

UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA

Cu titlul de manuscris
C.Z.U.: 631. 3; 620.952

GUDÎMA ANDREI

**TEHNOLOGIA DE OBȚINERE A PELEȚILOR ENPlus DIN
REZIDUURI AGRICOLE ÎN CONDIȚIILE REPUBLICII
MOLDOVA**

**255.02. TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU INDUSTRIA
PRODUSELOR AGRICOLE**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

CHIȘINĂU, 2018

Teza a fost elaborată în cadrul Laboratorului de Biocombustibili Solizi și catedrei „Mentenanța Mașinilor și Ingineria Materialelor”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Conducător științific: Marian Grigore, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, 255.02. *Tehnologii și mijloace tehnice pentru industria produselor agricole*

Consiliul Științific Specializat a fost aprobat de către Consiliul de Conducere al ANACEC prin decizia nr. 7 din 11.05.2018, în următoarea componență:

Referenți oficiali:

CRĂCIUN Vasile, doctor inginer, profesor universitar, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Iași, România;

CEREMPEI Valerian, doctor habilitat în tehnică.

Consiliului științific specializat:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. DULGHERU Valeriu, președinte | doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, UTM; |
| 2. BEȘLEAGA Igor, secretar științific | doctor în tehnică, conferențiar universitar, UASM; |
| 3. POBEDINSCHI Victor | doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, UASM; |
| 4. ȚIȚEI Victor | doctor în biologie, conferențiar cercetător, Grădina Botanică; |
| 5. BALAN Ovidiu | doctor inginer, conferențier universitar, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Iași, România; |
| 6. GOROBET Vladimir | doctor în tehnică, conferențiar universitar, UASM. |

Susținerea va avea loc la 6 iulie 2018, ora 13⁰⁰, **aula 1-2**

în ședința Consiliului științific specializat **D60.255.02-05** din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova

Teza de doctorat și autoreferatul pot fi consultate la biblioteca Universității Agrare de Stat din Moldova și la pagina web a CNAA: // www.cnaa.md

Autoreferatul a fost expediat la _____

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

Beșleaga Igor, dr. în tehn. _____

Conducător științific,

Marian Grigore, dr. hab. în tehn., prof. univ. _____

Autor

Gudâma Andrei _____

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța problemei abordate. Lucrarea propune o analiză a căilor de îmbunătățire a calității biocombustibililor solizi obținuți din materie primă autohtonă în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie și a influenței acestora supra durabilității agriculturii în condițiile Republicii Moldova.

Dezbătută din mai multe perspective, tema tezei de doctorat se dovedește a fi importantă și actuală prin necesitatea dezvoltării continue a suportului teoretic și optimizării procesului tehnologic de obținere a peleților de foc cu caracteristici calitative corespunzătoare cerințelor ENPlus 3 (ISO 17225-2). Printre argumentele cele mai semnificative se regăsesc următoarele: problema energetică, dominată de combustibilii fosili, care sunt importați, practic, în întregime; epuizarea în ritm accelerat a resurselor de combustibili fosili; abundența de biomasă existentă în lume și la noi în țară; angajamentele asumate în Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030; exigențele mereu crescânde față de calitatea biocombustibililor solizi; specificul biomasei autohtone; necesitatea de o înțelege mai profundă a procesului de peletizare; contradicțiile existente în prezent între ipotezele cunoscute și necunoscute referitoare la eficiența folosirii tratamentelor termochimice a biomasei vegetale în aspectul îmbunătățirii calității peleților de foc produși din această biomasă; necesitatea concretizării regimurilor tehnologice de pre-tratare a biomasei lignocelulozice prin torefiere funcție de particularitățile specifice ale biomasei provenite din reziduuri agricole, precum și prin includerea postulatelor din lucrare în curriculele cursurilor universitare pentru ciclul doi și trei de studii universitare cum sunt „Biomasa pentru scopuri energetice”, „Managementul biomasei agrosilvice pentru scopuri energetice”, „Metode și echipamente de cercetare a biocombustibililor” și „Teorii și tehnologii de management al deșeurilor agricole”.

Scopul și obiectivele tezei: Obiectivul general al tezei este Sporirea calității biocombustibililor solizi în formă de peleți prin elaborarea unor tehnologii de tratare preventivă termochimică a materiei prime și de densificare a produsului finit.

Pentru realizarea scopului propus au fost înaintate următoarele obiective: identificarea stadiului actual referitor la asigurarea calității biocombustibililor solizi în formă de peleți în acord cu bunelor practice promovate în UE și corelate cu cele existente la noi în țară; estimarea cantitativă și calitativă a potențialului de biomasă provenită din activități agricole pentru producerea peleților de foc; studiul impactului diferitor parametri asupra procesului de peletizare în baza căruia se va identifica parametrii cheie de proces și, în continuare, va permite elaborarea recomandărilor pentru alegerea itinerarului tehnologic și dezvoltarea unui model referitor la stabilirea condițiilor optime ale procesului tehnologic de peletizare; studierea schimbărilor calitative ale peleților în rezultatul operațiilor de pre-tratare și dezvoltarea, în baza rezultatelor obținute, a unui set de verigi tehnologice chemate să sporească indicatorii calitativi ai peleților produși din biomasă agricolă.

În calitate de **obiect** al cercetărilor au servit biocombustibilii în formă de peleți. Obiectul cercetărilor este unul din cele mai importante elemente componente în asigurarea cu energie termică regenerabilă a Republicii Moldova. De asemenea, obiectul cercetării prezintă interes sporit din punct de vedere al calității și influenței

dezvoltării și promovării acestuia asupra mediului și durabilității agriculturii Republicii Moldova.

Subiectul cercetărilor se referă la studierea și estimarea cantitativă și calitativă a obiectului cercetării prin prisma îmbunătățirii calității acestuia, perfecționând metodele de procesare pe întreg ciclul de viață, optimizând constituția materiei prime cu asigurarea unor caracteristici fizico-mecanice și chimice capabile să contribuie la obținerea produselor finite în acord cu cerințele normelor de calitate ENPlus 3 având în vedere și impactul asupra mediului și asupra dezvoltării continue a agriculturii Republicii Moldova

Metodologia cercetării se bazează pe un studiu polifactorial organizat și realizat interactiv în două faze distincte: mai întâi, au fost formulate ipotezele de lucru referitoare la ideea posibilității îmbunătățirii calității peleților de foc prin folosirea pre-tratărilor termochimice a materiei prime; în al doilea rând, au fost confirmate ipotezele înaintate prin cercetări de laborator a principalelor procese determinative ale torefierii și densificării biomasei folosite la producerea peleților de foc.

Veridicitatea datelor experimentale obținute în teză este asigurată de: numărul argumentat de obiecte luate în studiu; determinarea intervalului de încredere al mărimilor măsurate pe baza rezultatelor experimentale obținute; repetabilitatea fiecărui experiment; programarea matematică a experimentelor și prelucrarea statistică a datelor obținute cu utilizarea softurilor MATHCAD, STATGRAPHICS și MATHLAB; folosirea metodelor standarde și aprobate de măsurare a factorilor de răspuns; folosirea la realizarea încercărilor doar a mijloacelor de măsurare etalonate și atestate în modul stabilit de către standardele în vigoare.

Problema științifică importantă soluționată. În baza studiului realizat în această lucrare, s-a soluționat una din problemele importante stabilită în sistemul de management al calității biocombustibililor solizi și anume – *Creșterea nivelului de calitate a peleților prin optimizarea constituției materiei prime, perfecționarea tehnologiilor de producere a peleților folosind procedee efective de pre-tratare a materiei prime și prin concretizarea regimurilor tehnologice de condiționare și densificare a materiei prime.*

Noutatea și originalitatea științifică a cercetărilor preconizate constă în următoarele:

- alegerea, pentru prima dată, în calitate de obiect al cercetărilor sistemul de management al calității biocombustibililor solizi în acord cu politicile UE cu pretare la situația din Republica Moldova;
- analiză critică detaliată a stadiului actual cu privire la managementul calității biocombustibililor solizi în condițiile Republicii Moldova;
- cercetarea în premieră a oportunității obținerii combustibililor solizi de calitate ENplus în condițiile Republicii Moldova din materie primă autohtonă;
- optimizarea regimurilor tehnologice la tratarea termochimică prin torefiere a biomasei lignocelulozice folosite la producerea peleților de foc din reziduuri agricole;
- stabilirea constituției optime a materiei prime în formă de amestecuri de biomasă vegetală folosită la producerea peleților de foc din reziduuri agrosilvice.

Importanța teoretică constă în propunerea unei metodologii complexe de estimare a potențialului energetic al reziduurilor vegetale agricole pentru scopuri

energetice și a unui proces tehnologic original de torefiere a biomasei lignocelulozice folosite la producerea peleților de foc.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în posibilitatea folosirii tehnologiei de pre-tratare a reziduurilor agricole și a rețetelor de amestecuri de materie primă autohtonă la producerea peleților de foc cu caracteristici corelate cu cerințele normelor internaționale ENPlus precum și la perfecționarea procesului de instruire a studenților, masteranzilor și doctoranzilor de la specialitățile din domeniul *Științe și activități ingineresti*.

Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:

1. Metodologia de estimare a potențialului de biomasă agricolă pretabilă pentru scopuri energetice;

2. Estimarea valorii calorifice a reziduurilor agricole provenite din diferite zone ale Republicii Moldova;

3. Caracteristicile biomasei lignocelulozice folosite în calitate de materie primă la producerea peleților de foc cu proprietăți corelate cu cerințele normelor ENPlus (ISO 17225-2);

4. Tehnologia de producerea a peleților de foc din reziduuri agricole cu folosirea torefierii în calitate de operație de pre-tratare termochimică a materiei prime;

5. Regimurile tehnologice de producere a peleților de foc în fazele de condiționare a materiei prime și în cea de densificare a produsului finit (peleților).

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele obținute sunt implementate la SRL „BIOBRIPIL-PLUS”, cât și prin recomandările Ministerului Agriculturii și Industriei Alimentare privind implementarea rezultatelor obținute la întreprinderile de producere a peleților de foc.

Aprobarea rezultatelor. Rezultatele cercetărilor din teza de doctorat au fost diseminate prin publicarea unui număr de 14 lucrări în diverse jurnale științifice de profil, în lucrări editate cu ocazia unor manifestări științifice naționale și internaționale. Aspectele teoretice și aplicative au fost prezentate și aprobate la ședințele seminarului intercatedral al Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto, UASM (în anii 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017); conferința științifică a studenților UASM (2010, 2011, 2012), Simpozionul Științific Internațional organizat cu ocazia aniversării de 80 ani ai UASM (2013); Simpozionul Științific Internațional organizat cu ocazia aniversării de 65 ani ai FIATA UASM (2015). Colocviul științific „Orientări actual în cercetarea doctorală”, ed. VII-a, Bălți, 2017.

