

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**Cu titlu de manuscris**

**C.Z.U.: 620.95(478)(043)**

**ȘVEȚ OLGA**

**PROMOVAREA UTILIZĂRII BIOCOMBUSTIBILILOR  
GAZOȘI ÎN REPUBLICA MOLDOVA**

**221.01. SISTEME ȘI TEHNOLOGII ENERGETICE**

**Autoreferatul tezei de doctor în științe inginerești**

**Chișinău, 2020**

Teza a fost elaborată la Departamentul *Energetică*,  
Universitatea Tehnică a Moldovei

**Conducător științific:**

**ARION Valentin**, dr. hab. șt. tehn., prof. univ., UTM

**Referenți oficiali:**

1. **CHIORSAC Mihail**, dr. hab. șt. tehn., prof. univ., U.T.M.
2. **CEREMPEI Valerian**, dr. hab. șt. tehn., conf. univ., U.A.S.M.

**Componența Consiliului Științific Specializat:**

1. **AMBROS Tudor, Președinte**, dr. hab. șt. tehn., prof. univ., U.T.M.
2. **GUȚU-CHETRUȘCA Corina, Secretar**, dr. șt. tehn., lect. univ, U.T.M.
3. **BERZAN Vladimir**, dr. hab. șt. tehn., prof. univ., I.E. A.Ș.M.
4. **STRATAN Ion**, dr. șt. tehn., prof. univ., U.T.M.
5. **MARIAN Grigore**, dr. hab. șt. tehn., prof. univ., U.A.S.M.
6. **HLUSOV Viorica**, dr. șt. tehn., conf. univ., U.T.M.
7. **SOBOR Ion**, dr. șt. tehn., prof. univ., U.T.M.
8. **BUGAIAN Larisa**, dr. hab. șt. ec., prof. univ., U.T.M.

Susținerea tezei va avea loc la **23 decembrie 2020, ora 15:00**, în ședința Consiliului Științific Specializat **D 221.01-41** din cadrul Universității Tehnice a Moldovei: str. 31 August 1989, nr. 78, blocul de studii nr. 2, sala 2-211.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Universității Tehnice și pe pagina web a ANACIP ([www.anacip.md](http://www.anacip.md)).

Autoreferatul a fost expediat la \_\_\_\_ **noiembrie 2020**.

Secretar științific al Consiliului  
științific specializat, dr. șt. tehn.

\_\_\_\_\_ **GUȚU-CHETRUȘCA Corina**

Conducător științific,  
Prof. univ., dr. hab. șt. tehn.

\_\_\_\_\_ **ARION Valentin**

Autor

\_\_\_\_\_ **ȘVEȚ Olga**

## I. REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea și importanța problemei abordate.** Societatea modernă are nevoie de patru forme de energie: *energie termică* pentru încălzirea locuințelor, *energie electrică* pentru alimentarea receptorilor electrici, *combustibili* pentru prepararea hranei și *carburanți* pentru transport.

Activitatea umană a condus la apropierea de o concentrație periculoasă a emisiilor gazelor cu efect de seră (GES). Căile de reducere a GES sunt utilizarea eficientă a resurselor de energie, care, fiind limitată de dezvoltarea tehnică, poate fi realizată doar până la anumite limite, și substituirea surselor de energie fosile cu cele regenerabile – idee asupra căreia urmează a focusa atenția.

În acest scop „Perspectiva energetică 2050”, prevede o pondere a energiei din surse de energii regenerabile (SER) în consumul final brut de energie către 2050 la nivelul de 55 %, țara noastră asumându-și atingerea obiectivului de 20 % din consumul total brut intern să fie asigurat din surse de energie regenerabilă și asigurarea ponderii producției anuale de energie electrică din surse de energie regenerabilă (E-SER) de 10 % în 2020.

Caracterul agrar al economiei țării conduce la producerea anuală de 1,6÷4 milioane tone de deșeuri, care în proporție de 50 % sunt deșeuri biodegradabile. Această caracteristică, susținută de disponibilitatea materiei date în fiecare localitate, precum și de un cost simbolic, sugerează ideea conversiei lor în biocombustibili gazoși, precum biogazul și singazul.

Biogazul și singazul sunt gaze combustibile bune, asemănătoare gazului natural sau gazului propan-butan livrat în butelii, dar curate în utilizare și prietenoase mediului. În ultimul deceniu, interesul față de biogaz a crescut considerabil, datorită eforturilor globale de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră și de substituire a combustibililor fosili cu resurse regenerabile. Calitățile biocombustibililor gazoși oferă posibilitatea utilizării lor la acoperirea tuturor nevoilor energetice, precum: prepararea hranei, încălzirea spațiilor, prepararea apei calde menajere, carburant pentru vehicule, producerea energiei electrice.

Sprijinul statului în vederea promovării producerii energiei din surse de energii regenerabile este asigurat prin acordarea priorității în procurarea energiei SER și recompensarea producătorului pentru energia livrată. Recompensa garantată de către stat, exprimată în unități monetare, îi permite producătorului de energie să-și acopere toate cheltuielile și să obțină o marjă de profit.

Producerea biogazului și singazului din deșeuri reprezintă o soluție atractivă de tratare a deșeurilor organice, cu obținerea unor beneficii de mediu, precum

micșorarea riscului emisiei de metan și amoniac. Suplimentar, biocombustibilii gazoși prezintă avantajul unei manevrabilități înalte a echipamentului utilizat, astfel asemenea surse pot fi utilizate în calitate de capacități de compensare E-SER intermitente. În acest context, producerea biocombustibililor gazoși și, respectiv, a energiei din deșeuri biodegradabile reprezintă o prioritate și merită a fi susținută de către stat.

**Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemelor de cercetare.** Confortul, la care a ajuns omenirea, determină creșterea continuă a consumului de resurse energetice. Odată ce combustibilii fosili sunt limitați teritorial și cantitativ, devine oportună găsirea soluțiilor alternative de acoperire a necesarului de energie din resurse locale disponibile. Totodată, în condițiile în care circa 70 % din consumul intern brut de energie provine din import, costul resurselor fosile este în permanentă evoluție pozitivă, iar avantajele manifestate de biocombustibilii proveniți din deșeuri ne orientează către necesitatea identificării cantității de materie primă și a energiei corespunzătoare la nivel local și regional, ce ar putea fi utilizată în acest scop.

Țara noastră fiind una cu economie bazată pe agricultură, una din îndeletnicirile de bază ale populației o constituie creșterea păsărilor și animalelor, acestea fiind prezente în majoritatea gospodăriilor rurale. Luând în considerație calitatea, inclusiv energetică diferită a deșeurilor produse de animale și păsări, se propune analiza și formularea expresiilor matematice a potențialului energetic al acestora, și a eventualelor puteri instalate ale unităților generatoare, funcție de specia și numărul de animale întreținute.

**Scopul prezentei lucrări** constă în dezvoltarea cadrului metodologic privind estimarea potențialului de biocombustibili gazoși, cu estimarea puterilor ce ar rezulta la nivel de raion și localitate, și determinarea prețului de cost al gazelor combustibile și costului nivelat al energiei electrice produse în condițiile Republicii Moldova.

**Obiectivele lucrării:** analiza situației actuale a promovării surselor de energie regenerabilă și identificarea rolului gazelor biocombustibile în vederea atingerii țintelor SER înaintate; propunerea unei metodologii de estimare a potențialului de biocombustibili gazoși; determinarea costului anual al biogazului și singazului pentru o perioadă de studiu de 15 ani; revizuirea tehnologiilor aplicate la producerea energiei din biocombustibili gazoși; determinarea costului nivelat în ipoteza cogenerării, precum și producerii separate a energiei electrice și termice, și analiza comparativă a costurilor energiei pentru tehnologiile considerate.

**Ipoteza de cercetare.** Biomasa fiind una din cele mai răspândite resurse energetice, inclusiv în țara noastră, rezultând din diferite domenii ale activității umane și fiind

utilizată în anumite scopuri, determină necesitatea de evaluare a disponibilității, în prezent și în viitor, a biomasei prielnice utilizării în scopul producerii biocombustibililor, fără a afecta utilizările actuale.

În cazul confirmării disponibilității materiei prime, devine oportună stabilirea atractivității și competitivității biocombustibililor gazoși și a energiei rezultate din aceștia.

**Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese.** La elaborarea metodologiei de estimare a potențialului de biocombustibili gazoși au fost stabiliți factorii care îl determină, principalul fiind cantitatea de materie primă, pentru care a fost determinată evoluția, în baza analizei retrospective, precum și potențialul specific de biocombustibil caracteristic fiecărei surse de generare a acesteia. Determinarea evoluția cantității biomasei, exprimată prin rata de creștere sau descreștere, este necesară pentru determinarea potențialului pentru un moment de timp viitor.

La determinarea costului energiei au fost aplicate modelele statice echivalente, deoarece cuprind evoluția tuturor parametrilor. Calculele au fost realizate în program modelat în Microsoft Excel.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării.** Pentru prima dată este propusă, elaborată și aplicată o metodologie de estimare a potențialului de biocombustibili gazoși, produși din deșeuri, către un anumit moment de timp în viitor, considerând evoluția retrospectivă înregistrată. Au fost adaptate metodologiile de determinare a costului anual al biogazului și singazului și al energiei produse din aceștia, atât pentru cazul producerii separate, cât și în regim de cogenerare. În lucrare au fost stabilite modele de aproximare a volumului de biogaz produs, a puterilor generatoare și a unor opțiuni de utilizare la scară medie și mare a biogazului obținut, funcție de efectivul de animale întreținut sau existent la ferme.

