

DESPRE CĂILE OPTIME DE ASIGURARE A DEZVOLTĂRII DURABILE A REPUBLICII MOLDOVA

ON THE OPTIMAL WAYS TO ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR THE REPUBLIC OF MOLDOVA

CZU: 502.174.3(478)

<https://doi.org/10.59295/spd2025e.111>

Iurie BOȘNEAGA

ORCID: 0009-0003-5908-1247

E-mail: iubosneaga@gmail.com

*Institutul de Fizică Aplicată, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Summary. *The problem of optimization is an eternal one for civilization, with particular acuteness in the period of transition to sustainable development. To optimize this transition, the thermodynamic approach is applied. The main conclusions are presented, which emerge from the developed Sustainable Development Concept. Under the conditions of applying traditional technologies, renewable energy sources are relatively limited in the Republic of Moldova. Accordingly, it is demonstrated that for the period of transition to sustainable development, the use of nuclear energy is an imperative for the Republic of Moldova. It is argued that photovoltaic installations in the conditions of the Republic of Moldova categorically should not occupy arable land - urbanized areas are preferable for them - buildings, roads, parking lots, etc. It is emphasized that the subject of biomass should also be treated with great caution. It is demonstrated that "energy plantations" are absolutely inefficient for the Republic of Moldova. Cogeneration with the use of secondary energy resources is welcome for all methods of generating electricity. In particular, secondary energy resources should be used to carry out energy-intensive low-temperature dehydration processes - with an important synergistic impact.*

Keywords: *optimization, transition to sustainable development, renewable energy sources, use of nuclear energy, cogeneration, low-temperature dehydration.*

CONSIDERENTE DE ORDIN STRATEGIC

Realizarea dezvoltării durabile este un imperativ global fără alternativă. Dezvoltarea este total dependentă (condiționată, dirijată) de transformările de energie. Respectiv, Strategia Energetică reprezintă miezul și esența Concepției Dezvoltării Durabile, din care se deduc soluțiile mai concrete [1]. Transformările de energie, care au loc (sunt operate) în economie, se supun legilor Termodinamicii, mai exact Termodinamicii sistemelor neechilibrate [2]. După cum se știe, fundamentul Termodinamicii este Legea Universală de Conservare a Energiei (care nu are excepții). Acest fapt incontestabil garantează veridicitatea concluziilor expuse mai jos.

Noi considerăm că din punct de vedere termodinamic dezvoltarea (progresul) a fiecărui organism (sistem) aparte și a civilizației în întregime poate fi numeric caracterizat

prin creșterea (increment) a energiei libere ΔG (energiei lui Gibbs). Adaosul cumulativ a acestei energii libere poate fi prezentat ca suma a doi termeni:

$$\Delta G = \Delta G_{\text{fossil}} + \Delta G_{\text{renewable}} \quad (1)$$

Primul termen ΔG_{fossil} reflectă sporul energiei libere a sistemului termodinamic datorită consumului de energie din surse fosile (tradiționale, nerenovabile) și poate fi definit ca unul “extensiv” (nesustenabil, care nu corespunde dezvoltării durabile). Al doilea termen $\Delta G_{\text{renewable}}$ corespunde creșterii “intensive” (sustenabile, care asigură dezvoltarea durabilă) a energiei libere - din surse renovabile, netradiționale (radiația solară directă și derivatele ei principale - energia hidro, eoliană, bio). Energia nucleară, de asemenea, se clasifică ca una sustenabilă - datorită rezervelor enorme a acesteia.