Publicații la tema tezei. Rezultatele obținute și prezentate în teza de doctorat au fost publicate în 14 lucrări științifice, inclusiv: 2 articole fără coautori, 7 articole în reviste științifice de profil, 7 articole în culegeri internaționale/naționale și 4 comunicări științifice.

Volumul și structura tezei. Lucrarea este compusă din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 124 titluri, 15 anexe, 113 pagini (până la bibliografie), 32 figuri, 24 tabele.

Cuvinte-cheie: Biocombustibili solizi, Calitate peleți; Densificare; Peleți, Reziduuri agricole; Tehnologie, Torefiere.

CONȚINUTUL TEZEI

În *Introducere* se prezintă problemele științifice referitoare la asigurarea calității biocombustibililor solizi în formă de peleți, este argumentată actualitatea temei de cercetare, sunt determinate scopul și obiectivele cercetării, se evidențiază noutatea științifică, importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării.

Capitolul 1 intitulat *Analiza situației în domeniul tehnologiilor de obținere a peleților din reziduuri agricole în condițiile Republicii Moldova* sintetizează stadiul actual al cercetărilor în domeniul tehnologiilor de obținere a peleților de foc din reziduuri agricole.

În baza analizei datelor diferitor autori, referitoare la influența umidității, granulației, originii și caracteristicilor materiei prime asupra calității biocombustibililor densificați, în special asupra puterii calorifice și a conținutului chimic al produsului finit s-a înaintat ipoteza despre posibilitatea dirijării cu anumiți indicatori calitativi ai peleților, obținuți din biomasă autohtonă, prin diverse procedee tehnologice. Printre aceste procedee mai efective s-au dovedit a fi pre-tratarea termochimică a materiei prime. Analiza metodelor de pre-tratare termo-chimică a materiei prime a demonstrat că, pentru condițiile existente astăzi în Republica Moldova, tofeierea este mai efektivă și mai accesibilă.

Pentru confirmarea ipotezei înaintate s-a argumentat necesitatea studierii mai multor aspecte cum sunt specificul și caracteristicile diferitor tipuri de biomasă autohtonă; optimizarea constituției amestecurilor materiei prime și a regimurilor tehnologice de tofeiere și densificare; argumentarea utilajului tehnologic, sculelor și verificatoarelor.

Un rol aparte în acest capitol revine identificării variabilelor de fabricație care pot fi perfecționate. Printre acestea se regăsesc: regimurile tehnologice de densificare (presiunea de comprimare, temperatura de formare a granulelor, granulația particulelor); regimurile tofeierii (temperatura și durata expunerii) și al.

În continuare, reieșind din analiza datelor din literatura de specialitate, s-a demonstrat că sunt necesare studii referitoare la optimizarea constituției materiei prime prin alcătuirea unor amestecuri capabile se întrunească unele proprietăți de compromis care ar putea asigura dirijarea cu unele proprietăți în direcția dorită de către producător și consumator.

În urma celor prezentate în primul capitol au fost structurate concluzii referitoare la materialul din acest compartiment și au fost concretizate direcțiile de cercetare.

În **capitolul 2** intitulat *Programarea experimentelor, metodică generală de cercetare și echipamente necesare* se prezintă itinerarul și conținutul cercetărilor, sunt descrise metodică încercărilor de laborator și a măsurărilor, cerințele impuse utilajului științific și mijloacelor de măsurare, procesul de validare a metodelor și utilajelor folosite în cercetare și trasabilitatea încercărilor,. Tot în acest capitol se descrie obiectul cercetării din punct de vedere al capacității de cercetare, laboratorul de cercetări științifice specifice tematicii tezei de doctorat care este organizat în cadrul LBCS UASM.

Pentru confecționarea obiectului cercetării (peleților de foc) s-au folosit trei tipuri de biomasă: provenită din reziduuri lemnoase rezultate din operațiile de tăiere și

emondare a pomilor fructiferi; provenită din diverse culturi agricole și provenită din culturi energetice. Probele de biomasă au fost prelevate din diferite zone climatice ale republicii.

Cercetările au fost organizate în trei etape distincte.

În prima etapă s-a realizat o analiză aprofundată a situației în domeniul tehnologiilor de obținere a peleților din reziduuri agrosilvice în condițiile Republicii Moldova. Studiul a fost organizat printr-un sistem deductiv bazat pe informația culeasă din datele prezente în literatura de specialitate referitoare la cerințele actuale cu privire la calitatea peleților de foc produși din biomasă lignocelulozică și căile de asigurarea a acestei calități. În baza analizei realizate au fost identificate problemele existente și au fost formulate ipotezele științifice.

În cadrul etapei a doua s-au realizat cercetări privind potențialul de biomasă existent în diferite zone ale Republicii Moldova. Au fost analizate mai multe loturi de eșantioane prelevate din trei zone ale Republicii Moldova: Nord, Centru și Sud. Probele, în faza inițială, au avut umiditate diferită, care a fost determinată înainte de realizarea testelor calitative. Puterea calorifică a fost determinată pe probe în stare anhidră.

Pentru estimarea potențialului energetic anual s-a propus o relație matematică care include un șir de factori de influență cu caracter tehnic, economic și social. Astfel, potențialului energetic aferent unei suprafețe specifice fiecărei culturi s-a folosit calculat cu următoarea expresie:

$$P_{s.ener,S} = S_i \cdot m_{p.b.i} \cdot K_{rez} \cdot K_{d.e} \cdot (1 - K_{per}) \cdot NCV, \text{ MJ/an} \quad (1)$$

în care S_i este suprafața pentru care s-a estimat potențialul energetic al biomasei, în ha; $m_{p.b.i}$ – masa producției de bază la un hectar/an, K_{rez} – factorul unitar de conversie pentru cultura respectivă; $K_{d.e}$ – factorul de disponibilitate a biomasei pentru scopuri energetice pentru cultura respectivă, K_{per} – coeficientul pierderilor inevitabile de la recoltare, transportare și stocare, NCV – puterea calorifică inferioară a biomasei respective.

În etapa a treia experimentele au fost structurate în direcția asigurării calității, în faza tehnologică de producere, a biocombustibililor solizi în formă de peleți de foc. Procesul de densificare a peleților a fost studiat printr-un experiment polifactorial cu patru variabile. În calitate de variabile de influență au servit temperatura peletizării, umiditatea biomasei, granulația biomasei și forța de presare. Planul experimental este construit cu 3 niveluri ale factorilor cu câte 27 de experimente pentru fiecare tip de biomasă, total 81 de experimente. Fiecare experiment a fost repetat de 3 ori.

Pentru fiecare tip de biomasă s-a determinat distribuția granulometrică prin cernere a unui eșantion de biomasă reprezentativă pentru fiecare tip, Masa fiecărui tip de biomasă a constituit câte 100 g fiecare. Biomasa a fost cernută, timp de 10 minute cu viteză constantă printr-un set de site vibrante la instalația Retsch 100 în conformitate cu SMV EN 15149-2012.

Densificarea peleților s-a realizat, în mod individual, pe o instalație concepută, proiectată și construită de către noi în cadrul Laboratorului de biocombustibili solizi, UASM (Fig. 1).

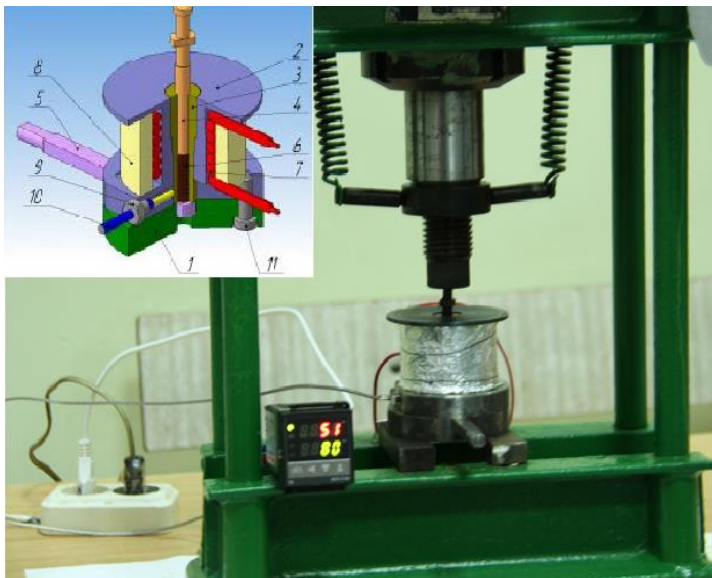


Figura 1. Instalația de studiere a procesului de densificare a unei granule: 1 – fundație; 2- carcasă; 3 – cilindru; 4 - piston cu diametrul 8 mm; 5 – suport glisant; 6 – materialul densificat; 7- element de încălzire; 8 – cămașă; 9 – fixator; 10 – termocuplu; 11- bulon fixator.

Presa este formată dintr-un cilindru și un piston cu diametrul de 8 mm încorporați într-o carcasă metalică înfășurată de un element termic. Temperatura este controlată cu ajutorul unui termocuplu conectat la o unitate de control. Fundul matriței este închis de către o bară glisantă care, în poziția închisă, blochează evacuarea materialului densificat, iar în poziția deschisă - permite evacuarea acestuia din gaura matriței.

Pentru studierea procesului de torefiere a biomasei solide a fost elaborată, proiectată și confecționată o instalație specială dotată cu echipamentul necesar de urmărire, control și înregistrare a datelor experimentale. Încercările fizice, mecanice și chimice au fost realizate pe utilaje standarde din dotarea Laboratorului de biocombustibili solizi UASM. Toate utilajele folosite în prezentata teză de doctorat au fost validate și etalonate în conformitate cu cerințele standardelor în vigoare.

Indicatorii calitativi ai probelor luate în studii au fost estimați prin metode standarde sau validate și aprobate în modul stabilit de către cerințele standardului **SM EN ISO 17025**.

Conținutul de umiditate a fost stabilit prin metoda gravimetrică, în conformitate cu standardele SM EN ISO 18134.1-3:2017 care se bazează pe eliminarea conținutului de lichid din probe prin uscare în etuve speciale și determinarea conținutului de umiditate în procente. Probele au fost uscate în etuva de producție germană Memmert UNBU cu posibilitate de control și menținere stabilă a temperaturii în limitele $(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ și de ventilare a incintei cu viteza de la 3 până la 5 volume de lucru ale etuvei pe oră. Viteza aerului a fost reglată în funcție de granulația probelor astfel încât să nu deplaseze particulele de biomasă.

