних вичавок

Речовини	Целюлоза	Геміцелюлози	Пектинові речовини	Лігнін	«Сирий» протеїн	«Сирий» жир	Дубильні речовини	Мінеральні речовини
Вміст компонентів, %	22,3	12,9	0,7	35,4	18,8	1,4	1,8	3,1

Таблиця 3. Хімічний склад кавового шламу

Речовини	Кавова олія	Целюлоза і лігнін	Кофеоль	Белки
Вміст компонентів, %	7 – 12	60 – 75	3 – 5	5 – 7

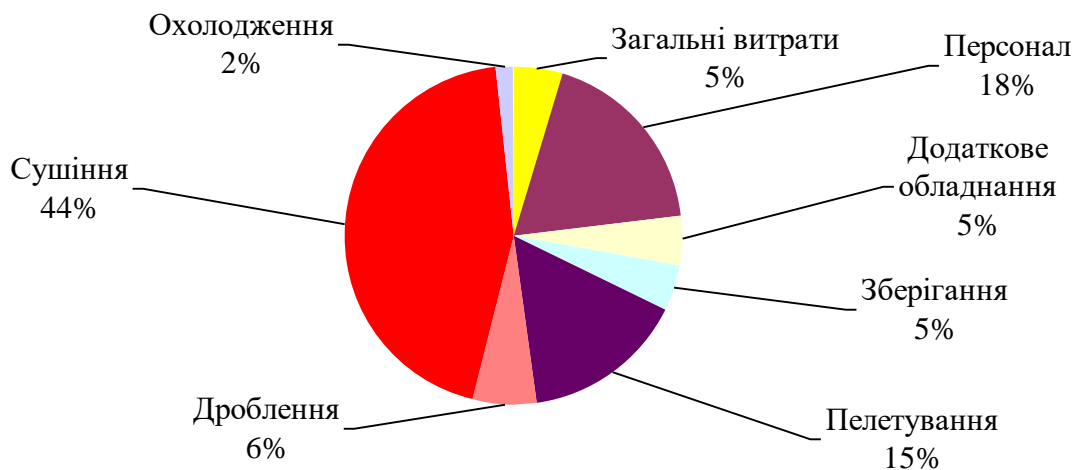
Дані про вологість сировини (таблиця 4) були отримані безпосереднім вимірювання метод висушування до постійної маси за стандартною методикою.

Таблиця 4. Вологість сировини для агропелет

Відходи	Лузга вівса	Лузга риса	Лузга гречки	Виноградні вичавки	Кавовий шлам
Вологість, %	9,5 – 11	8 – 11	6,5 – 8,2	48 – 60	82

З таблиці 4 випливає, що відходи круп'яного виробництва (лузга вівса, лузга риса, лузга гречки) мають вологість яка дозволяє безпосередньо спрямувати їх до пресування. Виноградні вичавки й кавовий шлам маючи непомірну високу вологість, тому повинні спочатку бути висушені. Відомо, що процес сушіння є найбільш енергоємним. Передбачається, що виготовлення пелет з кавового шламу або виноградних вичавок, буде здійснюватися на вітчизняних комбінатах з виробництва розчинної кави або на винних заводах, відповідно, тому сировина буде безкоштовною. Тоді частка сушіння в структурі собівартості пелет буде виглядати зухвало [13] (рис.3). Проведені дослідження показали, що вилучення вільної вологи за допомогою центрифугування, дозволить різко зменшити витрати енергії на зневоднення. Вологість кавового шламу зменшилась на 11,3%, витрати енергії на центрифугування склали 466,21 кДж на 1 кг вилученої вологи. Для сушіння пропонується конвективне сушіння у киплячому стані. На підставі

проведених експериментальних досліджень встановлено, що швидкість сушіння - 5,67% / хв; питома витрата енергії на сушіння - 5,4 МДж/кг. Необхідно додати, що утилізація тепла відпрацьованого агента сушіння і вибір його оптимальної швидкості дозволить значно знизити енерговитрати. Крім того, в якості агента сушіння, можливо, використовувати димові гази, які утворюються в результаті згорання пелет, що різко здешевить процес сушіння. швидкість сушіння в киплячому шарі вище радіаційного сушіння більш ніж в 3 рази [14, 15].