**Semnificația teoretică.** Teza aduce contribuții la elaborarea metodologiei de evaluare anuală a potențialului de biocombustibili gazoși; în adaptarea metodologiei de determinare a costului anual al biogazului și singazului și al energiei produse din aceștia; precum și în stabilirea modelelor matematice de aproximare a volumului de biogaz produs, a puterilor generatoare și a unor opțiuni de utilizare la scară medie și mare a biogazului rezultat, funcție de efectivul de animale.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** În lucrare a fost estimat potențialul disponibil de biocombustibili gazoși în țară, posibil a fi utilizat în scopuri energetice. Pentru șeptel diferit de animale întreținute în gospodării, a fost estimată puterea instalată a unităților generatoare ce funcționează pe biogaz și singaz.

În lucrare a fost determinată competitivitatea producerii biogazului în unități generatoare, ce cuprind toate intervalele de puteri. A fost evaluată performanța economică a unor tehnologii de producere a energiei regenerabile în Moldova (Motoare cu ardere internă (MAI), Instalații de turbine cu gaze (ITG), pile de combustie (PC)) în baza modelelor tehnico-economice și determinate costurile nivelate ale energiei din biocombustibili gazoși pentru tehnologiile ce ar putea fi promovate în Republica Moldova.

În scopul analizei eficienței producerii și valorificării biocombustibililor gazoși a fost determinată evoluția costului resurselor tradiționale și a tarifului mediu de livrare a energiei electrice și a valorilor nivelate pentru perioada funcționării surselor regenerabile propuse.

### **Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere.**

1. Este propusă și elaborată metodologia de evaluare a potențialului de biogaz și singaz, pe ani, ce permite estimarea potențialului de biocombustibili gazoși către un orizont de timp.
2. Sunt adaptate și prezentate metodologii de determinare a costului anual al biogazului și singazului și al energiei produse din aceștia, pentru cazul producerii separate și în regim de cogenerare.
3. Sunt stabilite și propuse modele matematice de aproximare a volumului de biogaz produs, a puterilor generatoare și a unor opțiuni de utilizare la scară medie și mare a biogazului obținut, funcție de efectivul de animale.

**Implementarea rezultatelor științifice.** În cadrul Proiectului „Practici de gestionare a gunoiului de grajd și tehnologiile de producere a biogazului” au fost elaborate ghidurile „*Producerea biogazului din deșeuri animaliere*” și „*Utilizarea biogazului la producerea căldurii și electricității*”, în care sunt prezentate rezultate importante din lucrare, acestea fiind utilizate și în procesul didactic la Facultatea Energetică și Inginerie Electrică.

**Aprobarea rezultatelor științifice.** Lucrările elaborate au fost publicate, prezentate și discutate în cadrul mai multor seminare, simpozioane și conferințe de nivel național și internațional (*Conferințe Tehnico-științifice a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM; SIELMEN; Energetica Moldovei – 2012, 2016; la unele ședințe și forumuri, organizate de către instituțiile de stat din Republica Moldova etc.*).

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele cercetărilor științifice obținute au fost publicate în 13 lucrări, inclusiv 7 lucrări fără coautori, 4 lucrări metodico-didactice.

**Structura și volumul tezei.** Lucrarea conține introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 171 titluri și include 7 anexe, 107 pagini, 18 figuri, 73 tabele.

**Cuvintele-cheie:** energie regenerabilă, biocombustibili gazoși din deșeuri, potențial, cost al biogazului și singazului, cost nivelat al energiei.

## II. CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt prezentate tendințele actuale în domeniul energiei din surse regenerabile și a schimbărilor climaterice, actualitatea temei de cercetare, argumentarea temei de cercetare alese, scopul și obiectivele tezei, problema științifică soluționată, importanța teoretică și aplicativă a lucrării.

Capitolul 1 „**Stadiul actual al cercetărilor în domeniul producerii și utilizării biocombustibililor gazoși**” reprezintă o sinteză a stadiului curent de dezvoltare și implementare a energiilor regenerabile, cu accent pe necesitatea valorificării lor în scop energetic. La fel, este realizată o analiză a modelelor de estimare a potențialului de biogaz și singaz și a modalităților de promovare a energiei produse din surse regenerabile.

Prezentarea evoluției și impactului emisiilor de gaze cu efect de seră și constatarea faptului că micșorarea consumului de energie, pe calea eficientizării proceselor tehnologice, din motive tehnice, nu poate fi realizată decât până la anumite limite, conturează ideea de focusare a atenției asupra resurselor de energie regenerabilă. În acest context, sunt prezentate țintele, la nivel UE și național, privind ponderea surselor de energii regenerabile și de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.

A fost realizată o analiză a cadrului normativ-legislativ național ce privește SER, în rezultatul căreia a fost constatat că, sprijinul statului în vederea promovării producerii energiei din surse de energii regenerabile presupune că, odată cu injectarea în rețeaua publică a energiei electrice produse, producătorul acesteia este recompensat pentru energia livrată. Valoarea recompensei garantate de stat (sau tariful la energia furnizată) permite producătorului de energie să acopere toate cheltuielile, precum și să obțină o marjă de profit.

Totodată, în condițiile în care statul nostru este unul net importator de surse energetice, iar anual în țară se produc circa 7 milioane tone de deșeuri și modul de păstrare a lor le transformă în generatoare de impact și risc pentru mediu și sănătatea publică, utilizarea deșeurilor biologice în scopuri energetice ar contribui, inclusiv la: dezvoltarea zonelor rurale, limitarea vulnerabilității țării față de importul de surse energetice, creșterea economică și combaterea schimbărilor climaterice. În acest

context, rolul statului constă în promovarea unei politici corelate de energie și mediu, precum și realizarea obiectivelor propuse. Astfel, estimarea potențialului de bioenergie, din deșeurile rezultate din desfășurarea activității agricole și industriale în țară, devine un imperativ al timpului.

La fel, în acest capitol a fost realizată o analiză amplă a metodelor utilizate la estimarea potențialului de biocombustibili gazoși fiind constatate următoarele: potențialul energetic este stabilit doar pentru un moment trecut de timp, unele surse prezintă o valoare comună pentru căldura inferioară de ardere a biocombustibililor pentru toate tipurile de materie primă considerate sau funcție de ponderea gazelor în biocombustibilul gazos obținut. Aceste constatări sugerează necesitatea elaborării unei metodologii ce ar permite obținerea valorilor potențialului de biocombustibili gazoși către un moment de timp în viitor, cu luarea în considerație a specificului fiecărei materii prime utilizate.

Au fost trecute în revistă schemele de sprijin aplicate la nivel european, fiind evidențiată prevalarea Tarifelor Feed-in (FIT). În România, principala schemă de sprijin aplicată pentru promovarea energiei regenerabile o reprezintă certificatele verzi, dar pentru stimularea producerii energiei din surse regenerabile, a fost lansat Programul Operațional Infrastructură Mare 2014-2020, unde axa prioritară 6 promovează și *Creșterea producției de energie din resurse regenerabile mai puțin exploatare (biomasă, biogaz, geotermal)*, atât în sectorul de producție, cât și în cel de distribuție.

Conform *Metodologiei de determinare a prețului de referință pentru energia termică din SER*, prețul de referință pentru energia termică produsă în instalații de cogenerare și livrată în anul  $n$  de aplicare a schemei de sprijin se determină prin raportarea costurilor totale ale centralei înregistrate în anul  $n$  la cantitatea de energie termică produsă și livrată. Este de menționat că prețul de referință al energiei termice se ajustează în funcție de tipul combustibilului utilizat, a costului acestuia și în cazul înregistrării unei devieri mai mari de 2,5 % se aprobă o nouă valoare pentru anul următor. Prețul de referință pentru electricitate se stabilește de către Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei și are aceeași valoare pentru toți producătorii de energie în instalații de înaltă eficiență. *Bonusurile de referință* pentru un an de aplicare a schemei de sprijin se determină ca diferența dintre costurile totale ale CET-ului și veniturile obținute din vânzarea energiei electrice și termice, raportată la volumul de electricitate comercializat.

*Metodologia determinării, aprobării și aplicării tarifelor la energia electrică produsă din surse regenerabile de energie și biocombustibil*, aprobată în anul 2009, s-a dovedit a fi puțin eficientă în domeniul energiei regenerabile, din motivul



determinării și aprobării anuale a tarifului la energia electrică produsă, începând cu următorul an după punerea în funcțiune și funcționarea nemijlocită a centralei electrice pe parcursul acestui an. Iar *Metodologia de determinare a tarifelor fixe și a prețurilor la energia electrică produsă de producătorii eligibili din surse regenerabile de energie*, aprobată în anul 2017, prevede că prețurile stabilite în cadrul licitațiilor se vor ajusta anual pe parcursul unei perioade de 15 ani și începând cu data de 1 martie a fiecărui an ulterior anului punerii în funcțiune a centralei electrice de către producătorul eligibil tarifele fixe și prețurile stabilite în cadrul licitațiilor vor fi indexate. Este de menționat că, din momentul intrării în vigoare a metodologiei, ulterior aprobării în data de 28.02.2020 a Hotărârii nr 54/2020 *privind tarifele fixe și prețurile plafon la energia electrică produsă din surse regenerabile de energie de către producătorii care vor obține statutul de producător eligibil în anul 2020* a fost confirmat/ofert statutul de producător eligibil pentru 26 de entități, puterea instalată a unității pe biogaz fiind de 0,637 MW din 12 MW alocați pentru anul 2020.