Combustibilii fosili nu pot asigura dezvoltarea durabilă - ele sunt epuizabile, plus folosirea lor este indispensabilă de imanente efecte negative de mediu. Gradul de sustenabilitate poate fi caracterizat numeric de “indice sustenabilității” S:

$$S = \Delta G_{\text{renewable}} / (\Delta G_{\text{fossil}} + \Delta G_{\text{renewable}}) \quad (2)$$

Evoluția globală în timp a acestui indice este prezentată în Fig.1

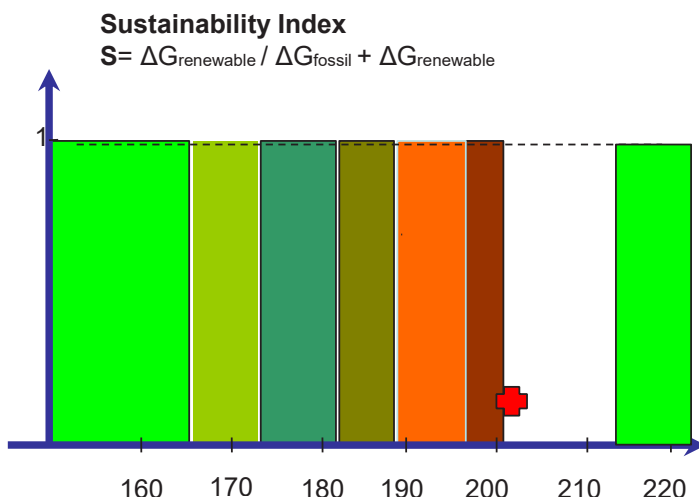


Figura 1. Indice sustenabilității pentru dezvoltarea civilizației - trend în timp. Linia întreruptă arată trendul dorit, dar nu și asigurat, deocamdată. De notat faptul, că un impact pozitiv asupra dezvoltării durabile a produs în a.2015 *Paris Climate Conference* - prin adoptarea *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC COP 21)*, completată de *Paris Sustainable Innovation Forum 2015*

Indice sustenabilității dramatic scade în decurs de ultimele două secole. Prăbușirea civilizației în această “groapă”, fără nici o îndoială, ar fi fatală. Respectiv, schimbarea trendului din negativ în unul pozitiv (revenirea la dezvoltarea durabilă) reprezintă o pro-

vocare (challenge) pentru întreaga omenire, o problemă cu trei aspecte de importanță vitală - asigurarea cu energie, alimente și stabilizarea climatului.

Folosirea variației energiei libere ca criteriu sustenabilității deschide calea pentru aprecierea numerică a dezvoltării (progresului). Dacă derivata totală a energiei libere G este negativă sau egală cu zero - economia este în regres (chiar dacă indicii tradiționali – PIB, etc. sunt în creștere); respectiv când derivata totală a energiei libere este pozitivă ($dG/dt > 0$) - avem creștere.

O concluzie importantă, care reiese din Concepția Dezvoltării Durabile elaborată pentru Republica Moldova (în care actualmente domină sectorul agrar) - această dezvoltare durabilă nu poate fi asigurată inclusiv fără aplicarea pe scară largă a conservării produselor alimentare prin deshidratare la temperaturi joase. Prin ponderea sa mare în balanța energetică procesele de deshidratare influențează decisiv durabilitatea dezvoltării. Din mai multe argumente în favoarea concluziei date (de ordin economic, ecologic, social) vom evidenția, în special, reducerea cheltuielilor (absolut inevitabile!) de transport. Astăzi, în condițiile economiei excesiv centralizate, pentru prelucrarea mai multor produse agricole se efectuează transportarea, în cea mai mare măsură (peste aproximativ 80%), practic a apei (produsele lactate, sucurile de toate tipuri, pasta de tomate, industria zahărului, etc.). În condițiile ponderii mari în prețul de cost al transportării (iar transportul frigorific consumă în exclusivitate combustibilul calitativ, scump) „raza rentabilității” tehnologiilor susnumite este mică, respectiv producerea enumerate devin nerentabile fără o descentralizare rezonabilă. Prelucrarea prealabilă locală (descentralizată), care prevede conservarea prin deshidratare la temperaturi joase, asigură reducerea cheltuielilor de transport și păstrarea calității produselor. Această concluzie indică calea modernizării inovaționale a economiei în mișcarea ei spre dezvoltarea durabilă.