**Рис. 3.** Структура собівартості виробництва пелет з шлему та виноградних вичавок.

**Результати досліджень.** З кавового шлему, виноградних вичавок, лузги вівса, лузги риса та лузги гречки було виготовлені пелети які були спалені у спеціальному стенді по типу піч з природною тягою. Стенд дозволяє вимірювати температуру горіння твердого палива, відсоток золи та теплоту згорання, завдяки скляній камері можлива візуалізація процесу горіння. Спостерігаючи за процесом горіння було помічено, що при однакових умовах найшвидше спалахував кавовий шлам, найповільніше агропелети із відходів переробки круп'яних культур. Кавовий шлам горить практично без диму на відміну від пелет із виноградних вичавок, лузги вівса, лузги риса та лузги гречки. В результаті були отримані наступні дані які представлені у таблиці 5.

**Таблиця 5. Характеристики агропелет**

Сировина пелет	Теплота згорання, МДж/кг	%, золи	Температура горіння, °С
Деревина	15 – 19	0,5 – 1,5	270
Кавовий шлам	15 – 17	0,3 – 0,5	515
Виноградні вичавки	14 – 16	1 – 2	520
Лузга вівса	12,5 – 14	4 – 6	540
Лузга риса	11 – 12	11 – 15	540
Лузга гречки	13 – 14,5	8 – 9	540

**Висновки.** В результаті проведених досліджень встановлено, що агропелети за своїми теплотехнічними характеристиками можуть вдало конкурувати з традиційними із деревини. Враховуючи їх енергетичні характеристики припустимо заміна традиційного палива (природного газу та вугілля) на підприємствах АПК де утворюються ці відходи на агропелети. Враховуючи безперервний тренд збільшення вартості енергоносіїв з одного боку та безкоштовність відходів й зменшення витрат на їх утилізацію можливо очікувати економічну привабливість використання агропелет.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Левицький А.П., Лапінська А.П., Селіванська І.О., Ходаков І.В. Використання побічних продуктів переробки винограду у функціональні годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. *Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки*. Одеса, 2016. Вип. 46. Т. 1. С. 51 – 57.
2. Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Шведов В.В., Ружицька Н.В. Процеси переробки шламу в технологіях виробництва розчинної кави. *Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки*. Одеса, 2010. Вип. 37. С. 252 – 255.
3. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления – [Електронний ресурс]. URL: <http://www.waste.ru/uploads/library/specificshowing.pdf>
4. Перспективи альтернативної енергетики в Україні / Z - Україна, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zet.in.ua/zakonoproekt/energetika/perspektivi-lternativno%D1%97-energetiki-v-ukra%D1%97ni/>
5. Orloff J. The Most Common Alternative Energy Sources / J. Orloff // Aboutmoney. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saveenergy.about.com/od/alternativeenergysources/a/altenergysource.htm>.
6. Селінний М.М. Світові тенденції виробництва біопалива. *Агроінком*. 2013. №1-3. С. 60-62.
7. Осадчук П. І., Кудашев С. М. Рапсова олія та її використання. *Науково практичний журнал «Масло-жировой комплекс»*. 2006. №2, С. 35-37.
8. Маляренко В.А., Яковлев А.И. Возобновляемые энергоресурсы – основа альтернативной энергетики. *Ежеквартальный научно-технический журнал «Интегрированные технологии и энергосбережение»*. 2008. №2. С.29-32.
9. Колодцько Т. Г. Потенціал виробництва біопалива в Україні // Колодцько Т.Г., Губено В.І. - [Електронний ресурс]. Точка доступу: [http://www.btsau.kiev.ua/files/list/edition/ed\\_fkbijdakvh.pdf](http://www.btsau.kiev.ua/files/list/edition/ed_fkbijdakvh.pdf)
10. Осмак А.А., Серёгин А.А. Растительная биомасса как органическое топливо. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий* 2014. №2. С.57 – 61.
11. Хашпакянц Б.О., Красина И.Б. Кофейный шлам как сырье для получения биологически активных добавок. *Научные труды КубГТУ* . 2016. № 14. С.334 – 339.

12. Перетяка С.Н. Исследование энергетических характеристик кофейного шлама. *Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки*. 2011. Вип. 39, Т. 2, С. 345 – 347.
13. Практическое руководство по созданию пеллетного производства // ALLIGNO Maschine nelexport GmbH / www. Alligno. ru
14. Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Саламаха В.І., Малашевич С.А. Дослідження процесу сушіння шламу кави під дією інфрачервоного випромінювання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь*. 2011. Вип. 11, С. 153 – 158.
15. Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Борщ А.А. Кінетика ПЧ – сушіння шламу кави. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 4 (17). С. 96 – 99.