Reieșind din studiul realizat în primul capitol, au fost formulate concluzii, fiind accentuată importanța și necesitatea înaintării soluțiilor aferente problemei stabilirii unui cadru metodologic necesar evaluării și promovării SER din deșeurile biodegradabile disponibile la nivel local.

Capitolul 2 „**Dezvoltări metodologice ce privesc producerea și utilizarea biogazului și bio-singazului în scopuri energetice**” abordează aspecte metodologice ce țin de elaborarea metodologiei de estimare a potențialului de biogaz și singaz către un moment de timp (2020, 2030).

Inițial, au fost identificate sursele de materie primă ce ar putea fi utilizată în scopul producerii biogazului și singazului (fig. 1).

Materia primă prielnică producerii:	
biogazului	biosingazului
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>agricultură</i> (deșeuri agricole, plante energetice, dejecții animaliere)</li> <li>- <i>deșeuri organice de origine industrială</i> (reziduuri alimentare, reziduuri și deșeuri agroalimentare, reziduuri obținute în urma proceselor de producție);</li> <li>- <i>deșeuri organice municipale</i> (apă și nămol de canalizare; reziduuri municipale solide organice).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>deșeuri ale culturilor agricole</i> (paie, hlujdani, rădăcini, frunze);</li> <li>- <i>deșeuri ale culturilor pomicole și din viticultură</i> (ramuri, coarde obținute în timpul curățării sezoniere a pomilor fructiferi și a viilor);</li> <li>- <i>deșeuri forestiere</i> (ramuri, arbori uscați/doborâți de intemperii etc.)</li> </ul>

**Figura 1.** Materie primă pentru producerea biocombustibililor gazoși

Ulterior, au fost identificați factorii ce influențează cantitatea de materie primă din fiecare categorie. Aceștia, pentru deșeurile culturilor agricole sunt: valoarea raport

reziduu-recoltă, gradul colectare și cel de valorificare, suprafața însămânțată, condițiile climaterice anuale.

**Tabelul 1.** Factori de influență a cantității de deșeuri din culturi pomicele, forestiere și din viticultura

Cultura	Valoare cantitate deșeuri, m <sup>3</sup> /ha			Grad colectare	Grad valorificare
	minimă	maximă	medie		
Pomi fructiferi	0,80	1,70	1,20	0,90	0,30
Vii	0,80	1,90	1,30	0,90	0,40
Păduri	0,70	0,80	0,75	0,90	0,30

**Tabelul 2.** Factori de influență a cantității de deșeuri din culturi agricole

Cultura	Valoare raport reziduu-recoltă, t/t			Grad colectare	Grad valorificare	
	minimă	maximă	medie		Biogaz	Singaz
Grâu	1,00	2,00	1,50	0,85	0,05	0,25
Orz	1,20	1,80	1,50	0,85	0,00	0,05
Porumb	1,20	2,50	2,00	0,80	0,05	0,05
Leguminoase boabe (mazăre, fasole)	4,00	5,00	4,50	0,85	0,00	0,50
Floarea soarelui	1,20	3,90	2,00	0,85	0,00	0,50
Soia	2,00	3,50	2,50	0,85	0,00	0,50
Ovăz	1,00	2,00	1,50	0,85	0,00	0,05
Hrișcă	0,90	1,20	1,00	0,85	0,00	0,50

Cantitatea de gunoi de grajd provenită de la o specie de animale depinde de o mulțime de factori, precum: categoriile de animale, sistemul aplicat de întreținere a lor (cu / fără menținerea în grajd, animale legate sau libere etc.), existența așternutului sau lipsa acestuia, tipul așternutului utilizat, modul de executare a pardoselii (cu / fără grătar), de modalitatea de adăpare a animalelor și curățire a pardoselii, structura furajului oferit, care conduce la un consum de apă potabilă și, respectiv, la o anumită cantitate de urină excretată, felul cum și cu ce sunt hrănite animalele. Pentru fiecare categorie de animale întâlnite în gospodăriile locale au fost acceptate valori unice și specifice a producției de gunoi de grajd (tab. 3).

**Tabelul 3.** Valori ale producției de gunoi de grajd\* (media pe cap de animal/pasăre), kg

Specie	pe zi			pe săpt.			pe lună			pe an		
	min	max	mediu	min	max	mediu	min	max	mediu	min	max	mediu
Bovine	21,92	32,88	27,40	153,42	230,14	191,78	657,53	986,30	833,33	8 000	12 000	10 000
Porcine	3,84	4,93	4,38	26,85	34,52	30,68	115,07	147,95	133,33	1 400	1 800	1 600
Ovine	1,37	2,47	1,64	9,59	17,26	11,51	41,10	73,97	50	500	900	600
Cabaline	13,70	27,40	16,44	95,89	191,78	115,07	410,96	821,92	500	5000	10 000	6 000
Iepuri	0,15	0,55	0,35	1,05	3,84	2,45	4,52	16,44	10,5	55	200	125
Păsări	0,04	0,11	0,08	0,29	0,77	0,58	1,23	3,29	2,5	15	40	30

\*cu așternut și adaos de apă

A fost considerat un grad de colectare a deșeurilor animaliere de 100 %, cel de valorificare pentru bovine, porcine, cabaline, iepuri și păsări - de 60 %, iar pentru ovine și caprine – la nivelul a 40 % pe parcursul unui an.

Cantitatea de deșuri din industria alimentară este direct proporțională cu cantitatea de produs finit realizat pe parcursul anului de gestiune sau a perioadei de analiză. A fost acceptat un grad de valorificare a materiei prime pentru deșeurile industriei lactatelor și a băuturilor alcoolice în valoare de 85 %, iar pentru cele din industria sucurilor și celei de panificație - de 75 %.

La estimarea cantității de deșuri menajere utilizabile pentru producerea de biogaz, care depinde de numărul populației, nivelul de trai al populației, precum și specificul țării, a fost acceptată o valoare conservativă de 50 % din întreaga cantitate de deșuri colectate anual la rampele de gunoi, deoarece aceasta corespunde resturilor alimentare, care pot fi supuse procesului de digestie anaerobă.

Pentru estimarea potențialului de biocombustibil gazos, care reprezintă o dimensiune variabilă funcție de evoluția tuturor componentelor ce îl determină, a fost propusă formula 1<sub>7</sub>:

$$B_{\text{biog}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{mp},i} \cdot (1 + r_i)^t \cdot K_i \cdot U_i \cdot P_{\text{biog},i} \cdot Q_{\text{biog},i} \quad (1)$$

unde:  $M_{\text{mp},i}$  reprezintă cantitatea calculată de materie primă funcție de originea  $i$  a acesteia, tone/an;

$r_i$  - rata anuală a evoluției cantității de materie primă  $i$ ;

$t$  - anul pentru care va fi determinat potențialul de biogaz, ani;

$K_i$  - gradul de colectare a materiei prime în scopul producerii de biogaz;

$U_i$  - gradul de utilizare a materiei prime în scopul producerii de biogaz;

$P_{\text{biog},i}$  - productivitatea de biocombustibilul gazos,  $\text{m}^3/\text{t}_{\text{mp}}$ ;

$Q_{\text{biog},i}$  - căldura inferioară de ardere a biocombustibilului gazos,  $\text{MJ}/\text{m}^3$ .

În funcție de tipul materiei prime, cantitatea acesteia se determină astfel:

- pentru sectorul creșterii animalelor:

$$M_{\text{mp},\text{anim}} = \sum_{a=1}^A E_{f,a} \cdot m_a, \quad (2)$$

unde:  $E_{f,a}$  reprezintă efectivul calculat de animale din categoria  $a$ , în anul de referință, iar  $m_a$  - cantitatea specifică anuală a materiei prime a animalelor din categoria  $a$ , t/cap/an;

- pentru sectorul cultivării plantelor  $M_{\text{mp},\text{pl}}$  se determină:

$$M_{\text{mp},\text{pl}} = \sum_{z=1}^Z \text{rec}_z \cdot z_z, \quad (3)$$

unde:  $\text{rec}_z$  reprezintă recolta calculată a culturii  $z$  recoltată în anul de referință, tone;  
 $z_z$  - cantitatea specifică de deșeu agricol per tonă recoltă de cultura  $z$ , t/ $\text{t}_{\text{rec}}$ ;

- pentru sectorul industriei cantitatea de materie  $M_{\text{mp},\text{ind}}$  se determină:

$$M_{mp,ind} = \sum_{b=1}^B m_b, \quad (4)$$

unde:  $m_b$  reprezintă cantitatea calculată de materie corespunzătoare ramurii  $b$  a industriei naționale considerată, în anul de referință;

- pentru sectorul deșeuri, cantitatea de materie  $M_{mp,rez}$  reprezintă cantitatea calculată de reziduuri, în anul de referință.

Pentru determinarea costului gazului produs se utilizează raportul dintre cheltuielile de calcul anuale, ce iau în considerare cheltuielile specifice, și volumul de gaz rezultat. Costul energiei se determină prin raportarea cheltuielilor totale actualizate pe perioada de studiu la volumul de energie actualizat pe aceeași perioadă.