Puterea calorifică a probelor studiate a fost determinată conform standardului *ISO 18125: 2015 Solid biofuels - Determination of calorific value* prin arderea completă a probelor în bomba calorimetrică LAGET MS – 10A din dotarea Laboratorului de Biocombustibil a Universității Agrare de Stat din Moldova.

Puterea calorifică inferioară în bază uscată a fost calculată având în vedere că energia vaporizării (pentru volum constant) a apei cu temperatura inițială 25°C este egală cu $41,53 \text{ kJ/mol}$ ce corespunde valorii de $206,0 \text{ J/g}$ pentru 1% conținut hidrogen în probă, sau $23,05 \text{ J/g}$ pentru 1% umiditate probă. Astfel, puterea calorifică inferioară

în bază uscată, la volum constant, derivată din puterea calorică superioară a fost calculată cu relația:

$$\text{NCV}_{v,\text{net,d.}} = \text{GCV}_{v,d} - 206 \times w(\text{H})_d, \quad (2) \text{ în}$$

care $\text{GCV}_{v,d}$ este puterea calorică superioară în bază uscată la volum constant, J/g, $w(\text{H})_d$ – conținutul de hidrogen, în procente masice, din combustibil fără umezeală.

Conținutul de cenușă s-a determinat prin calcinarea probelor de biocombustibil în cuptorul electric de calcinare cu mufă tip LH 05/13 produs de firma Cehă LAC (Figura 2.10) prin metoda arderii lente. Cuptorul este dotat cu sistem de aerisire suficientă pentru alimentarea cu oxigen a procesului de aprindere și calcinare (viteza de schimb egală cu 5 ... 10 volume de lucru a incintei cuptorului în minută).

Conținutul de elemente chimice a fost stabilit la analizorul elemental Vario MACRO cube CHNS și Cl produs de compania *Elementar*, Germană. Metoda se bazează pe principiul combustiei totale a probei cu separarea gazelor rezultate pe o colană cromatografică. Ulterior, proba cu masa cunoscută se arde în condiții până se transformă în cenușă și produse de combustie gazoase.

Credibilitatea încercărilor experimentale este asigurată de prelucrarea statistică a datelor experimentale cu determinarea domeniului de încredere pentru toate încercările și prin determinarea incertitudinii de măsurare și a repetabilității încercărilor.

Capitolul 3, intitulat *Potențialul și calitatea biomasei provenite din activități agricole pentru producerea peleților de foc* prezintă un studiu experimental chemat să suplinească golul informațional referitor la potențialul de biomasă existent în Republica Moldova prin identificarea celor mai adecvate reziduuri agricole și cuantificarea acestora în termeni de energie și potențial de materie primă pentru obținerea biocombustibililor solizi în formă de peleți certificați ENPlus.

Estimarea calitativă a biomasei s-a efectuat în trei faze. În prima fază s-a efectuat o analiză a potențialului energetic al biomasei lignocelulozice provenite din reziduuri agricole în condițiile Republicii Moldova. În baza analizei datelor statistice cu privire la recolta globală a unor culturi agricole în întreprinderile de producție amplasate în diferite zone ale Republicii Moldova s-a constatat că în zona de nord a republicii se produce cea mai mare cantitate de produse agricole ale cărora reziduuri pot fi folosite pentru obținerea peleților, urmată de zona de sud. Astfel, întreprinderile de producție cu activitate de bază agricultura din raioanele de nord ale republicii, în anul 2014, au produs cca. 46% cerealiere, 47% floarea-soarelui și 67% de fructe și pomușoare. Același tip de întreprinderi, amplasate în sudul republicii inclusiv Unitatea Teritorială Autonomă Găgăuzia, în anul 2014, au produs cca 36% cerealiere, 35% floarea soarelui și 14% fructe și pomușoare Suplimentar în zona de sud, inclusiv UTAG, se produce o cantitate mare de struguri (cca. 79% din producția totală de struguri). Pentru zona de centru, culturile caracteristice sunt strugurii, cerealierele și floarea soarelui. De menționat că în zona de centru o sursă importantă de materie primă pentru producerea peleților o poate constitui industria alimentară și ce-a prelucrătoare a lemnului.

În faza a doua a cercetărilor s-a stabilit potențialul energetic și calitatea biomasei obținute din reziduuri agricole provenite din diferite zone ale Republicii Moldova în conceptul de producere a peleților de foc. A fost estimat cantitativ și

calitativ potențialul de rezidării agricole care au o pondere mai mare în producția agricolă, dar și care ridică mai multe teme de discuții. Printre acestea se regăsesc reziduurile provenite de la cultivarea spicoaselor, porumbului, florii-soarelui și cele rezultate de la îngrijirea pomilor fructiferi.

Potențialul de paie. În cercetările noastre [12] s-au prezentat aspecte privind potențialul de paie disponibil pentru scopuri energetice, considerații pro și contra referitor la folosirea paielor în calitate de materie primă pentru fabricarea biocombustibililor solizi în condițiile Republicii Moldova. S-a constatat că paiile colectate în zona de sud au o putere calorică ceva mai mare în comparație cu cele prelevate din zonele de nord și de centru. Cea mai mică putere calorică s-a semnalat la paiile prelevate din zona de centru, însă diferența semnalată nu este semnificativă, cunoscând o variație destul de eterogenă în localitățile din cadrul zonelor respective. De exemplu, paiile prelevate în comuna Mănoilești din zona de centru au o putere calorică de 1,05 ori mai mare ca a celor prelevate din comuna Gotești, care este situată în zona de sud a țării. Această deviere poate fi explicată prin gradul diferit de degradare a paielor, condițiile de cultivare și colectare și altele [12].

Reziduuri de la cultivarea porumbului. În calitate de materie primă pentru fabricarea biocombustibililor solizi poate fi folosită tulpina, știuleții și cioclejul porumbului. În tabelul 1 se prezintă rezultatele cercetărilor referitoare la puterea calorică a probelor de biomasă obținută din reziduuri de porumb prelevate din diferite zone ale Republicii Moldova. Probele au fost colectate direct din câmp și uscate prealabil în uscătoria UASM.

Analiza datelor obținută remarcă că probele de porumb prelevate din zona de Nord posedă cea mai mare putere calorică ($NCV_{M=10\%}=14,997$ MJ/kg) urmate de cele prelevate din zona de Centru cu $NCV_{M=10\%}=14,831$ MJ/kg și de cele din zona Sud cu $NCV_{M=10\%}=14,598$ MJ/kg.

Tabelul 1. Puterea calorică a probelor de biomasă din porumb prelevate din diferite zone climaterice ale Republicii Moldova

Zona.	Localitate	GCV _d J/g	NCV _d J/g	NCV, J/g (M10%)	Devierea standard	Intervalul de încredere
N	s. Bulboaca, Briceni, (ciocleji)	18155,5	16919,5	14997,1	257,4	225,7
C	s. Drăgușenii Noi, Hâncești	17971,1	16735,1	14831,1	51,9	45,5
S	s. Sărăteni, Leova (ciocleji)	17712,2	16476,2	14598,1	239,0	209,5
Media		17946,3	16710,3	14808,7	182,8	160,2

În continuare, au fost realizate cercetări mai detaliate pentru toate părțile componente ale porumbului pretabile de a fi folosite în calitate de materie primă pentru producerea peleților [2].

Rezultatele obținute remarcă că, pentru probele luate în studiu, umiditatea absolută a boabelor la colectare, în mediu, este de 2,28 ori mai mică ca cea a ciocălăilor fără boabe, umiditatea absolută a boabelor fiind $U_d=16,67\%$, iar a ciocălăilor fără boabe $U_d=38,09\%$.

De menționat, că raportul umidității relative $M_{ar.}/ U_d$ este egal cu 1,86, umiditatea relativă a boabelor fiind $M_{ar.}=14,24\%$, iar a ciocălăilor fără boabe $M_{ar.}=26,49\%$.

O altă caracteristică importantă pentru biomasa folosită în calitate de biocombustibili solizi este cantitatea de cenușă rezultată de la ardere. Se știe că prezența cenușii micșorează calitatea combustibililor, sporește cheltuielile de transportare, stocare și înlăturare din focare.

Cercetările realizate pe probe din porumb, prelevate în comuna Trușeni, au demonstrat că conținutul de cenușă la starea anhidră, rezultată de la arderea diferitor părți componente ale porumbului, prezintă valori destul de scăzute fiind cuprinse între 1,25 – 4,61%. Cel mai scăzut conținut de cenușă îl au ciocălăii fără boabe (în mediu 1,25%), iar cel mai ridicat îl prezintă tulpinile (4,61%). Boabele, de asemenea, prezintă un conținut de cenușă în stare anhidră scăzut (în mediu 1,41%).

Este variată și puterea calorifică a diferitor părți componente ale porumbului, diferență fiind de cca 3 – 4 MJ/kg. Testarea biomasei, obținută din porumb „Porombeni – 458 MRF”, prelevată din diferite localități ale republicii a scos în evidență că puterea calorifică este destul de mare la boabe ($NCV_{M=10\%} = 15305 \pm 180$ J/g) și la tulpini ($NCV_{M=10\%} = 14800,8 \pm 178,9$ J/g). La rândul său, ciocălăii fără boabe prezintă o putere calorifică mai scăzută ($NCV_{M=10\%} = 11994,7 \pm 206,1$ J/g)). Acest lucru se explică și prin compoziția chimică a miezului de ciocălău.

Reziduuri de la cultivarea florei-soarelui sunt prezente în formă de tulpini, pălării și coajă de semințe. La ziua de astăzi, în Republica Moldova și țările vecine, lipsesc exemple de folosire a tulpinilor și pălăriilor de floarea-soarelui la producerea peleților de foc. Acest lucru poate fi explicat prin umiditate sporită la colectare, putere calorifică joasă și conținut mare de cenușă rezultată de la arderea acestor reziduuri. În schimb, coaja de semințe de floarea-soarelui se folosește foarte activ, atât la producerea brichetelor, cât și a peleților.

Analiza calitativă a biomasei obținută din coajă de semințe de floarea-soarelui prelevată din raioanele Drochia, Hâncești și Cantemir au demonstrat o deviere nesemnificativă a puterii calorifice a biomasei în funcție de zona prelevării. Devierea poate fi explicată prin mai mulți factori de influență printre care se regăsesc condițiile climaterice, condițiile de cultivare, folosirea diferitor agenți chimici în calitate de pesticide și îngrășăminte minerale. Important este că biomasa respectivă poate asigura obținerea unor peleți cu caracteristici apropiate de cele cerute de normele internaționale ENPlus.