Noi susținem că conservarea prin deshidratare la temperaturi joase este o piesă indispensabilă a dezvoltării durabile pentru Republica Moldova. Deshidratarea, ca un proces energointensiv, dar și de mare amploare, este immanent și ferm ancorat de energetică.

Din Strategia Energetică elaborată reiese că viitorul aparține energiei *rezonabil* descentralizate (evident, cu completarea și transformarea treptată - dintr-o energetică actuală excesiv centralizată). Esența termenului „energetică *rezonabil* descentralizată”, sau – mai pe scurt – „energetică descentralizată”, trebuie specificată adăugător. Descentralizarea nu înseamnă abandonarea totală a componentei centralizate (pentru care rămâne în vigoare un important rol stabilizator în sistemul energetic - asigurarea sarcinii de bază), dar înseamnă completarea sistemului energetic cu un număr mare de producători de energie electrică relativ mici distribuiți și integrați în sistem. Unul din argumentele forte în favoarea descentralizării este imposibilitatea transportării rentabile a energiei secundare (a „deșeurilor energetice” imanente generării energiei electrice - conform teoremei lui Sadi Carnot) la distanțe mari și, implicit, necesitatea utilizării „deșeurilor energetice” în locul (localitatea) generării energiei electrice. Plus

la aceasta, consumatorii de energie sunt distribuiți, precum sunt distribuite (relativ uniform) și sursele de energie netradiționale. Avantajul energiei descentralizate este evident. Ca urmare, realizarea concepției de integrare a proceselor de deshidratare la temperaturi joase cu energia modernizată (descentralizată) rezolvă armonios problema - prin adaptarea proceselor de deshidratare la temperaturi joase la consumul de surse energetice secundare și, respectiv, excluderea poluării termice. De notat faptul că funcționarea energiei descentralizate este indispensabilă de **Smart Grid**, bazată pe progresul Tehnologiilor Informației și Comunicațiilor (*eng. ICT - Information and Communications Technologies*) care reprezintă o realizare inovațională de ultimă oră - cu folosirea celor mai performante computere, a tehnologiilor de telecomunicație, etc.

Apropos, în opinia noastră, este greșită orientarea la cogenerarea excesiv centralizată (cu CET-urile mari), care prevede utilizarea energiei termice pentru termoficare la distanțe relativ mari. CET-urile mari inevitabil vor pierde în viitorul apropiat sarcina termică comunală și trebuie să se pregătească (treptat) de această schimbare, cu atât mai mult că în sezonul estival problema poluării termice pentru CET-uri este una acută și immanentă („din naștere”).

Însă, nu trebuie de absolutizat, sau de grăbit artificial descentralizarea - ea trebuie realizată treptat, pe întreaga perioadă de tranziție, cu modernizarea judicioasă și folosirea deplină a capacităților deja instalate (care păstrează rezerve de resurse). Capacitățile de generare noi - obligatoriu - trebuie proiectate ținând cont de opțiunea descentralizării motivate. Avansarea capacităților de generare mai mici în energia viitoare descentralizată nu înseamnă, însă, reducerea ponderii capacităților de generare mai mari la zero - proporțiile optime vor fi „stabilite” de piața energetică dezvoltată. (Ca exemplu, energia hidro generată pe râuri mari este centralizată din natura sa și nu poate fi descentralizată).

CU PRIVIRE LA OPȚIUNILE ENERGETICE OPTIME PENTRU REPUBLICA MOLDOVA - FOAIA DE PARCURS

Noi am motivat, că pentru orice țară (regiune) folosirea energiei nucleare este o opțiune optimă [3]. Până și importante țările-exportatoare de resurse energetice fosile (cum este Rusia, Iranul, Arabia Saudită, Qatarul, Emirate Arabe Unite, Kazahstanul, etc.) folosesc (sau neapărat tind să folosească) energia nucleară. Disponibilitatea de proprii zăcămintele de combustibil nuclear (uraniu sau toriu) practic nu contează – fiindcă capacitatea energetică specifică a combustibilului nuclear aproximativ de 10 milioane ori depășește pe cea a oricărui combustibil „tradițional” fosil, respectiv cheltuielile de transport sunt neglijabile.