Utilizând valorile cantității gunoiului de grajd specific animalelor și păsărilor, prezentate în tabelul 3, precum și șeptelul diferit al acestora, rezultă cantitatea de biogaz prezentată în tabelul 4.

**Tabelul 4.** Producția de biogaz în funcție de numărul de animale la fermă, m<sup>3</sup>

Specie	Perioadă	Numărul de animale, capete					
		50	100	200	300	500	1 000
Bovine	zi	31	61	123	184	307	614
	lună	933	1 867	3 733	5 600	9 333	18 667
	an	11 200	22 400	44 800	67 200	112 000	224 000
Porcine	zi	11	21	42	63	105	211
	lună	320	641	1 282	1 922	3 204	6 408
	an	3 845	7 690	15 379	23 069	38 448	76 896
Cai	zi	35	69	139	208	347	693
	lună	1 055	2 109	4 219	6 328	10 547	21 094
	an	12 656	25 313	50 625	75 938	126 563	253 125
Ovine	zi	3	7	13	20	33	66
	lună	100	200	400	600	1 000	2 000
	an	1 200	2 400	4 800	7 200	12 000	24 000
Iepuri	zi	1	3	5	8	13	26
	lună	39	79	158	237	395	789
	an	473	947	1 894	2 841	4 734	9 469
Păsări		<b>500</b>	<b>1 000</b>	<b>2 000</b>	<b>5 000</b>	<b>10 000</b>	<b>20 000</b>
	zi	4	8	16	39	79	158
	lună	120	240	480	1 199	2 398	4 795
	an	1 439	2 877	5 754	14 386	28 772	57 544

Valorile productivității de biogaz obținute, fiind transformate în funcții prezintă următoarele expresii (tab. 5), unde  $x$  reprezintă șeptelul de animale.

Biogazul produs, în funcție de volumul disponibil, poate fi utilizat pentru acoperirea diferitor necesități, precum prepararea hranei (Gătire) și a apei calde menajere (ACM) sau pentru încălzirea locuinței, (tab. 6).

**Tabelul 5.** Expresii de determinare a potențialului de biogaz, funcție de numărul de animale

Specie	Expresie potențial		
	anual	lunar	zilnic
Bovine	$y = 224 \cdot x$	$y = 18,66667 \cdot x$	$y = 0,613699 \cdot x$
Porcine	$y = 76,896 \cdot x$	$y = 6,408 \cdot x$	$y = 0,210674 \cdot x$
Cai	$y = 253,13 \cdot x$	$y = 21,09417 \cdot x$	$y = 0,693507 \cdot x$
Ovine	$y = 24 \cdot x$	$y = 2 \cdot x$	$y = 0,065753 \cdot x$
Iepuri	$y = 9,4688 \cdot x$	$y = 0,789067 \cdot x$	$y = 0,025942 \cdot x$
Păsări	$y = 2,8772 \cdot x$	$y = 0,239767 \cdot x$	$y = 0,007883 \cdot x$

**Tabelul 6.** Numărul de case individuale asigurate pe durata întregului an cu biogazul rezultat de la fermele de animale

Specie	Necesitățile energetice	Numărul de animale, capete					
		50	100	200	300	500	1 000
Bovine	Gătit	31	61	122	183	305	610
	Gătit+ACM	14	27	55	82	137	275
	Gătit+ACM+Încălzire	4	7	15	22	37	73
Porcine	Gătit	11	23	46	69	114	228
	Gătit+ACM	5	10	21	31	51	103
	Gătit+ACM+Încălzire	1	3	5	8	14	27
Cai	Gătit	41	83	165	248	414	827
	Gătit+ACM	19	37	74	112	186	372
	Gătit+ACM+Încălzire	5	10	20	30	50	99
Ovine	Gătit	4	8	15	23	39	77
	Gătit+ACM	2	3	7	10	17	35
	Gătit+ACM+Încălzire	0,5	0,9	2	3	5	9
Iepuri	Gătit	2	3	7	10	39	34
	Gătit+ACM	0,8	2	3	5	8	15
	Gătit+ACM+Încălzire	0,2	0,4	0,8	1,2	2	4
Păsări		<b>500</b>	<b>1 000</b>	<b>2 000</b>	<b>5 000</b>	<b>10 000</b>	<b>20 000</b>
	Gătit	5	10	19	48	97	194
	Gătit+ACM	2	4	9	22	44	87
	Gătit+ACM+Încălzire	1	1	2	6	12	23

Expresiile ce exprimă numărul de gospodării asigurate cu biogaz, funcție de necesitate și numărul de animale/păsări, sunt prezentate în tabelul 7, unde  $x$  reprezintă șeptelul de animale/păsări.

**Tabelul 7.** Expresii de determinare a numărului de gospodării asigurate anual cu biogaz pentru utilități energetice

Specie	Utilitate		
	Gătit	Gătit+ACM	Gătit+ACM+Înc
Bovine	$y = 0,61 \cdot x$	$y = 0,2745 \cdot x$	$y = 0,0732 \cdot x$
Porcine	$y = 0,2285 \cdot x$	$y = 0,1028 \cdot x$	$y = 0,0274 \cdot x$
Cai	$y = 0,8272 \cdot x$	$y = 0,3723 \cdot x$	$y = 0,0993 \cdot x$
Ovine	$y = 0,0772 \cdot x$	$y = 0,0348 \cdot x$	$y = 0,0093 \cdot x$
Iepuri	$y = 0,0342 \cdot x$	$y = 0,0154 \cdot x$	$y = 0,0041 \cdot x$
Păsări	$y = 0,0097 \cdot x$	$y = 0,0044 \cdot x$	$y = 0,0012 \cdot x$

În cazul producerii biogazului în volume mari, o soluție mai potrivită de valorificare a lui este producerea energiei electrice. Puterile generatorului electric antrenat de motorul cu ardere internă, alimentat cu biogazul produs la ferme cu diferit număr de animale și păsări este prezentat în tabelul 8.

**Tabelul 8.** Puterea instalată a generatorului electric, acționat de un MAI, kW

Specie	Numărul de animale și păsări la fermă, capete					
	50	100	200	300	500	1 000
Bovine	3,7	7,4	14,7	22,1	36,8	73,6
Porcine	1,4	2,8	5,5	8,3	13,8	27,6
Cabaline	5,0	10,0	20,0	29,9	49,9	99,8
Ovine	0,5	0,9	1,9	2,8	4,7	9,3
Iepuri	0,2	0,4	0,8	1,2	2,1	4,1
Păsări	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000
	0,6	1,2	2,3	5,8	11,7	23,4

\*Putere determinată în ipoteza funcționării instalației de cogenerare cu un  $T_M = 5\ 000$  h/an și  $\eta_e = 30\%$

Expresiile de calcul a puterii unității generatoare funcție de numărul de animale sunt prezentate în tabelul de mai jos, unde  $x$  reprezintă șeptelul de animale.

**Tabelul 9.** Expresii corespunzătoare puterilor generatoare, kW

Specie	Expresie	Specie	Expresie
Bovine	$y = 0,0736 \cdot x$	Ovine	$y = 0,0093 \cdot x$
Porcine	$y = 0,0276 \cdot x$	Iepuri	$y = 0,0041 \cdot x$
Cai	$y = 0,0998 \cdot x$	Păsări	$y = 0,0012 \cdot x$

Astfel, numărul de animale întreținute la ferme determină opțiunea de utilizare ulterioară a biogazului produs. Spre exemplu, o fermă de bovine cu 100 capete poate asigura funcționarea unei instalații de cogenerare de cca 7 kWe. Dacă același volum de biogaz este utilizat numai pentru prepararea hranei, ferma poate asigura cu combustibil 61 de gospodării, iar în cazul utilizării gazului și pentru prepararea apei calde, el este suficient pentru acoperirea necesarului a 27 de gospodării.

În capitolul 3 „**Evaluarea potențialului energetic existent al biogazului și biosingazului în Republica Moldova**” a fost determinată cantitatea de materie primă, pe fiecare categorie, evoluția acesteia pe parcursul perioadei anilor 2007-2018, fiind stabilită o tendință negativă a șeptelului de animale (tab. 10), a producției finite din industria alimentară și a deșeurilor de producție și consum. Pentru materia primă pentru care a fost înregistrată o evoluție mai mare de 10 %, a fost acceptată o rată de creștere de la nivelul așteptat al dezvoltării industriei - de 10 %.

La determinarea potențialului, atât de biogaz cât și de biosingaz, valoarea de referință este considerată valoarea calculată, rezultată din evoluția înregistrată.

Cu luarea în considerare a tuturor factorilor ce influențează producția de biogaz, în tabelul 11 este prezentat potențialul de producere a acestuia către anul 2020.