## ПЕЛЛЕТЫ ИЗ ОТХОДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Перетяка С. Н., Осадчук П. И.

**Ключевые слова:** пеллеты, биотопливо, система отопления, энергоэффективность, отходы производства, кофейный шлам, виноградные выжимки, шелуха крупяного производства.

### Резюме

*Традиционные пеллеты, которые распространены в развитых странах и в Украине, уже заняли свое место на рынке топлива. Эти пеллеты изготавливаются из отходов деревообрабатывающей промышленности. Однако, остается огромный сегмент сырья, которое потенциально можно использовать для производства пеллет - отходы пищевых производств. Объемы этих отходов непосредственно связано с объемами производства продуктов питания, которые непрерывно растут. Пищевая промышленность Украины по сравнению с другими отраслями всегда характеризовалась устойчивым ростом. Сырье для агропеллет существенно отличается от древесины. Это отличие заключается в химическом составе, по гранулометрическому составу, влажности. Единственное, что их объединяет - они являются отходами, которые создают значительную нагрузку на окружающую среду. Кроме того, предприятия должны тратить средства на транспортировку и захоронение отходов на мусорных полигонах. Непосредственное использование кофейного шлама, виноградных выжимок и отходов переработки крупяных культур в виде удобрения невозможно. Химический состав сырья, показывает, что наличие целлюлозы и лигнина гарантирует, что агропеллеты могут использоваться в качестве топлива. Из кофейного шлама, виноградных выжимок, лузги овса, лузги риса и лузги гречихи было изготовлены пеллеты, которые были сожжены в специальном стенде по типу печь с естественной тягой. Стенд позволяет измерять температуру горения твердого топлива, процент золы и теплоту сгорания, благодаря стеклянной камере возможна визуализация процесса горения. Целью исследований является обоснование использования пеллет из отходов пищевых производств для теплоэнергетики Украины. Анализ*



*литературных источников и проведенные экспериментальные исследования доказали конкурентоспособность таких пеллет. Определены теплоэнергетические показатели пеллет из отходов, которые можно использовать при расчете систем отопления. Установлено, что агропеллеты по своим теплотехническим характеристикам могут удачно конкурировать с традиционными из дерева. Учитывая их энергетические характеристики, допустима замена традиционного топлива (природного газа и угля) на предприятиях где образуются эти отходы на агропеллеты.*

## PELLETS FROM THE WASTE OF FOOD PRODUCTION

Peretiaka S. M., Osadhuk P. I.

**Key words:** pellets, bio fuel, heating system, energy efficiency, production waste, coffee sludge, grape squeezes, cereal husks.

### Summary

*Traditional pellets, which are common in developed countries and in Ukraine, have already taken their place in the fuel market. These pellets are made from waste wood industry. However, there remains a huge segment of raw materials that can potentially be used to produce pellets - food waste. The volumes of these wastes are directly related to the volumes of food production that are continuously growing. Ukraine's food industry has always been characterized by steady growth compared to other industries. The raw material for a fishing rope differs significantly from wood. This difference lies in the chemical composition, the granulometric composition, humidity. The only thing that unites them - they are waste that creates a significant load on the environment. In addition, enterprises must spend money on transportation and disposal of waste at garbage disposal sites. Direct use of coffee slurry, grape harvest and waste processing of cereals in the form of fertilizer is not possible. The chemical composition of the raw material shows that the presence of cellulose and lignin ensures that the pellets can be used as fuel. Pellets were made from coffee slurry, grape harvest, oats, rice husk and buckwheat hulls, which were burnt in a special stand with a natural stove furnace. The bench allows you to measure the burning temperature of solid fuel, the percentage of ash and the heat of combustion, thanks to the glass chamber, visualization of the combustion process is possible. The purpose of the research is to substantiate the use of pellets from food industry wastes for the heat power industry of Ukraine. Analysis of literary sources and conducted experimental studies have proved the competitiveness of such pellets. The thermal energy parameters of the pellets from the waste, which can be used in the calculation of heating systems, are determined. It has been established that agricultural pellets can compete successfully with traditional wood-based traits for their thermal characteristics. Given their energy characteristics, it is permissible to replace traditional fuel (natural gas and coal) at the enterprises where these waste is generated on agro-pellets.*