Problema utilizării energiei nucleare are mai multe aspecte. Contează gradul de pregătire (avansare) a științei și tehnologiilor nucleare (high-tech) în țară, capacitatea de a asigura siguranța și securitatea bunei funcționări a reactoarelor nucleare (inclusiv, este

importantă protecția contra eventualelor atacuri teroriste, calamităților naturale, etc.), semnarea (și respectarea cuvenită!) a Tratatului de Neproliferare, etc. Pentru Republica Moldova (ai cărei cetățeni au suferit în urma catastrofei de la Cernobil) deosebit de importantă este formarea obiectivă a opiniei publice, acceptul societății civile.

Generalizând, putem constata că Republica Moldova are condiții deosebit de prielnice pentru a se conecta la aceasta sursă de energie sustenabilă cum este energia nucleară. Obținerea energiei electrice non-carbon ieftine ar propulsa imediat Republica Moldova în rândul țărilor mai avansate. O motivare științifică amplă a acestui deziderat depășește cadrul actualei publicații. Însă, merită să fie menționat că combinarea (integrarea) proceselor energointensive de deshidratare la temperaturi joase cu utilizarea deșeurilor de energie secundară la centrale nucleare este extrem de benefică și asigură un efect sinergic multilateral important [3, 4]. În eventualitatea realizării acestei „simbioze” energia electrică de la centralele nucleare (și așa - una din cele mai ieftine) va deveni extrem de solicitată. Alte laturi însemnate ale efectului sinergic multilateral ar fi asigurarea energoeficiență și perfectă a securității microbiologice pentru produsele conservate la temperaturi joase, intensificarea proceselor de schimb de căldură și masă - ambele cu aplicare tehnologiilor nucleare [5,6,7,8].

Din Strategia Energetică elaborată („Strategia 3D”) rezultă și un alt principiu de bază pentru realizarea dezvoltării durabile - diversificarea. Deci, energia nucleară - deși de minune asigură sarcina de bază pentru consumatorii energiei electrice - nu ar trebui să fie unica sursă de energie. În condițiile Republicii Moldova pot fi folosite și resursele renovabile. Din start trebuie de menționat un șir de limitări care există obiectiv pentru Republica Moldova în acest domeniu - de resurse energetice „netradiționale”.

Sursele hidro sunt foarte benefice, dar dispunem pe actualul teritoriu de o cantitate relativ mică de aceste resurse, care, în mare măsură, sunt deja valorificate.

Lipsită de coasta Mării Negre și zone muntoase, Republica Moldova se află la limita rentabilității instalațiilor eoliene de tip „tradițional” (turnuri cu elice - de viteză relativ mare). În plus, rigorile ecologice limitează adăugător aplicarea instalațiilor de acest tip.

Energia solară numai la prima vedere pare a fi o soluție - tocmai toamna-iarna, atunci când energia este cea mai solicitată, cerul în Republica Moldova este acoperit cu nori, deseori cu săptămâni (luni) întregi, blocând posibilitățile de folosire a concentratoarelor. La rândul său, tehnologiile fotovoltaice (PV), conform aprecierilor noastre, nu vor fi rentabile până nu va fi atinsă eficiența suficient de mare (aproximativ 30%). Alte tehnologii solare (mai sofisticate, dar și mai promițătoare) abia se află la nivelul cercetărilor.

Caracterul intermitent (care este immanent energiei solare și celei eoliene) obligă la folosirea acumulatorilor de energie, ceea ce inevitabil scumpește energia finală (aproximativ de 2 ori).