**Tabelul 10.** Evoluție anuală a șeptelului de animale, %/an

Regiune	Bovine	Porcine	Ovine și caprine	Cabaline	Iepuri	Păsări
Total pe țară	- 4,01	-0,20	-0,60	- 5,43	2,72	2,86
Mun. Chișinău	- 6,83	- 8,03	0,02	- 5,71	- 1,19	8,83
Nord	- 4,10	- 3,72	- 2,07	- 5,71	3,22	3,38
Mun. Bălți	- 10,83	- 16,68	- 9,04	- 15,25	- 10,12	2,86
Centru	- 3,62	- 3,47	- 0,70	- 4,58	2,91	- 2,46
Sud	- 4,77	- 2,75	- 0,30	- 7,30	2,07	- 6,86
U.T.A Găgăuzia	-2,75	- 2,27	1,34	- 7,57	4,72	63,18

**Tabelul 11.** Potențialul de producere a biogazului către anul 2020

	Deșuri animaliere		Deșuri agricole		Deșuri industriale		Deșuri menajere		Total	
	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an
Total pe țară	73 828	1 616 593	24 590	588 035	532 786	11 508 186	287 421	3 592 766	918 626	17 305 581
mun. Chișinău	1 022	23 501	54	1 290	196 260	4 239 224	22 330	279 126	219 666	4 543 140
Nord	26 643	573 232	9 884	236 618	248 867	5 375 527	90 032	1 125 400	375 427	7 310 777
Centru	25 019	544 800	4 654	111 255	46 985	1 014 883	34 378	429 726	111 036	2 100 664
Sud	16 890	379 597	7 468	178 448	31 431	678 908	14 833	185 411	70 622	1 422 364
U.T.A Gagauzia	4 254	95 464	2 530	60 425	8 332	179 981	125 848	1 573 103	140 965	1 908 973

Biogazul produs, datorită proprietăților sale, poate fi utilizat într-o varietate largă de instalații, bazate pe diverse tehnologii, în scopul asigurării celor patru forme principale de energie de care are nevoie societatea modernă: *energie termică* pentru încălzirea locuințelor, *energie electrică* pentru alimentarea receptorilor electrici, *combustibili* pentru prepararea hranei și *carburanți* pentru transport. În tabelul 12 este prezentat Potențialul de producere a biogazului, exprimat în mod echivalent prin capacitățile instalațiilor de consum a acestuia, cu un randament de 30 % și cu o durată de utilizare a puterii maxime de 5000 h/an.

**Tabelul 12.** Potențialul de producere a biogazului, exprimat în mod echivalent prin capacitățile instalațiilor de consum a acestuia, MW

Regiune	Deșuri animaliere		Deșuri agricole		Deșuri industriale		Deșuri menajere		Total	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Total pe țară	26,94	26,86	9,80	15,03	191,80	288,36	59,88	72,14	288	402
Mun. Chișinău	0,39	0,59	0,02	0,02	78,90	155,11	4,65	1,15	84	157
Nord	9,55	8,27	3,94	5,47	100,04	143,64	18,76	15,72	132	173
Centru	9,08	9,22	1,85	2,77	18,89	12,33	7,16	3,67	37	28
Sud	6,33	7,15	2,97	5,03	12,64	8,43	3,09	2,17	25	23
U.T.A Găgăuzia	1,59	1,64	1,01	1,74	3,35	2,12	26,22	49,43	32	55



Materia primă utilizată pentru producerea singazului este foarte diversificată. Cea mai mare parte vine din sectorul agricol. În contextul utilizării judicioase, inclusiv a deșeurilor agricole, dar fără a afecta direcțiile actuale de valorificare a acestora se propune utilizarea în cantități ne semnificative a deșeurilor rezultate anual.

Eficiența procesului de transformare a biomasei în singaz este cuprinsă între 72 și 80 %, cu o valoare acceptată de 60 %. A fost acceptată ideea producerii singazului cu oxidare parțială cu aer, respectiv căldura de ardere a gazului produs acceptată constituie 4-6 MJ/m<sup>3</sup>.

Potențialul de producere a biosingazului către anul 2020 este prezentat în tabelul 13.

**Tabelul 13.** Potențial de producere a singazului din deșeuri, 2020

	Deșeuri culturi agricole		Deșeuri culturi pomicole și viticole		Deșeuri forestiere		Total	
	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an	mii m <sup>3</sup> /an	GJ/an
Total pe țară	1 669 332	8 346 659	70 051	377 754	217 127	1 102 843	1 956 510	9 827 256
Mun. Chișinău	3 425	17 124	1 192	6 440	23 117	117 417	27 734	140 981
Nord	812 142	4 060 711	19 633	105 463	46 716	237 282	878 491	4 403 456
Centru	303 819	1 519 095	19 122	103 082	98 141	498 482	421 081	2 120 660
Sud	417 754	2 088 768	25 315	136 894	40 507	205 747	483 576	2 431 409
U.T.A Găgăuzia	132 192	660 961	4 790	25 875	8 646	43 914	145 628	730 750

Cantitatea de biosingaz potențial a fi produsă evoluează în sens pozitiv pentru majoritatea culturilor, fapt ce sugerează siguranța disponibilității materiei prime și posibila valorificare a acestuia, inclusiv în scopul producerii energiei, potențialul acestuia exprimat în mod echivalent prin capacitățile instalațiilor de consum fiind prezentate mai jos.

**Tabelul 14.** Potențialul de producere a biosingazului, exprimat în mod echivalent prin capacitățile instalațiilor de consum a acestuia, MW

Regiune	Deșeuri culturi agricole		Deșeuri culturi pomicole și viticole		Deșeuri forestiere		Total	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Total pe țară	92,74	339,06	2,36	2,65	11,11	11,67	106,21	353,39
Mun. Chișinău	0,19	0,55	0,04	0,02	1,18	1,24	1,41	1,82
Nord	45,12	150,97	0,69	0,83	2,39	2,51	48,19	154,30
Centru	16,88	63,15	0,65	0,84	5,02	5,28	22,55	69,27
Sud	23,21	94,23	0,83	0,85	2,07	2,18	26,11	97,26
U.T.A Găgăuzia	7,34	30,16	0,16	0,11	0,44	0,46	7,95	30,73

În ipoteza funcționării pe parcursul anului timp de 5 000 ore a centralelor termoelectrice, cu o eficiență de 20 %, către anul 2020 pot fi edificate unități generatoare de energie electrică cu puterea sumară de 106 MW, aceasta fiind majorată către 2030 până la 353 MW, puterile unitare pe localitate crescând de la 75 kW în anul 2020, la 250 kW către 2030.



Potențialul energetic estimat atât pentru biogaz, cât și singaz, prin valorificarea unei cantități de deșeuri ce nu ar afecta utilizările actuale ale acestora ar fi suficient pentru acoperirea unei părți semnificative a consumului de energie, fapt ce subliniază atenția ce o merită biocombustibilii gazoși produși din deșeuri.

Fiind argumentată disponibilitatea materiei prime, coroborată de efortul și calitatea bună a gazului produs, în capitolul 4 „**Aspecte economice ce privesc producerea și utilizarea biocombustibililor**” se determină costul anual al biogazului și singazului în unități ce ar produce volumul necesar de gaz corespunzător puterilor unităților generatoare de energie. Deoarece puterile estimate, rezultate la nivel de raion, pentru instalațiile de conversie a biogazului, ajung până la 280 MW și până la 90 MW în cazul instalațiilor pe singaz, au fost considerate instalații cu puteri de 50, 100, 500, 1000 și 5000 kW pentru conversia în energie a biogazului, iar pentru cele de conversie a singazului - de 50, 150, 750 și 1300 kW. Unitățile generatoare cu asemenea puteri se încadrează în categoriile de puteri micro și mici, fiind destinate preponderent pentru asigurarea cu energie a unui grup mic de locuințe, până la case mari, a unor clădiri de menire socială: școli, grădinițe, spitale etc. și grupurile formate din acestea.

Atât pentru calculul costului biogazelor, cât și a energiei rezultate sunt considerate două scenarii, unul optimist ce conține datele inițiale ce vor conduce către un cost minim posibil și altul conservativ – cu date ce conduc către un cost maxim.

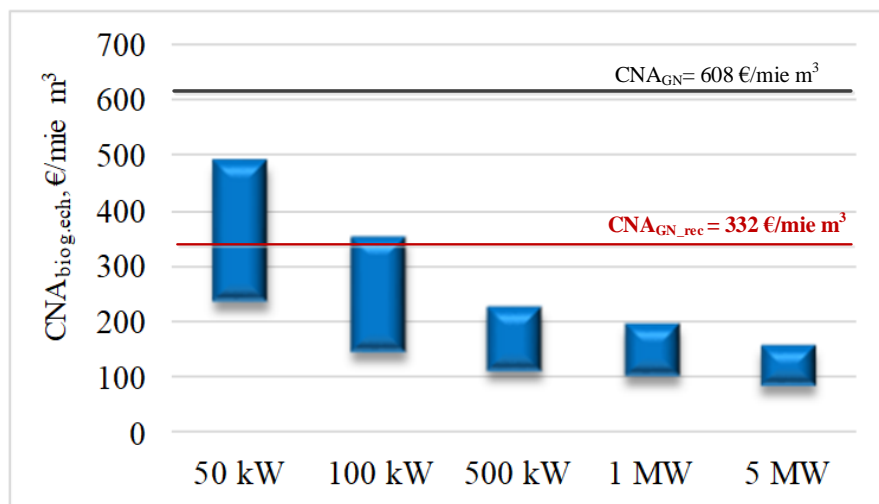
Întru asigurarea comparabilității costului biogazului și singazului cu cel al gazelor naturale, este considerat costul nivelat al gazelor echivalent căldurii de ardere a gazelor naturale, iar costul gazelor naturale este unul nivelat ( $CNA_{GN}$ ) pe aceeași perioadă de timp pentru care a fost determinat și costul nivelat al biogazului, aceste costuri atât pentru biogaz, cât și pentru și singaz sunt prezentate în continuare.