Reziduuri de la îngrijirea pomilor fructiferi. Cercetările realizate la ziua de astăzi referitoare la folosirea biomasei rezultate de la pomii fructiferi demonstrează că datele estimatoare a calității a acestui tip de biomasă poartă un caracter general. Există dor câteva analize speciale consacrate posibilității folosirii biomasei lemnoase provenite de la pomii fructiferi pentru producerea peleților. Astfel cercetările realizate la Facultatea de Științe și Tehnologii de la Universitate Liberă din Bozen-Bozano, Italia de către Daio Pranto și colegii au arătat că reziduurile de măr pot fi folosite la producerea peleților, menționând și un șir de factori care influențează calitatea produsului finit și condițiile de mediu.

În faza a treia se efectuează un studiu de caz pentru raionul Soroca, care se referă la determinarea potențialului de biomasă rezultată de la culturile agricole pretabilă pentru a fi folosit în calitate de materie primă la producerea peleiților de foc.

Cantitatea de reziduuri, provenite anul din culturi agricole cultivate în raionul Soroca, s-a calculat și estimat folosind datele statistice ale autorităților locale din raionul Soroca pentru anii 2012-2015. Potențialul energetic s-a determinat pentru media anilor luați în studiu.

Pentru a estima potențialul energetic al biomasei provenită din culturi agricole a fost măsurată puterea calorifică superioară a probelor respective și, apoi, a fost calculată puterea calorifică inferioară pentru umiditatea 0 și pentru umiditatea de 10%.

Ierarhizând tipurile de biomasă după diferiți indicatori (Tabelul 2) constatăm că cel mai mare volum de biomasă, rezultată din activități agricole în raionul Soroca, se obține de la cultivarea floarii-soarelui (cca 17,7 mii tone), urmată de porumb (16,8 mii tone) și de reziduuri lemnoase de la pomi fructiferi din specia sămânțoaselor (5,24 mii tone). Însă, aici trebuie menționat că, biomasa rezultată de la cultivarea floarii-soarelui și a porumbului posedă o putere calorifică joasă, plasând-o, la acești indici, pe locurile 9 și 10. Aceste afirmații nu se referă la biomasa obținută din coji de semințe de floarea-soarelui care posedă o putere calorifică superioară în bază uscată egală cu $GCV_d = 20,02 \text{ MJ/kg}$ sau, recalculată, o putere calorifică inferioară la umiditatea 10% $NCV_{M=10\%} = 16,68 \text{ MJ/kg}$.

Tabelul 2. Ierarhizarea tipurilor de biomasă provenită din reziduuri agricole după diferite criterii pentru condițiile raionului Soroca

Nr. crt.	Tip biomasă	<i>m_{b.r.s.e.}</i>		<i>NCV v.net.</i> <i>W=10%</i>		<i>Ps.ener, Si, PJ</i>	
		ierarhizare	mii tone	ierarhizare	MJ/kg	ierarhizare	PJ
1	Reziduuri floarea-soarelui inclusiv coaja de semințe	1	17,70	9	14,86	1	0,263
2	Reziduuri de porumb	2	16,80	10	14,81	2	0,249
3	Resturi lemnoase pomi sămânțoase	3	5,24	1	17,1	3	0,09
4	Reziduuri rapiță	4	3,48	4	15,35	4	0,053
5	Paie de grâu	5	3,12	5	15,18	5	0,047
6	Reziduuri soia	6	0,86	12	12,2	6	0,01
7	Reziduuri mazăre	7	0,68	13	12,19	7	0,008
8	Reziduuri sfeclă de zahăr	8	0,51	14	12,19	8	0,006
9	Paie de orz	9	0,37	6	14,95	9	0,006
10	Resturi lemnoase pomi sămburoase	10	0,36	2	17,1	10	0,006
11	Reziduuri sorg pentru boabe	11	0,25	3	15,36	11	0,004
12	Reziduuri pomi nuciferi	12	0,00	8	14,89	12	0
13	Paie de ovăz	13	0,00	7	14,93	13	0
14	Reziduuri arbuști fructiferi	14	0,00	11	14,4	14	0
Total			49,4	-	-	-	0,74

Conform normelor internaționale, peleții pentru consum neindustrial de calitate ENPlus 3, trebuie să posede o putere calorică inferioară la recepție, de cel puțin 16,5 MJ/kg. Astfel, putem confirma că, peleți cu o putere calorică corespunzătoare normelor EN plus pot fi fabricați din biomasa lemnoasă rezultată din operațiile de tăiere și emondare a pomilor fructiferi (poz. 3 și 10, tab. 2) adăugând la aceasta și biomasa din coji de semințe de floarea-soarelui.

Biomasa cu nr. de ordine 4, 5 și 11, deoarece posedă o putere calorică inferioară apropiată de 15,5 MJ/kg, din punct de vedere al puterii calorifice, poate fi folosită în amestec pentru obținerea peleților certificați ENPlus. De asemenea, este important să menționăm că puterea calorică a produsului finit poate fi mărită prin diverse procedee tehnologice, de exemplu, torefierea sau adausul de aditivi naturali cu putere calorică mai mare.

Cercetările experimentale întreprinse în cadrul studiului de caz pentru condițiile raionului Soroca, Republica Moldova, a scos în evidență că în raion, din activități agricole, rezultă cca 49,4 mii tone de reziduuri agricole disponibile de a fi folosite în calitate de biocombustibili solizi ce constituie aproximativ 0,74 PJ, potențial care depășește de două ori potențialul de surse energetice folosite pentru încălzire în raion. Din volumul de biomasă rezultată din activități agricole în raionul Soroca, doar 5 % posedă o putere calorică inferioară la excepție ce depășește 16,5 MJ/kg și care poate fi folosită direct la fabricarea peleților și brichetelor cu o putere de ardere corespunzătoare cerințelor ENPlus Aproximativ 20% de biomasă agricolă (paie de grâu, reziduuri de rapiță, și de sorg) poate fi folosită pentru fabricarea biocombustibililor solizi de calitate prin formarea unor amestecuri, în care biomasa menționată ar avea rolul de componentă principală, celelalte tipuri de biomasă pot fi folosite în calitate de umpluturi ca componente secundare.

Capitolul IV intitulat *Îmbunătățirea calității peleților de foc prin procedee tehnologice* prezintă rezultatele experimentale și discuții privind posibilitățile de îmbunătățire a calității peleților de foc produși din reziduuri agricole. S-a studiat căile de majorare a principalilor indicatori calitativi ai peleților de foc prin optimizarea regimurilor de condiționare primară a biomasei, prin formarea amestecurilor de biomasă folosind reziduurile agricole, lemnul de foc și diferite culturi energetice și prin aplicarea unor procedee de pre-tratare a biomasei prin torefiere.

Deoarece gradul de uniformitate dimensională a particulelor influențează densitatea granulelor, iar în rezultat și alți parametri calitativi cum sunt densitatea în vrac, durabilitatea mecanică, s-a analizat distribuția granulometrică pentru trei tipuri de biomasă provenită din activități agricole:

1. Biomasă lemnoasă, rezultată de la tăierea pomilor fructiferi din specia sămânțoaselor, uscată în condiții naturale,
2. Biomasă lemnoasă, rezultată de la tăierea pomilor fructiferi din specia sămânțoaselor, uscată forțat în condiții intensive;
3. Biomasă din paie de grâu.

Biomasa lemnoasă a fost studiată pentru două moduri de condiționare a umidității: uscată în câmp, în condiții normale timp de un an de zile și uscată forțat în uscătoria experimentală a LBCS, UASM. Înainte de mărunțire toate cele trei tipuri de biomasă au fost aduse la aceeași umiditate prin menținerea tuturor probelor în etuva de

condiționare în vid EV MGGA 1, unde a fost menținute timp de 60 min la temperatura de 20 °C și umiditatea relativă 60%. Astfel, probelor luate în studiu au avut un conținut de umiditate egal cu $10 \pm 1,5$ °C.

După menținerea în etuvă, biomasa imediat a fost mărunțită la moara cu ciocane SV 7 cu trecerea prin site cu diferite dimensiuni ale ecranului ochiurilor și anume 1, 3 și 4 mm.

Rezultatele experimentale obținute demonstrează că în cazul condiționării biomasei în condiții naturale distribuția granulometrică este mai uniformă, atât a biomasei mărunțită prin sită cu ecranul ochiurilor de 3 mm, cât și a celei mărunțite prin sită cu ecranul ochiurilor 4 mm.

În cazul mărunțirii cu sită cu ecranul ochiurilor egal cu 3 mm, biomasa lemnoasă uscată în mod natural posedă o distribuție granulometrică foarte uniformă a particulelor pentru toate fracțiile dimensionale mai mici de 1 mm, constituind 82,38% wt. Frațiile granulometrice au fost repartizate după cum urmează: ($< 0,25$) - 29,88% wt.; (0,25 - 0,5) - 25,46% wt și (0,5 - 1) - 27,48% wt. Această situație se vizualizează foarte clar din Figura 2.

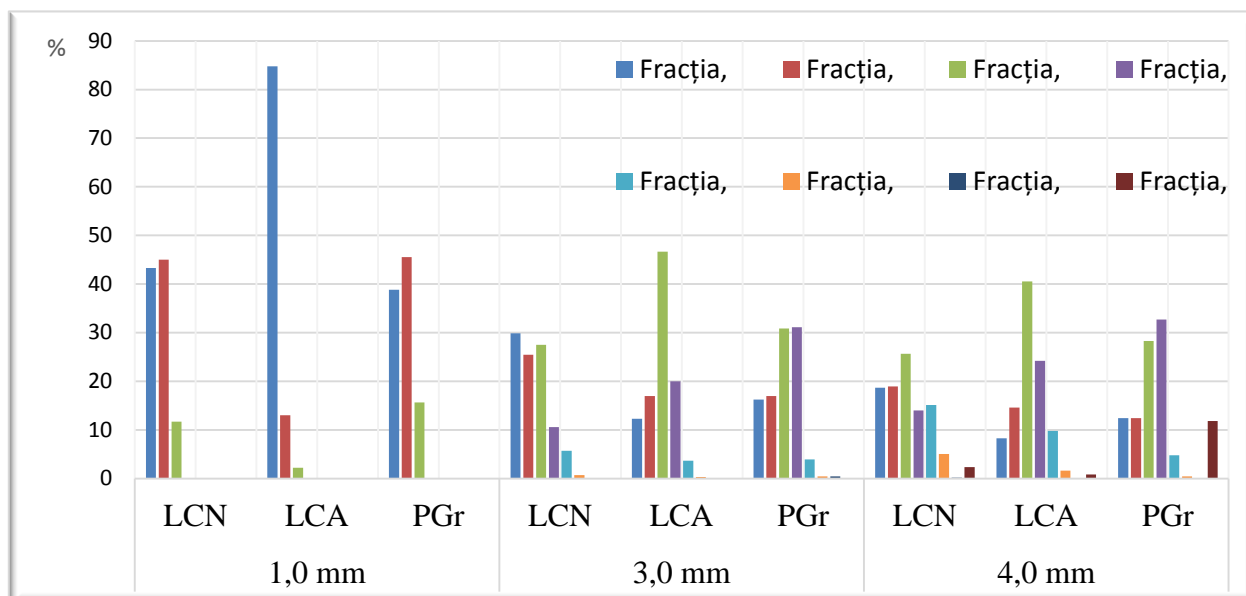


Figura 2. Distribuția granulometrică a biomasei măcinate prin sita cu ecranul ochiurilor 1, 3 și 4 mm: LCN – biomasă lemnoasă condiționată în regim natural; LCA – biomasă condiționată în regim artificial forțat; PGr – biomasă provenită din paie de grâu.