**Tabelul 15.** Costul biogazului, Euro/mie  $m^3$

Putere instalată, kW	50	100	500	1000	5000
<b>Cost nivelat biogaz</b>					
$CNA_{BG}^-$	154,93	94,81	72,95	67,47	55,17
$CNA_{BG}^+$	264,56	190,09	123,07	106,55	84,21
<b>Cost nivelat echivalent GN</b>					
$CNA_{BG, ech}^-$	235,92	144,37	111,08	102,74	84,01
$CNA_{BG, ech}^+$	492,38	353,78	229,05	198,30	156,72

În figura 1 sunt prezentate rezultatele comparării acestor două costuri, care au scos în evidență comparabilitatea și rentabilitatea producerii de biogaz, în condițiile păstrării evoluției înregistrate a costului de import a gazelor naturale înregistrată pentru perioada anilor 2004-2018 ( $CNA_{GN}$ ) și, respectiv, exclusiv la puteri mici, în cazul menținerii evoluției costului de import a gazelor naturale înregistrată în perioada anilor 2006-2020 ( $CNA_{GN\_rec}$ ).

Costul singazului este superior biogazului, fapt ce se datorează costului mai ridicat al tehnologiei de producere și valorii inferioare a căldurii de ardere a singazului, în comparație cu biogazul



**Figura 1.** Costul nivelat echivalent al biogazului și costul de import nivelat al GN

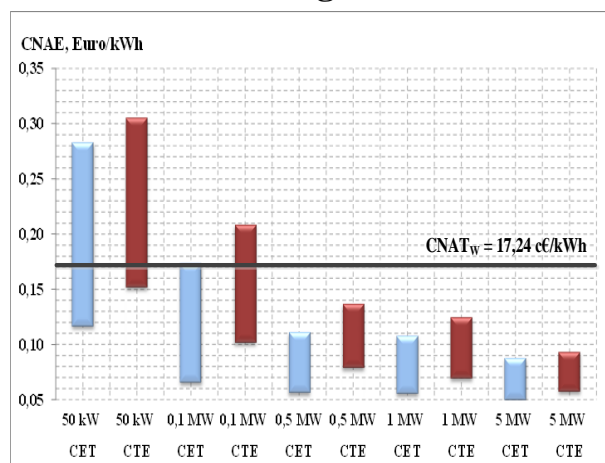
**Tabelul 16.** Costul biosingazului, Euro/mie m<sup>3</sup>

Putere instalată, kW	50	150	7500	1300
<b>Cost nivelat</b>				
CNA <sub>SG</sub> -	205,08	175,56	139,25	110,5
CNA <sub>SG</sub> +	285,83	244,64	194,7	168,2
<b>Cost nivelat echivalent GN</b>				
CNA <sub>SG,ech</sub> -	1 029,06	864,24	625,33	500,99
CNA <sub>SG,ech</sub> +	1 466,52	1 279,70	1 004,39	852,91

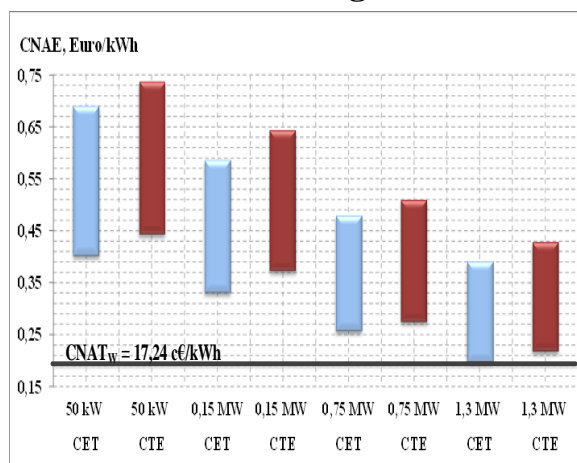
Valorificarea biogazelor în scopul producerii de energie, este realizată prin intermediul *MAI, PC și ITG*.

Costul energiei electrice, produse din biocombustibilii gazoși considerați, la costurile specifice unităților de valorificare a acestora, prezintă valori diferite atât per tehnologie, cât și putere instalată, după cum este ilustrat în continuare.

### Biogaz

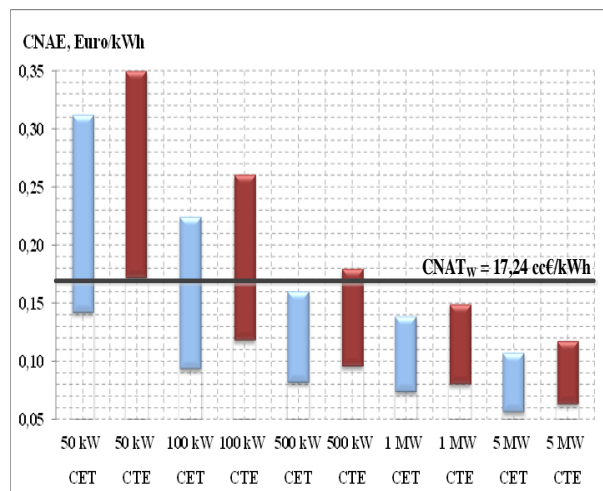


### Biosingaz

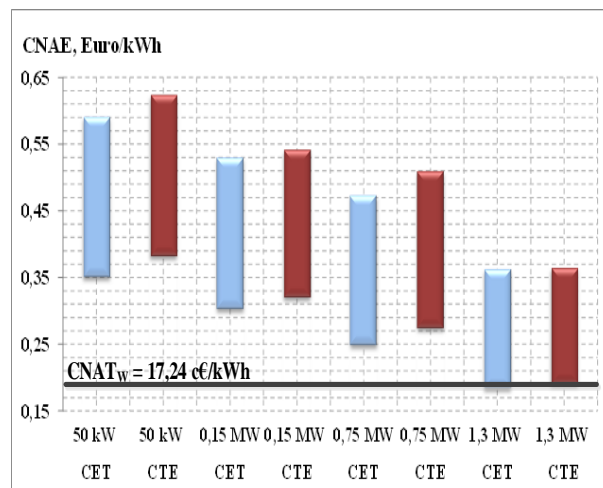


### Motor cu ardere internă

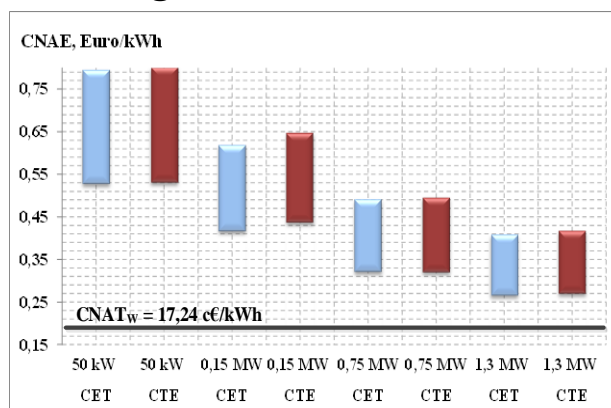
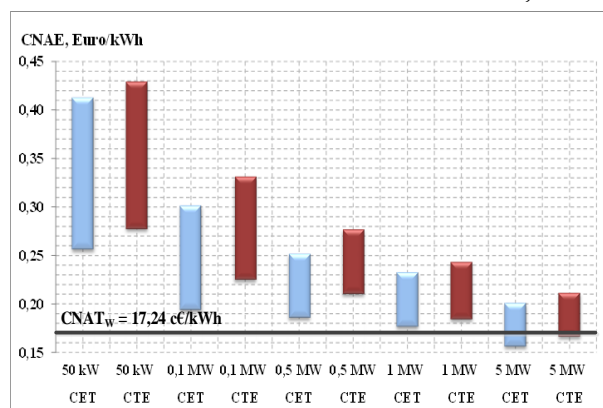
## Biogaz



## Biosingaz



## Instalații de turbine cu gaze



## Pile de combustie

Producerea energiei electrice din biogaz este rentabilă pentru tehnologiile MAI, pentru întreg lanțul de puteri considerate; ITG devin atractive pentru capacități mai mari de 100 kW, iar PC sunt competitive doar la puteri mai mari de 5 MW, în condițiile scenariului optimist.

Producerea energiei electrice din singaz se dovedește a fi atractivă doar în MAI și ITG de puteri mai mari de 1,3 MW, în cazul valorificării energiei termice și în condițiile scenariului optimist.

Producerea energiei electrice din biogaz este atractivă pentru toate tehnologiile considerate, iar din singaz doar în MAI și ITG la puteri mari, iar tehnologia pilelor de combustie fiind o tehnologie nouă este mai puțin aplicată în prezent din cauza costurilor investiționale ridicate.

Pornind de la faptul că există tehnologii de producere și valorificare a biocombustibililor gazoși care, în condițiile menținerii evoluției costului surselor tradiționale, se dovedesc a fi economic fezabile, ar fi oportună orientarea investitorilor către valorificarea potențialului de deșuri biodegradabile existente în țară.

### III. CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Preocupările stringente globale, legată de schimbarea climei, cauzată, în principal, de arderea combustibililor fosili, a determinat statele lumii, inclusiv Republica Moldova, să-și asume angajamente privind utilizarea eficientă a energiei și de promovare a utilizării surselor de energii regenerabile. Întru realizarea acestor angajamente țara noastră a adoptat programe și planuri de acțiune și în anul 2017 a aprobat cotele și limitele maxime de capacitate în domeniul E-SER până în anul 2020 în implementarea SER.
2. În contextul importului de resurse energetice în proporție de 68% din consumul intern brut al țării și a disponibilității materiei prime locale, ce ar putea fi utilizată în scop energetic, devine oportună orientarea către resursele locale de energie.
3. Biomasa rămâne a fi cea mai răspândită resursă, inclusiv de energie, care ar putea acoperi greutatea cea mai mare în contextul atingerii obiectivelor asumate. Orientarea către transformarea deșeurilor de origine biologică în combustibili alternativi, precum biogazul și biosingazul, pe lângă diminuarea impactului asupra mediului, în cazul neutilizării acestora, prezintă și următoarele avantaje comparativ cu utilizarea combustibililor fosili:
  - reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră pe termen scurt;
  - diminuarea efectului schimbărilor climatice, pe termen mediu și
  - asigurarea acoperirii necesarului de energie, pe termen lung.
4. În prezenta lucrare termenul biocombustibilul gazos presupune totalitatea combustibililor în stare gazoasă, care au fost produși prin diferite metode, din materie organică și este destinat producerii de electricitate, căldură și frig.
5. Prezenta lucrare vine cu propunerea unei metodologii de estimare a potențialului energetic evolutiv din deșeuri, ce permite obținerea valorilor pentru un anumit moment viitor.
6. Republica Moldova fiind una cu economie bazată pe agricultură, una din îndeletnicirile de bază ale populației o constituie creșterea păsărilor și animalelor, acestea fiind prezente în majoritatea gospodăriilor rurale, au fost propuse modele matematice de determinare a potențialului de biogaz, a numărului de gospodării asigurate cu biogaz pentru diferite utilități energetice, a puterilor instalate ale unităților generatoare în funcție de efectivul de animale întreținute.
7. Au fost adaptate modelele dinamice și cele statice-echivalente în scopul determinării costului biocombustibililor gazoși și a energiei electrice produse din aceștia, astfel fiind evidențiată aplicabilitatea modelelor respective.

8. Analiza evoluției cantității de materie primă prielnică producerii biocombustibililor a evidențiat o evoluție negativă a șeptelului de animale pe parcursul ultimilor 12 ani în țară.
9. A fost constatată disponibilitatea a circa 7 mil. tone/an de deșeuri biodegradabile, care pot fi convertite în 918 626 mii m<sup>3</sup>/an de biogaz și 1 956 510 mii m<sup>3</sup>/an de singaz, echivalentul a 17 305 581 GJ/an de biogaz, respectiv 9 827 256 GJ/an de singaz sau potențialul de producere a biogazului la nivelul anului 2020, exprimat în mod echivalent prin capacitățile instalațiilor de consum a acestuia de 288 MWe și pe singaz – de 106 MWe.
10. Repartizarea geografică a deșeurilor determină posibilitatea instalării la nivel de localitate a unităților generatoare pe biogaz cu puteri cuprinse între 50 și 100 kWe, iar pe singaz - instalații cu valori ale puterilor cuprinse între 100 și 200 kWe.
11. Producerea biogazului se dovedește a fi atractivă în cazul menținerii evoluției, din ultimi 15 ani, a costului gazelor naturale, iar a singazului doar pentru puteri mari și în condițiile scenariului optimist. Costul nivelat al biogazului exprimat în unități echivalente gazului natural variază între 84 Euro/mie m<sup>3</sup>, pentru puteri mari în condițiile scenariului optimist, și 492 Euro/mie m<sup>3</sup>, iar a singazului între 501 și 1 466 Euro/mie m<sup>3</sup>.
12. În lucrare au fost analizate tehnologiile moderne de generare a energiei din biocombustibili gazoși, inclusiv în regim de cogenerare, pentru care au fost determinate costurile nivelate ale energiei electrice. Aceste costuri pot sta la baza stabilirii prețurilor plafon și tarifelor fixe determinate pentru tehnologiile de producere a energiei din SER promovate de stat.
13. Faptul că din anul 2009, când a fost aprobată *Metodologia de determina a costului energiei din surse regenerabile*, până în luna martie 2018 au fost instalate unități generatoare, în baza energiei regenerabile, cu o putere totală de 52 MW, iar urmare a aprobării în data de 28.02.2020 a Hotărârii nr 54/2020 *privind tarifele fixe și prețurile plafon la energia electrică produsă din surse regenerabile de energie de către producătorii care vor obține statutul de producător eligibil în anul 2020* a fost confirmat/ofert statutul de producător eligibil pentru 26 de entități cu o putere totală de 27,23 MW, puterea instalată a unității pe biogaz fiind de 0,637 MW din 12 MW alocați pentru anul 2020, denotă necesitatea promovării biogazului.
14. Generarea energiei electrice utilizând în calitate de combustibil biogazul sau singazul oferă avantajul unei manevrabilități înalte a echipamentului utilizat, astfel acestea pot fi utilizate în calitate de capacități de compensare a E-SER variabile.

## **Problema științifică importantă soluționată**

Prezenta teza de doctor aduce contribuții științifico-practice într-un domeniu de interes actual – promovarea surselor de energii regenerabile. În urma cercetărilor realizate, în lucrare a fost demonstrată disponibilitatea potențialului local de biocombustibili gazeși din deșeuri biodegradabile, fapt ce a determinat efectuarea analizei competitivității opțiunilor de valorificare a biogazului și singazului, în vederea argumentării necesității de promovare a utilizării lor în scop energetic.

Din această lucrare derivă următoarele *sugestii privind cercetările de perspectivă*, cu caracter tehnico-economic:

- identificarea modelelor matematice ce ar permite determinarea potențialului energetic în cazul variației mix-ului materiei prime;
- identificarea și înaintarea modalităților de promovare a biocombustibililor gazeși din deșeuri prin scheme de sprijin sau prin considerarea micșorării emisiilor de gaze cu efect de seră;
- identificarea soluției fezabile de producere și utilizare a energiei la locul de producere a biocombustibililor gazeși sau la o anumită distanță.

## **Lista lucrărilor publicate la tema tezei**

*Participări cu rapoarte la foruri științifice naționale și internaționale:*

1. O. Capitan, *Evaluarea potențialului de biocombustibili gazeși în Republica Moldova*, Conferința Internațională “Energetica Moldovei 2016. Aspecte regionale de dezvoltare”, 30 septembrie 2016, Chișinău, ISBN: 978-9975-4123-5-3, 0,56 c.t.
2. O. Șveț, *Biogas potential assessment for Moldova*, 8TH International Conference on Electrical and Power Engineering, EPE 2014, 16-18 October 2014 - Iași, Romania, ISBN 978-1-4799-5848-1, 0.18 c.t.
3. O. Șveț, *Biogazul produs din gunoi de grajd și modalitățile de valorificare a lui*, Conferința Internațională de Sisteme Electromecanice și Energetice, SIELMEN 2013, Chișinău, 17-18 octombrie 2013, ISBN 978-606-13-1560-4, 0.57 c.t.
4. V. Arion, C. Gherman, O. Șveț, L. Arseni, *Costurile tehnologiilor moderne de producere a electricității din biomasa solidă*, Conferința internațională „Energetica Moldovei-2012”. Aspecte regionale de dezvoltare, 4-6 octombrie 2012, ISBN 978-9975-62-324-7, Chișinău, 0.41 c.t.

*Articole în culegeri naționale:*

5. O. Șveț, *Modelarea costului biogazului produs*, Conferința Tehnico-științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, 20-21 octombrie 2014, UTM, 0.24 c.t.
6. O. Șveț, *Situația curentă în Republica Moldova privind producerea de biogaz*, Conferința Tehnico-științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, 15-23 noiembrie 2013, UTM, 0.31 c.t.

*Articole în reviste de circulație internațională:*

7. C. Gherman, O. Șveț, L. Arseni, *Gazeificarea biomasei solide și costul singazului produs*, Problemele Energeticii Regionale, Nr. 3(20) / 2012 / ISSN 1857-0070, pp.76-84, 0.42 c.t., cu participare la Conferința internațională „Energetica Moldovei-2012”, Aspecte regionale de dezvoltare, 4-6 octombrie 2012, ISBN 978-9975-62-324-7, Chișinău
8. O. Capitan, *Feasibility production of gaseous biofuels from waste in the Republic of Moldova*, Journal of Social Sciences, Vol. III, no. 1 (2020), pp.56-64, 0.53 c.t., ISSN 2578-3490, eISSN 2587-3504, DOI: 10.5281/zenodo.3724635, CZU 662.767.2:657.4(478)
9. O. Capitan, *Cost analysis of energy produced from biogas and biosyngas*, Journal of Social Sciences, Vol. III, no. 2 (2020), pp.32-41, 0.62 c.t., ISSN 2578-3490, eISSN 2587-3504, DOI: 10.5281/zenodo.3871339, CZU 338.5:620.9(478)

*Lucrări metodico-didactice:*

10. V. Arion, V. Hlusușov, C. Gherman, O. Svet, *Culegere de probleme la disciplina Economia Energeticii, Partea I - Aspecte generale ale calculelor tehnico-economice și economico-financiare*, Chișinău, Editura „Tehnica-UTM” 2013, 8 c.t.
11. V. Arion, V. Hlusușov, C. Gherman, O. Svet, *Ghid de promovare a proiectelor de eficiență energetică și surselor de energii regenerabile*, Agenția pentru Eficiență Energetică, 2012, 16.75 c.t.
12. V. Arion, O. Șveț, C. Borosan, *Producerea biogazului din deșeuri animaliere*, Ghid, Unitatea consolidată de implementare a proiectelor de mediu, Proiectul „Practici de gestionare a gunoiului de grajd și tehnologii de producere a biogazului”, Chișinău 2013, 1,28 c.t.
13. V. Arion, O. Șveț, C. Borosan, *Utilizarea biogazului la producerea căldurii și electricității*, Ghid, Unitatea consolidată de implementare a proiectelor de mediu, Proiectul „Practici de gestionare a gunoiului de grajd și tehnologii de producere a biogazului”, Chișinău 2013, 1,38 c.t.