Biomasa uscată forțat și mărunțită prin sită cu ecranul ochiurilor egal cu 3 mm posedă o distribuție dimensională extrem de eterogenă în limitele 0 – 1 mm. Conținutul de biomasă cu dimensiuni mai mici de 1 mm constituie 75,91% wt., iar fracția cu dimensiuni mai mici de 0,25 mm este de 3,78 ori mai mică de cât cea cuprinsă în limitele (0,5 – 1 mm).

Aproximativ același fenomen se urmărește și în cazul măcinării cu sită de 4 mm. Biomasa uscată în condiții naturale cunoaște o distribuție dimensională relativ uniformă începând cu dimensiunile particulelor mai mici de 2 mm.

Acest fenomen poate fi explicat prin conținutul de extractive, care fiind prezent în formă de rășini, grăsimi, tanin, amidon, zahăr, proteine și minerale fac procesul de

mărunțire mai dificil de unde și neuniformitatea dimensională. Conținutul de extractive este mai mare în biomasa uscată artificial, deoarece eliminarea acestora nu are loc în virtutea vitezei mare de uscare. Pe când în cazul biomasei uscate în mod natural eliminarea unui număr însemnat de extractive are loc cvazi uniform pe parcursul duratei mai lungi de uscare, dar și în rezultatul degradării unei părți semnificative de extractive.

Studierea posibilității de îmbunătățire a calității peleților de foc prin formarea unor amestecuri de materie primă a fost realizată prin folosirea reziduurilor agricole în calitate de component principal, iar biomasei provenită din culturi energetice în calitate de adaos.

Inițial a fost estimată puterea calorifică și conținutul de cenușă rezultat de la arderea mai multor tipuri de biomasă provenită din următoarele plante înregistrate în registrul de plante al Republicii Moldova: *Topinambur* – Solar (înregistrat în anul 2014), *Silfia* – Vital și *Hrișcă de Sahalin* – Gigant (2012), și soiurile de salcie energetică *Tordis* și *Inger* (2013).

Probele luate în studiu au fost prelevate de pe loturile experimentale ale Grădinii Botanice (Institut) a A.Ș.M și de pe plantațiile test de salcie energetică din SRL BioAgroinvest, com. Bozieni, raionul Hâncești.

Rezultatele obținute au arătat că puterea calorifică inferioară în bază uscată a tuturor speciilor de biomasă studiate posedă valori care depășesc pragul de 16,5 MJ/kg, adică în cazul umidității biomasei apropiată de 0, după puterea calorifică, toate tipurile de biomasă prezente în Tabelul 3, cu excepția paielor de grâu, ar putea fi folosită la producerea peleților de foc de clasa EN plus. Însă, după conținutul de cenușă, doar biomasă din salcie energetică corespunde cerințelor ENPlus deoarece au un conținut de cenușă mai mic de 2 %.

Puterea calorifică mai mare a salciei energetice poate fi explicat prin conținutul de lignină mai ridicat în salcia energetică de cât în celelalte tipuri de biomasă studiate. De adăugat că probele de biomasă de salcie au fost preparate din vergi virgine, de 1 - 2 ani care, după cum se știe, conțin un procentaj de lignină mai mic decât partea lemnoasă de salcie energetică cu vârstă mai mare.

În baza analizei comparative a datelor din tabelul 3 se poate afirma că, în comparație cu celelalte specii de biomasă studiate, biomasa obținută din salcie energetică posedă cele mai elevate caracteristici calitative și poate fi folosită atât în stare curată cât și în amestec cu alte tipuri de biomasă pentru producerea peleților de foc cu caracteristici ENPlus.

Cercetările realizate pe peleți formați din diferite amestecuri alcătuite din paie de grâu cu adaos de salcie energetică și salcâm energetic au arătat că puterea calorifică inferioară în bază uscată a peleților fabricați din 100% paie este de 16,74 MJ/kg. Prin adaos de 60% biomasă lemnoasă (30% salcâm + 30% salcie energetică) s-a reușit mărirea puterii calorifice cu 9,6% atingând valoarea de 18,49 MJ/kg. De asemenea, se constată că adaosul, atât a biomasei provenite din salcie energetică, cât și celei provenite din salcâm, practic are aceiași pondere asupra capacității de ardere. De asemenea, s-a constatat că adaosul de paie mai mare de 40% conduce la obținerea peleților cu un conținut de cenușă mai mare de 3 %.

Tabelul 3. Puterea calorică și conținutul de cenușă a diferitor tipuri de biomasă lignocelulozică

Tip biomasă	Puterea calorică, J/kg				Conținutul de cenușă, %
	GCV _d	NCV _d	NCV _{M=10%}	Interv. de încredere	
Topinamburul <i>Helianthus tuberosus</i>	18568,85	17332,85	15369,07	519,5	2,263
Silfia <i>Silfia perfoliatum</i>	17823,02	16587,02	14697,82	739,3	2,497
Hrișca de Sahalin <i>Polygonum sachalinense</i>	18735,77	17499,77	15519,29	344,7	2,935
Miscantus/Iarba elefantului (<i>Miscanthus x Giganteus</i>)	18683,57	17447,57	15472,31	143,5	2,237
Salcie energetică Tordis	19750,30	18514,3	16432,37	104,8	1,745
Salcie energetică Inger	19119,24	17883,24	15864,42	165,2	1,554
Paie de grâu	17973,29	16737,29	14833,06	352,4	3,23

Cercetările realizate pe peleți formați din diferite amestecuri formate din paie de grâu cu adaos de salcie energetică și salcâm energetic au arătat că puterea calorică inferioară în bază uscată a peleiților fabricați din 100% paie este de 16,74 MJ/kg. Prin adaos de 60% biomasă lemnoasă (30% salcâm + 30% salcie energetică) s-a reușit mărirea puterii calorifice cu 9,6% atingând valoarea de 18,49 MJ/kg. De asemenea, se constată că adaosul, atât a biomasei provenite din salcie energetică, cât și celei provenite din salcâm, practic are aceiași pondere asupra capacității de ardere. De asemenea, s-a constatat că adaosul de paie mai mare de 40% conduce la obținerea peleiților cu un conținut de cenușă mai mare de 3 %.

În baza analizei datelor din literatura de specialitate, referitoare la căile de asigurare a calității peleiților de foc produși din reziduuri agricole, a fost înaintată ipoteza despre posibilitatea îmbunătățirii calității peleiților prin folosirea diferitor procedee termo-chimice de tratare a materiei prime. Eficiența acestor procedee a fost demonstrată prin cercetări referitoare la stabilirea regimurilor optime de densificare a peleiților rezultatele cărora, ulterior, au stat la baza argumentării regimurile tehnologice de procesare a peleiților.

Pentru stabilirea unui număr cât mai mare de factori de influență care influențează procesul de peletizare s-a realizat un experiment multifactorial cu patru factori de influență. Astfel, cele trei niveluri ale planului experimental au fost folosite pentru a investiga efectul temperaturii T (75 °C, 100 °C și 125 °C), umidității materiei prime înainte de densificare M (7,5 %, 11,1 % și 14,7 %) dimensiunile ecranului sitelor de la moara de mărunțire a biomasei Gr (1 mm, 3 mm și 4 mm), presiunea densificării P (100 MPa, 125 MPa și 150 MPa). Pentru acești factori au fost efectuate 27 de experimente cu repetarea fiecăruia din ele de 3 ori. Datele experimentale au fost prelucrate folosind programul STATGRAPHICS Centirion. Au fost obținute următoarele ecuații de regresie:

$$DE = 1,027 + 0,08T - 0,14M + 0,05Gr. + 0,03P + 0,07T^2 + 0,08TM - 0,023TGr - 0,01TP - 0,025M^2 + 0,03MGr. + 0,02M \cdot P + 0,01Gr^2 - 0,005GrP, \quad (1)$$

$$Mr = 7,0 - 3,04T + 2,13Mi - 0,73Gr - 0,34P - 0,23T^2 - 1,05TMi + 0,33TGr - 0,2TP + 0,09Mi + 0,17MiGr + 0,35MiP + 0,07Gr^2 - 0,23GrP + 0,67P^2, \quad (2)$$

$$NCV_{M=10\%} = 17010,8 + 50,78T + 94,55M + 7,5Gr + 35,94 \cdot P - 3,28 \cdot T^2 + 28,25TM + 25,24TGr + 25,02TP - 10,4M^2 - 43,95MGr - 20,45MP - 62,12Gr^2 - 52,1GrP - 12,16P^2, \quad (3)$$

$$DU = 95,0 + 1,13T - 1,45833M + 0,67Gr - 0,08P + 0,52T^2 + 1,13TM - 0,875TGr - 0,375TP + 0,4M^2 + 0,25MGr + 0,33Gr^2 - 0,375GP - 0,42P^2. \quad (4)$$

în care DE este densitatea particulelor, g/cm^3 ; $NCV_{M=10\%}$ - puterea calorică inferioară la umiditatea 10%, J/g; M_r - conținutul de umiditate la recepție, %; DU - durabilitatea mecanică, %.

Analizând ecuația de regresie 1, se constată că cea mai mare influență asupra densității particulelor este exercitată de conținutul de umiditate, cu micșorarea căruia se mărește densitatea particulelor, valoarea optimă a densității fiind obținută la umiditatea de 7,45%.

Temperatura peletizării are efect invers conținutului de umiditate. Cu mărirea temperaturii densitatea particulelor se micșorează, având valori maxime la temperatura matriței egală cu 80 °C. Această temperatură se consideră optimă dacă procesul de densificare a probelor are loc la presiunea de 150 MPa, iar granulația particulelor este maximă, adică cernută prin sită cu ecranul ochiurilor egal cu 4 mm. Rezultatul poate fi explicat prin următoarele efecte prezente la aceste regimuri: micșorarea temperaturii de sticlozitate ce conduce la vitrificarea mai completă a biomasei; formarea unor punți solide de legătură cvaziechilibrate; creșterea legăturilor de contact dintre particule datorită forțelor van der Waals mai pronunțate.

De menționat că, peleți cu densificarea particulelor destul de bună ($1,15 < DE < 1,25$) $g \cdot cm^{-3}$, pot fi obținuți prin presare la temperaturi mai înalte, însă în acest caz este necesar să se mărească conținutul de umiditate în biomasă înainte de densificare.

Prin analiza vizuală s-a constatat că peleții densificați la temperaturi mai joase de 80 °C sunt crăpăcioși, iar cei densificați la temperaturi mai joase de 80 °C și presiuni joase sunt de calitate foarte joasă, deoarece integrarea lor a fost foarte dificilă sau chiar imposibilă.

În baza rezultatelor experimentale obținute se poate concluziona că producerea peleților cu densitatea particulelor mai mare de $1,0 g \cdot cm^{-3}$, ce asigură o densitate în vrac a peleților mai mare de $600 kg \cdot m^{-3}$, adică corespund cerințelor ENPlus 3, poate fi realizată în domeniul temperaturilor pentru care s-au realizat încercările experimentale, însă nu mai mică de 80 °C. De avut în vedere că umiditatea inițială a biomasei nu trebuie să depășească 12% dacă peletizarea are loc la temperaturi joase (în jurul de 80°C), putând fi mărită, proporțional, cu mărirea temperaturii peletizării.

Analizând ecuația 2 constatăm că factorii dominați care influențează conținutul de umiditate al produsului finit la recepție sunt temperatura peletizării și conținutul de umiditate a materiei prime înainte de densificare. Influența temperaturii asupra conținutului de umiditate a peleților la recepție poartă un caracter brusc descendent, pe când conținutul de umiditate inițial al biomasei influențează brusc ascendent umiditatea peleților la recepție. De menționat că granulația biomasei și presiunea densificării influențează lent descendent conținutul de umiditate la recepție a peleților.

În continuare a fost studiată posibilitatea îmbunătățirii calității peleților de foc prin torefiere. Au fost analizate cele mai relevante caracteristici (parametrii fizico-mecanici), caracteristicile de combustie (parametrii chimici și puterea calorifică) și caracteristicile de torefiere (temperatura și durata expunerii).

Pentru înțelegerea mai bună a proceselor care au loc în timpul torefierii, au fost luate în studiu trei tipuri de biomasă provenită din reziduuri agricole cu perspective mai bune de folosire în calitate de materie primă la producerea peleților de foc. Astfel, probele au fost confecționate din paie de grâu, reziduuri lemnoase, toate cu vârsta de 1-2 ani, rezultate de la tăierea și emondarea pomilor fructiferi. Probele au fost uscate rapid în condiții artificiale conform metodicii descrise în p. 2.2.1 (Lemn A) și lemn de foc din pomi fructiferi uscat în condiții naturale timp de 2 ani (Lemn N).

Rezultatele obținute au arătat că efectul torefierii s-a manifestat cel mai pronunțat în cazul biomasei provenite din reziduurilor de la cultivarea spicoaselor, marcând o mărire a puterii calorifice inferioare în bază uscată de la 17,584 MJ/kg până la 22,752 MJ/kg ce reprezintă o majorare relativă de 29.4%. Este necesar să se menționeze că puterea calorifică inferioară a probei de reper, la umiditatea maximă admisă de către normele ENPlus 3 (10%), este de 15,454 MJ/kg (normele ENPlus admite puterea calorifică la recepție cel puțin 16,5 MJ/kg). După torefiere, puterea calorifică inferioară la umiditate 10% este de 20,246 MJ/kg. Astfel, la acest indicator, biomasa torefiată, produsă din paie de grâu, satisface completamente cerințele ENPlus 3.

Destul de pronunțată este și creșterea puterii calorifice a reziduurilor lemnoase de 1-2 ani, care au marcat o majorare a puterii calorifice inferioare în bază uscată de 16,1%. Acest tip de biomasă, la umiditatea 10%, posedă o putere calorifică inferioară egală cu 16,41 MJ/kg, valoare care este puțin mai mică ca cea admisă de către normele ENPlus 3. După torefiere, la temperatura de 280 °C, puterea calorifică a crescut până la 19,087 MJ/kg, adică și acest tip de biomasă, după torefiere, posedă o putere calorifică care satisface cerințele ENPlus 3.

Ce-a mai mică creștere a puterii calorifice și a conținutului de carbon s-a semnalat la biomasa din lemne de foc uscate în mod natural pe parcursul la doi ani. Pentru acest tip de biomasă, s-a înregistrat o creștere a puterii calorifice inferioare în bază uscată cu 10,9%. Însă, este necesar să se constate că puterea calorifică inferioară la umiditatea 10% a probei reper constituie 17, 278 MJ/kg, adică această biomasă, la parametrul puterea calorifică, poate fi folosită fără pre-tratare.

Fenomenul urmărit poate fi explicat prin conținutul diferit de hemiceluloză în tipurile de biomasă luate în studiu. Paiele conțin 31 % hemiceluloză și 7,7 % lignină iar biomasa lemnoasă 25,7 % hemiceluloză și 15,6% de lignină.

Vorbind despre puterea calorifică a biomasei torefiate, nu putem să nu avem în vedere și influența umidității biomasei după torefiere și a celei rezultate după densificare asupra puterii calorifice. Este cunoscut că conținutul inițial de umiditate a biomasei, folosite la producerea peleților, variază în limite foarte mari (6-50%), însă peletizarea poate avea loc la anumite umidități. De regulă, umiditatea biomasei recomandată în procesele tehnologice este de 10 ± 2 °C.

Deoarece torefierea are loc la temperaturi ridicate, evident că o parte din umiditate se degajă, astfel la densificare se folosește biomasă cu o umiditate mai mică ca cea de până la torefiere. Astfel, la elaborarea regimurilor tehnologice a peletizării cu

folosirea torefierii este necesar să se aibă în vedere valoarea cu care se micșorează conținutul de umiditate după torefiere.

Rezultatele experimentale au arătat că, după torefiere, umiditate se reduce: la paie, cu 1,4%; la reziduurile lemnoase de 1-2 ani, cu 3,2%; la biomasa lemnoasă uscată în mod natural, cu 3,8%. Procentajul este dat în valori absolute.

Pe lângă ameliorarea proprietăților fizice, torefierea conduce la schimbări importante a biomasei din punct de vedere al compoziției chimice. Experimentale, referitoare la modificarea compoziției chimice a biomasei lignocelulozice în rezultatul torefierii, confirmă ipotezele înaintate de către noi în p. 1.5 despre posibilitatea dirijării cu anumite proprietăți fizico-mecanice ale biomasei provenite din reziduuri agricole prin folosirea tratării termochimice.

Deoarece principalele elemente chimice care influențează puterea calorică sunt conținutul de carbon și cel de hidrogen, vom urmări cum au avut loc aceste schimbări pentru biomasa din paie de grâu, reziduuri lemnoase condiționate în mod artificial și cele condiționate în mod natural.

Conținutul de carbon s-a schimbat cel mai mult în paiele de grâu. Astfel, conținutul de carbon s-a majorat cu 1,4%, în cazul torefierii la temperatura de 230 °C, cu 4,6% - la temperatura 255 °C și cu 14% - la temperatura 280 °C, adică a cunoscut o creștere relativă de, respectiv, 3, 10 și 30 %. Concomitent s-a mărit conținutul de hidrogen de la 6,68% - pentru proba reper (ne torefiată) până la 1,9% - pentru proba torefiată la temperatura de 280 °C ce în valori relative constituie 72%.

Schimbări destul de importante s-au semnalat și în cazul torefierii reziduurilor lemnoase de 1-2 ani, condiționate până la umiditatea normală în mod artificial. Pentru acest tip de biomasă, torefiată la 280°C, conținutul de carbon s-a mărit de la 46,12% până la 53,61% ce în valori relative constituie 17%, iar conținutul de hidrogen s-a micșorat cu 1,97% absolut, ce în valori relative constituie 37%.

Cele mai puțin s-a schimbat conținutul de carbon și de hidrogen la biomasa lemnoasă condiționată în mod natural. Astfel, conținutul de carbon al acestui tip de biomasă, după torefiere la temperatura de 280 °C, a devenit egal cu 51,05% (reper 46,23%) ce în valori relative constituie o majorare cu 12%. Conținutul de hidrogen s-a micșorat cu 11% relativ.

Analizând caracterul modificării puterii calorifice și a conținutului de carbon pentru tipurile de biomasă luate în studiu se observă o corelare destul de bună dintre schimbarea, parvenită în rezultatul torefierii, a puterii calorifice și a conținutului de carbon. Astfel, în rezultatul torefierii la temperatura de 280 °C, s-a semnalat următoarele modificări a puterii calorifice în bază uscată și a conținutului de carbon: paie de grâu – NCW_d creștere cu 29,4%, conținutul de carbon creștere cu 30,2%; reziduuri lemnoase de 1 - 2 ani – creștere, respectiv, cu 22% și 17,4%; biomasă lemnoasă condiționată în mod natural – creștere, respectiv cu 23% și 11,1%.

Din analiza efectuată se observă că, practic, puterea calorică a ultimelor două tipuri de probe este egală, iar conținutul de carbon diferă. Acest lucru poate fi explicat prin micșorarea semnificativ mai mică a conținutului de hidrogen, implicit și celui de oxigen, în probele confecționate din reziduuri lemnoase de 1 – 2 ani. De asemenea, nu este de neglijat și specificul schimbărilor care au loc la anumite temperaturi, și anume

cele legate de modificarea regiunilor amorfe și cristaline ale biomasei vergine, datorită prezenței mai pronunțată a extractivelor în biomasa vergină.

Analiza modificării conținutului de sulf și azot a arătat că în paiete de grâu conținutul de sulf crește lent până la temperatura de 255 °C, după care se semnalează o creștere mai accentuată. Pentru celelalte probe luate în studiu, modificări semnificative ale conținutului de sulf, în rezultatul torefierii, nu s-au semnalat.