## ADNOTARE

**Autor** – ȘVEȚ Olga. **Titlul** – *Promovarea utilizării biocombustibililor gazoși în Republica Moldova.*

**Structura lucrării:** Lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 171 titluri și include 7 anexe, 107 pagini, 18 figuri, 73 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 13 lucrări.

**Cuvinte cheie:** energie regenerabilă, biocombustibili gazoși, potențial, cost al biogazului și singazului, cost nivelat al energiei.

**Domeniul de studiu** – științe tehnice. **Scopul tezei** constă în dezvoltarea cadrului metodologic privind estimarea potențialului de biocombustibili gazoși din deșeuri organice în țară și determinarea costurilor aferente biocombustibililor gazoși și a energiei produse din aceștia, în condițiile Republicii Moldova.

**Obiectivele lucrării:** Studiarea modalităților de estimare a potențialului de biogaz și singaz din deșeuri biodegradabile în vederea elaborării unei metodologii de evaluare a acestuia către un anumit moment de timp; evaluarea și analiza costului biogazului și singazului și a energiei regenerabile pentru tehnologii de cogenerare în condițiile Republicii Moldova.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării.** Pentru diferite surse de deșeuri biodegradabile, este propusă, formulată și aplicată metodologia de estimare a potențialului de biogaz și singaz către un moment de timp viitor, identificată puterea potențială a unităților de conversie în energie la nivel raional și local. Au fost adaptate și aplicate modele economice pentru determinarea costului gazului biocombustibil, și modele statice echivalente pentru sursele de energie.

**Rezultatul obținut** constă în *demonstrarea* disponibilității potențialului local de biocombustibili gazoși din deșeuri biodegradabile, în baza metodologiei propuse de estimare a acestuia, *fapt ce a determinat* efectuarea analizei competitivității opțiunilor de valorificare a biogazului și singazului, *în vederea* argumentării necesității de promovare a utilizării lor în scop energetic.

**Importanța teoretică.** Teza aduce contribuții științifice într-un domeniu de larg interes – elaborarea metodologiei de estimare a potențialului de gaze biocombustibile, identificarea modelelor matematice pentru producția de biogaz și a unităților generatoare în funcție de numărul de animale.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** În lucrare a fost estimat potențialul disponibil de biocombustibili gazoși, posibil a fi utilizați în scopuri energetice în țară, a fost determinată și analizată performanța tehnologiilor de producere a biogazului și singazului și calculat costul gazului biologic și a CNAE pentru sursele ce ar putea fi promovate în țară.

**Implementarea rezultatelor științifice.** În cadrul Proiectului „Practici de gestionare a gunoiului de grajd și tehnologiile de producere a biogazului” au fost elaborate ghidurile *Producerea biogazului din deșeuri animaliere și Utilizarea biogazului la producerea căldurii și electricității*, unde sunt prezentate rezultate importante din lucrare, acestea fiind utilizate și în procesul didactic la Facultatea Energetică și Inginerie Electrică.



## SUMMARY

**Author** – ŞVEȚ Olga. **Title** – *Promoting the use of gaseous biofuels in the Republic of Moldova.*

**Thesis structure:** The paper comprises an introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, 171 references, 7 annexes, 107 pages, 18 figures, 73 tables. The results are published in 13 scientific papers.

**Keywords:** renewable energy, gaseous biofuels, potential, cost of biogas and syngas, levelized cost of energy.

**Field of study** - technical sciences. **The purpose of the thesis** consists in developing the methodological framework for estimating the potential of gaseous biofuels from organic waste in the country and determining the costs related to gaseous biofuels and the energy produced from them, under the conditions of the Republic of Moldova.

**Objectives of the paper:** Studying the ways of estimating the potential of biogas and syngas from biodegradable waste in order to develop a methodology for its evaluation at a certain time; assessing and analyzing the cost of biogas and syngas and renewable energy in cogeneration technologies from gaseous biofuels under the conditions of the Republic of Moldova.

**Scientific novelty and originality.** For different sources of biodegradable waste, is proposed, formulated and applied a methodology for estimating biogas and syngas potential to a future point time, is identified the potential power of energy conversion units at district and local level. Economic models have been adapted and applied to determine the cost of gaseous biofuel and equivalent static models for its conversion energy sources.

**The result obtained** *consists in demonstrating* the availability of local potential of gaseous biofuels from biodegradable waste, based on the proposed methodology for its estimating, *which determined* the analysis of the competitiveness of the options for the use of biogas and bio-syngas, *in order to argue* the need to promote their use for energy purposes.

**The theoretical value.** This thesis brings a scientific contribution in an area of broad interest - elaboration of the methodology for estimating the potential of gaseous biofuels, identification of mathematical models for biogas production and of the generating units according to the number of animals.

**The practical value of the work.** In this paper, it was estimated the gaseous biofuels available potential, possible to be used for energy purposes in the country, it was determined and analyzed the performance of biogas and syngas production technologies and calculated their cost and levelized cost of electricity for the sources that could be promoted in the country.

**Implementation of research results.** Within the project "Manure management practices and technologies for biogas production", the guides have been developed *Biogas production from animal waste* and *Use of biogas in the production of heat and electricity*, where are presented important results from the paper. The guides are being used in the teaching process at the Faculty of Energy and Electrical Engineering, TUM.

## АННОТАЦИЯ

**Автор** – ШВЕЦ Ольга. **Название** – *Продвижение использования газообразного биотоплива в Республике Молдова.*

**Структура работы:** работа состоит из введения, четырёх глав, выводов и рекомендаций, библиографии из 71 наименований и включает 7 приложений, 107 страниц, 18 рисунков и 73 таблиц. Результаты исследования опубликованы в 13 работах.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, газообразное биотопливо, потенциал, стоимость биогаза и сингаза, нивелированная стоимость энергии.

**Область исследования** - технические науки. **Цель диссертации** является разработка методологической базы для оценки потенциала газообразного биотоплива из органических отходов в стране и определение стоимости газообразного биотоплива и производимой из него энергии, в условиях Республики Молдова.

**Задачи диссертации:** Изучение способов оценки потенциала биогаза и сингаза из биоразлагаемых отходов с целью разработки методологии его оценки к определенному моменту времени; оценка и анализ стоимости биогаза, сингаза и возобновляемой энергии в когенерационных технологий в условиях Республики Молдова.

**Научная новизна работы:** для различных источников биоразлагаемых отходов предлагается, формулируется и применяется методология оценки потенциала биогаза и сингаза, к будущему моменту времени, определена потенциальная мощность единиц преобразования энергии на районном и местном уровнях. Были адаптированы и применены экономические модели для определения стоимости газообразного биотоплива, и эквивалентные статические модели для источников выработки энергии.

**Полученный результат** заключается в продемонстрировании наличия местного потенциала газообразного биотоплива из биоразлагаемых отходов, на основе предложенной методики его оценки, что определило анализ конкурентоспособности вариантов использования биогаза и сингаза с целью обоснования необходимости стимулировать их использование в энергетических целях.

**Теоретическая значимость.** Диссертация вносит научный вклад в область широкого интереса - разработка методологии для оценки потенциала газообразного биотоплива, определение математических моделей для производства биогаза и единиц генерации в зависимости от численности животных.

**Прикладное значение работы:** и работе был оценен доступный потенциал для газообразного биотоплива, который может быть использован для энергетических целей в стране, была определена и проанализирована производительность технологий производства биогаза и силоса, а также рассчитана стоимость биологического газа и СНАЕ для источников, которые могут быть продвинуты в стране.

**Внедрение научных результатов:** и рамках проекта «Методы управления навозом и технологии производства биогаза» были разработаны направляющие *Производство биогаза из отходов животноводства и Использование биогаза в производстве тепла и электроэнергии*, где представлены важные результаты работы. Гиды также используются в учебном процессе на факультете энергетики и электротехники.

**ȘVEȚ OLGA**

**PROMOVAREA UTILIZĂRII  
BIOCOMBUSTIBILILOR GAZOȘI  
ÎN REPUBLICA MOLDOVA**

**221.01 SISTEME ȘI TEHNOLOGII ENERGETICE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe inginerești

---

Aprobat spre tipar 17.11.20	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar RISO	Tirajul 50 ex.
Coli de tipar 1,75	Comanda nr. 73

---

U.T.M., 2020, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168.  
Secția redactare și Editare a U.T.M.  
2068, Chișinău, str. Studenților 9/9.

© U.T.M., 2020