Conținutul de azot, pentru toate probele, practic nu se schimbă în cazul torefierii până la temperatura de 255 °C, după ce se marchează o creștere bruscă.

Astfel se poate concluziona că, pentru a menține conținutul de sulf și de azot la valori aproximativ egale cu cele din biomasa ne torefiată este necesar ca torefierea să aibă loc la temperaturi mai joase de 255 °C.

Luând în considerare rezultatele obținute cu privire la specificul materiei prime provenite din reziduuri agricole, corelate cu datele din literatura de specialitate, a fost elaborată schema conceptuală de producere a peleților de foc cu aplicare a pre-tratării prin torefiere a materiei prime (fig. 3).

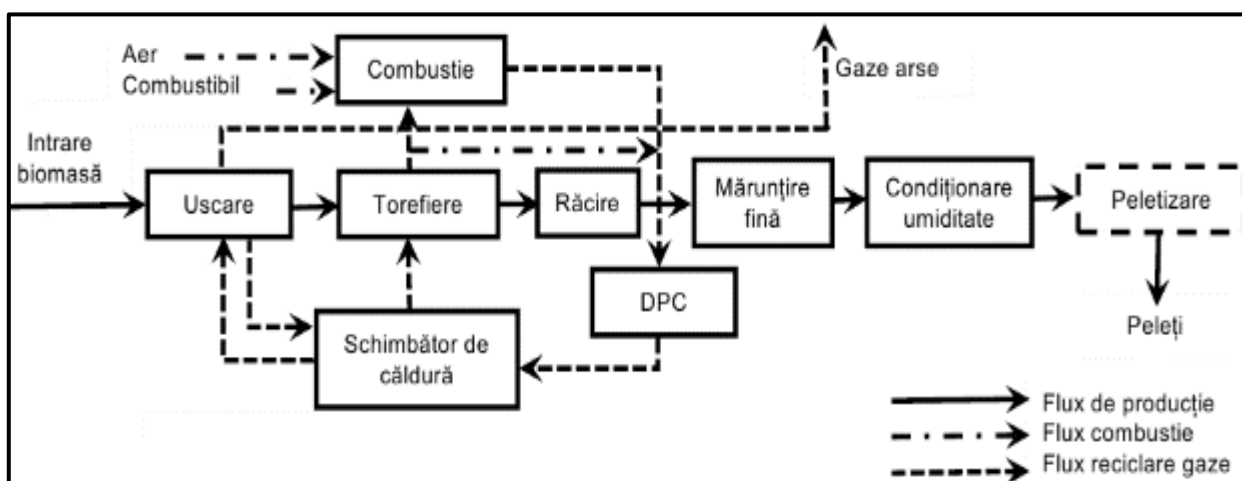


Figura 3. Structura procesului tehnologic de peletizare a reziduurilor agricole cu torefierea materiei prime

Itinerarul procesului tehnologic de producere a peleților din biomasa torefiată, cu specificarea regimurilor de lucru, este prezentat în Tabelul 4.

Prima operație se referă la condiționarea primară a biomasei. În cadrul acestei operații biomasa se mărunțește prin tăiere nedestructivă în fracții tehnologice comode pentru torefiere și pentru transportare. Lungimea fracțiilor mărunțite nu trebuie să depășească 35 mm. Nu se recomandă o mărunțire cu lungimea fracțiilor mai mică de 10 mm deoarece, în acest caz, se îngreunează procesul de carbonizare în operația de torefiere.

În cazul materiei prime obținute din reziduuri agricole (cu excepția paietelor) mărunțirea se realizează direct în câmp.

Tot la condiționarea biomasei se referă și uscarea preventivă a biomasei. Deoarece biomasa supusă torefierii poate avea o umiditate de până la 40%, uscarea preventivă se recomandă să fie efectuată în mod natural în câmp sau în depozite special amenajate.

Tabelul 4. Itinerarul tehnologic de producere a peleiilor cu torefierea biomasei

Nr. crt.	Denumire etapă/operație	Regimuri	Notă
1	Condiționare primară		
1.1.	Mărunțire primară	L = 10 -35 mm	De regulă se realizează în câmp
1.2.	Uscare preventivă		Mar < 40%
2	Torefiere		
2.1.	Transportat biomasa în reactor		
2.2.	Uscarea biomasei	T = 110-180°C;	Regimurile se ajustează în funcție de umiditatea biomasei
2.3.	Carbonizarea biomasei	T = 255 ±15°C τ = 25 ±10 min	Procesul trebuie realizat în mediu inert sau cu conținut redus de oxigen. Regimurile se ajustează în funcție de umiditatea biomasei
3	Condiționare finală		
3.1.	Răcire	Temperatura mediului	
3.2.	Mărunțire fină	-	Tăiere cu trecere prin sită cu ecranul ochiurilor 4 mm
4	Peletizarea		
4.1.	Densificare	T = 80 ± ₅ ¹⁰ °C P =120–150 MPa	Temperatura și presiunea se reglează prin valoarea interstițiului dintre tăvălugi și matriță
4.2.	Răcirea produsului finit	La temperatura camerei	Este prevăzută în instalația de peletizare realizându-se în strat fluidizat
5	Controlul și ambalarea peleiilor		

Operația a doua **Torefierea** are scopul de a îmbogăți biomasa cu conținut de carbon și se realizează în două etape. În cadrul primei etape, biomasa se usucă prin încălzirea acesteia la temperaturi mai joase de temperatura de descompunerea a hemicelulozei, însă suficientă pentru uscarea rapidă a biomasei până la conținutul de umiditate 4 – 8 %.

În faza a doua a torefierii, se efectuează carbonizarea propriu zisă a biomasei la temperaturi stabilite în p. 4.2 al prezentei lucrări.

În cadrul operației de **condiționare finală**, biomasa se răcește până la temperatura mediului înconjurător și se macină cu trecerea biomasei tăiate printr-o sită cu ecranul ochiurilor de 4 mm.

Celelalte operații se realizează conform procesului clasic de peletizare, folosind linii de producere a peleiilor. La această fază este important să se regleze interstițiul dintre tăvălugi și matriță astfel că să se asigure o temperatură a matriței de $T = 80 \pm_5^{10}$ °C și o presiune în zona de densificare de 120–150 MPa.

Pentru tehnologia propusă a fost calculat costul peleiilor pentru un GJ obținut de la arderea peleiilor produși după tehnologia nouă care constituie 3,65 EUR/GJ, preț de producție mai mic cu 16% de cât cel al peleiilor produși din aceleași reziduuri agricole prin metoda tradițională.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Sinterizând concluziile de la fiecare capitol și corelându-le cu obiectivele și ipotezele înaintate care stau la baza soluționării uneia din **problemele științifice importante**, stabilite în sistemul de asigurare a calității biocombustibililor solizi densificați și anume – *mărirea nivelului de calitate a peleților prin optimizarea constituției materiei prime, perfecționarea tehnologiilor de producere a peleților prin folosirea procedeelelor efective de pre-tratare a materiei prime și prin concretizarea regimurilor tehnologice de condiționare și densificare a materiei prime*, au fost extrase următoarele concluziile finale și recomandări:

1. Au fost identificate căile posibile de îmbunătățire a calității peleților de foc produși din reziduuri agricole și a fost înaintată ipoteza despre posibilitatea măririi puterii calorice a peleților de foc prin torefierea biomasei înainte de densificare [1, 3, 5].

2. S-a estimat puterea calorifică a diferitor tipuri de biomasă vegetală, provenită din activități agricole specifice anumitor zone climaterice ale Republicii Moldova, pretabile pentru a fi folosite la producerea peleților de foc. S-a constatat că paiele de specioase nu pot fi folosite în stare pură pentru producerea peleților de foc cu indicatori calitativi conformi cerințelor ENPlus 3, deoarece prezintă o putere calorifică scăzută ($NCV_{M10\%} = (14,9 \pm 0,24)$ MJ/kg, conțin mult clor (cca. 0,75 %) și metale alcaline (cca. 1,18%) [2 - 7].

3. S-a demonstrat că puterea calorifică a părților componente ale diferitor culturi agricole diferă de la caz la caz. Astfel, pentru porumb, s-au obținut următoarele rezultate: boabe $NCV_{M=10\%} = 15305 \pm 180$ J/g; tulpini ($NCV_{M=10\%} = 14800,8 \pm 178,9$ J/g, ciocălăii fără boabe ($NCV_{M=10\%} = 11994,7 \pm 206,1$ J/g).

4. S-a constatat că pentru producerea peleților prin metode tradiționale, cu caracteristici calitative conforme normelor ENPlus 3, pot fi folosite direct doar 5% din reziduurile agricole [2, 9] și cca. 20% pot fi folosite în calitate de componente în amestecuri de materie primă [2, 11 - 13].

5. Studiarea impactului diferitor parametri asupra procesului de peletizare și de pre-tratare termochimică a biomasei a permis identificarea parametrilor cheie de proces și elaborarea recomandărilor pentru alegerea itinerarului tehnologic și stabilirea condițiilor optime ale procesului tehnologic de peletizare [3, 11, 14].

6. În baza sintetizării rezultatelor din studiul realizat în această lucrare a fost elaborat un proces tehnologic cu elemente inovative de producere a peleților din reziduuri agricole cu caracteristici calitative conforme cerințelor ENPlus 3 [1].

7. Rezultatele încercărilor de laborator și a celor din producție, confirmate prin testările pozitive și prin implementarea acestora la SRL „ECOBRIPII-PLUS”, cât și prin recomandările Ministerului Agriculturii și Industriei Alimentare privind implementarea rezultatelor obținute la întreprinderile de producere a peleților de foc, au demonstrat posibilitatea implementării tehnologiei elaborate în industria de producere a biocombustibililor solizi densificați în formă de peleți.

Sugestii privind cercetările de perspectivă. Pe lângă cercetările efectuate în prezentul studiu, rezultatele obținute pot fi completate ca investigații mai detaliate care pot ajuta în continuare la înțelegerea mai bună a proceselor de tratare preventivă a biomasei lignocelulozice:

1. Evaluarea modului în care torefierea influențează alte tipuri de biomasă decât cea provenită din reziduuri agricole;

2. Investigarea posibilității de îmbunătățire a calității biocombustibililor solizi densificați prin alte metode de pre-tratare a materiei prime și a produsului finit;
3. Aprofundarea cercetărilor în direcția studierii stabilității proprietăților biocombustibililor solizi obținuți din biomasă torefiată;
4. Lărgirea diapazonului de cercetări teoretice în vederea explicării morfologiei torefierii și a proceselor de coagulare a particulelor de biomasă torefiată.

BIBLIOGRAFIE

1. Gudîma, A., Marian, Gr., Pavlenco, A. Stadiul actual al cercetărilor cu privire la influența variabilelor de producție asupra calității biocombustibililor densificați în formă de peleți. În: *Meridian ingineresc*, 2017, nr. 1, pp. 51 - 60.
2. Gudîma, A. Evaluarea utilizării reziduurilor agricole pentru scopuri energetice. Studiu de caz pentru raionul Soroca, Republica Moldova, În: *Meridian ingineresc*, 2017, nr. 1, pp. 26 - 29.
3. Marian, Gr., Gudîma, A., Pavlenco, A. Torefiera - o nouă direcție de sporire a calității peleților de foc produși din biomasă autohtonă. În: *Știința agricolă*, 2017, nr. 1, pp. 74 – 81.
4. Marian Gr., Soji Kurasawa, Muntean, A., Gudîma, A., Druceoc, Stela. Estimarea capacității calorifice a biomasei lignocelulozice provenite din diferite zone ale Republicii Moldova în conceptul de producere de combustibili solizi. În: *Știința agricolă*, 2013, nr. 1, pp. 97 - 114.
5. Gudîma, A. Stadiul actual cu privire la utilizarea deșeurilor agricole și silvice pentru obținerea energiei termice în condițiile Republicii Moldova. În: *Lucrări științifice / Univ. Agrară de Stat din Moldova*, 2011, vol. 28, pp. 249 - 252.
6. Muntean, A., Ivanova, T., Gudîma, A. Perspectivele utilizării biocombustibilului solid în condițiile Republicii Moldova. În: *Lucrări științifice / Univ. Agrară de Stat din Moldova*, 2011, vol. 28, pp. 252 - 255.
7. Marian G., Muntean A., Gudîma A., Pavlenco A. Considerații cu privire la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice rezultată din reziduuri agrosilvice. În: *Lucrări științifice UASM*, 2013, vol. 38, pp. 66 - 70.
8. Marian, G., Gudîma, A., Muntean, A., Gorobeț, V., Pavlenco A. Pelete din paie, considerații pro și contra. *Lucrări științifice FIATA, UASM*, 2015, pp. 115 – 120
9. Marian Gr., Muntean, A., Gudîma, A., Pavlenco, A. Considerații referitoare la folosirea biomasei provenită de la cultivarea porumbului pentru obținerea biocombustibililor solizi. În: *Știința agricolă*, 2013, nr. 2, pp. 84 - 92.
10. Gudîma, A., Marian, G. Energy potential of biomass characteristic for the Republic of Moldova. În: *Engineering for rural development*. Jelgava, Latvia, 2013. pp. 194 - 196.
11. Marian Gr., Muntean, A., Țiței, V., Gudîma, A., Pavlenco, A. Analiza comparativă a biomasei obținute din culturi energetice. În: *Știința agricolă*, 2014, nr. 2, pp. 70 - 76.
12. Țiței, V., Gudîma, A., Muntean, A. et al. Prospects for the utilization of the *Miscanthus giganteus* and *Polygonum sachalinense* for solid biofuel production in the Republic Moldova. În: *Scientific papers. Series A. Agronomy. Volume LIX*. Bucharest, 2016. pp. 543 - 547.
13. Kolaříková, M., Ivanova, T., Gudîma, A. et al. Comparison of maximum energy yield of selected crops grown for energy purposes. În: *Lucrările Simpozionului Științific Internațional „Agricultura Modernă – Realizări și Perspective” consacrat aniversării de 80 de ani de la înființarea UASM*, vol. 38, pp. 14 - 17.
14. Marian, Gr., Gudîma, A., Pavlenco, A. Influența parametrilor densificării asupra calității peleților produși din reziduuri agricole în: *Știința agricolă*, 2017, nr. 1, pp. 82 – 87.

ADNOTARE

Autor – Gudîma Andrei. Titlul - „*Tehnologia de obținere a peleților ENPlus din reziduuri agricole în condițiile Republicii Moldova*”, Teză de doctor în tehnică, Chișinău, 2017. Lucrarea este compusă din introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 124 titluri, 15 anexe, 113 pagini (până la bibliografie), 32 figuri, 24 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 14 lucrări științifice.

Cuvinte cheie: Biocombustibili solizi, Calitate peleți; Densificare; Peleți, Reziduuri agricole; Tehnologie, Torefiere.

Domeniul de studiu – tehnică. **Scopul lucrării** este îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie. **Obiectivele lucrării:** identificarea stadiului anual referitor la asigurarea calității biocombustibililor solizi în formă de peleți în acord cu bunelor practice promovate în UE și corelate cu cele existente la noi în țară; elaborarea recomandărilor pentru alegerea itinerarului tehnologic și dezvoltarea unui model matematic referitor la stabilirea condițiilor optime ale procesului pre-tratare a materiei prime și de stabilire a constituției amestecurilor de biomasă care vor asigura producerea peleților de foc din materie autohtonă cu caracteristici calitative conforme cerințelor normelor ENPlus 3.

Noutatea și originalitatea științifică constă în: analiză critică detaliată a stadiului actual cu privire la asigurarea calității peleților de foc produși din reziduuri agricole; cercetarea oportunității obținerii combustibililor solizi de calitate ENplus în condițiile Republicii Moldova din materie primă autohtonă; folosirea pre-tratării termochimice a biomasei lignocelulozice folosite la producerea peleților de foc și stabilirea constituției optime a materiei prime folosite la producerea peleților de foc.

Importanța teoretică constă în propunerea unei metodologii complexe de estimare a potențialului energetic al reziduurilor vegetale agricole pentru scopuri energetice și a unui proces tehnologic original de torefiere a biomasei lignocelulozice folosite la producerea peleților de foc.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în posibilitatea folosirii tehnologiei de pre-tratare a reziduurilor agricole și a rețetelor de amestecuri de materie primă autohtonă la producerea peleților de foc cu caracteristici corelate cu cerințele normelor internaționale ENPlus precum și la perfecționarea procesului de instruire a studenților, masteranzilor și doctoranzilor de la specialitățile din domeniul științei și activităților ingineresti.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele obținute sunt implementate la SRL BIOBRIPIL, Chișinău.

ABSTRACT

Author – Gudima Andrei. Title – “*Technology of obtaining of ENPlus pellets from agricultural waste in the conditions of the Republic of Moldova*”. PhD thesis in engineering, Chisinau, 2017. Thesis is composed of introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 124 titles, 15 annexes, 113 pages (until bibliography), 32 Figures, 24 tables. The obtained results are published in the 14 scientific works.

Key words : Solid Biofuels, The quality of pellets, Densification, Pellets, Agricultural Waste, Technology, Torrefaction.

Field of study- technics. **Purpose of thesis** is the improvement of the quality of solid biofuels in accordance with policies of development of the renewable sources of energy. **Aims of thesis**: identification of the annual stage regarding the insurance of solid biofuels in the form of pellets in accordance with good practices which are promoted in the EU and which are correlated with those practices which are in our country; elaboration of recommendations for the technological way selection and the development of a mathematical model regarding the establishment of optimal conditions of the pretreatment process of the raw material and the establishment of mixtures of biomass composition which will ensure the production of fire pellets from our own raw material with qualitative characteristics according to requirements rules of ENPlus 3.

Scientific novelty consists of: critical detailed analysis of the actual stage regarding the insurance of fire pellets quality produced from agricultural waste; research of the opportunity of obtaining solid fuels of EnPlus quality in the Republic of Moldova from domestic raw material; using thermochemical pretreatment in lignocellulosic biomass used in the production of fire pellets and the establishment of raw material optimal composition in the production of fire pellets.

Theoretical importance consists in the proposal of a complex estimation methodology of the energetic potential of the agricultural vegetal waste with an energetic purpose and proposal of an original technological torrefaction process of lignocellulosic biomass used in the production of fire pellets.

АННОТАЦИЯ

Автор - Гудыма Андрей. Название – *„Технология получения гранул ENPlus из сельскохозяйственных отходов в условиях Республики Молдова”*. Диссертация на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук, Кишинэу, 2017 г. Работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, 124 источников литературы, 15 приложений, 113 страниц (до литературы), 32 фигур, 24 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 14 научных работах.

Ключевые слова: Твердое биотопливо, Качество гранул; Плотность; Гранулы, Сельскохозяйственные отходы; Технология; Торрефикация.

Область исследования - техника. **Цель диссертации** состоит в том, чтобы повысить качество твердого биотоплива в соответствии с политикой развития возобновляемых источников энергии. **Задачи диссертации:** анализ состояния существующих технологий получения твердого биотоплива в виде гранул в соответствии с требованиями стандартов ЕС; разработка и оптимизация технологического процессов предварительной обработки исходного сырья и производства гранулированного биотоплива, разработка рекомендаций по определению фракционного состава биомассы, обеспечивающей производство гранул, из отечественного сырья, в соответствии с нормативными требованиями ENPlus 3.

Новизна и научная оригинальность состоит: впервые дан подробный анализ технологий производства твердого биотоплива в Молдове из с.-х. отходов; исследована возможность получения качественного твердого биотоплива ENPlus 3 в Республики Молдова из отечественного сырья; в обосновании целесообразности термохимической обработке лигноцеллюлозной биомассы для производства пеллет с определением оптимального состава смеси сырья.

Теоретическая значимость состоит в разработке комплексной методологии оценки энергетического потенциала с.-х. отходов с целью использования их для производства тепловой энергии, и в разработке технологического процесса торрефикации лигноцеллюлозной биомассы, используемой для производства топливных пеллет.

Прикладная ценность заключается в возможности использования технологического процесса торрефикации с.-х. отходов, и предложенных составов смесей из отечественного сырья для производства пеллет соответствующие требованиям ENPlus а также для улучшения подготовки студентов инженерных специальностей.

Внедрение научных результатов. Полученные научные результаты внедрены в ООО «BIOBRIPIL», Кишинев.

GUDÎMA ANDREI

**TEHNOLOGIA DE OBTINERE A PELEȚILOR ENPlus DIN
REZIDUURI AGRICOLE ÎN CONDIȚIILE REPUBLICII
MOLDOVA**

**255.02. TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU INDUSTRIA
PRODUSELOR AGRICOLE**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

Aprobat spre tipar: 28.05.2018
Hârtie ofset. Tipar digital.
Coli de tipar: 2.0

Formatul hârtiei A4
Tiraj 50 ex
Comanda nr.14

Centrul editorial al UASM
tel. 022-432-575
str. Mircești, 44