Energia biomasei (i.e. energia potențială chimică acumulată în rezultatul fotosintezei) este una renovabilă, aparent „non-carbon”. Într-adevăr, carbonul în biomasă nu

este de origine fosilă (ceea ce ușor se depistează prin prezența izotopului radioactiv C^{14}). Dar care este diferența pentru atmosfera Pământului - de care proveniență este carbonul ars (oxidat) și emis? Diferența constă în emisii mai mari în cazul folosirii biomasei (comparativ, de exemplu, cu arderea cărbunelui fosil) - datorită consumului adăugător a energiei de potențial înalt pentru transportarea și pregătirea biomasei (brichetelor, peleților) pentru ardere. Densitatea (și componența) cărbunelui fosil este de fapt mai agreabilă pentru ardere decât în cazul biomasei. În final, arderea directă a biomasei e mai dăunătoare pentru ecologie decât arderea cărbunelui fosil. De notat faptul că „accesibilitatea” și „ieftinătatea” biomasei este una iluzorie (înșelătoare). Pentru a clarifica lucrurile am introdus noțiunea de *raza critică de eficiență* R_{cr} - un parametru calculabil care reprezintă distanța la care consumul de energie liberă ΔG pentru transportarea (și adaptarea la ulterioară ardere) a combustibilului (a biomasei - în cazul dat) se egalează cu eventuala energie liberă ΔG obținută. Evident, că utilizarea energetică a biomasei poate fi termodinamic justificată și, respectiv, rentabilă economic doar „în interiorul cercului cu raza critică” R_{cr} . Această rază critică R_{cr} este cea mai mare - pentru un combustibil nuclear (cum este, spre exemplu, ${}_2\text{He}^3$ - „light helium” - care adus și de pe Lună rămâne convenabil), și este cea mai mică - pentru biomasă. Așadar, biomasă este o opțiune controversată care necesită o argumentare științifică serioasă și calificată pentru aplicarea largă în energetică. Vis-à-vis de Proiectul multianual „Energia și Biomasă” (care se desfășura mai mulți ani în Republica Moldova consumând finanțarea externă generoasă de multe milioane de euro) putem constata lipsa de argumentare suficientă: arderea directă a biomasei fără producerea energiei de potențial înalt (energii libere ΔG) este - din start - o direcție greșită, cu efectul pozitiv minim (dar și acela - sub semnul întrebării). Există direcții net superioare acestei arderi primitive directe a biomasei cu producerea doar a căldurii (adică energiei de potențial mic). Asemenea abordare înseamnă irosirea potențialului energetic al biomasei. Deja există (și se mai perfecționează) tehnologiile eficiente de folosire rațională a energiei biomasei. Însă trebuie de luat în seamă că eficiența finală a utilizării biomasei ca sursa de energie de potențial înalt oricum cedează indicilor energiei hidro, eoliene, solare concentrate, etc., nemaivorbind de indicele energiei nucleare. Se poate de demonstrat că energetica nu se poate baza pe biomasă. Concluzia este că „plantațiile energetice” sunt absolut ineficiente pentru Republica Moldova. Mai mult decât atât, și „deșeurile” agricole este o noțiune convențională, respectiv și ele trebuie tratate cu precauție. Spre exemplu, în loc de arderea banală (cum are loc în Proiectul “Energia și Biomasă”), paie pot fi folosite pentru producerea hârtiei cu un potențial imens de export (experiența Chinei, Canadei, etc.), sau - încă mai avantajos - pentru producerea fibrelor de carbon (utilizând, inclusiv, energia solară, cu obținerea - în paralel - a combustibilului pentru motoare ca produs colateral). Pentru biomasă rămâne ca cea mai indicată (practic indubitabilă) opțiune - utilizarea complexă a biomasei de origine menajeră (deșeurile menajere în localități mari oricum trebuie colectate, și practic nu este nevoie de investiții mari adăugătoare în acest sens).

CONCLUZII

Actualmente sursele energetice renovabile sunt relativ limitate pentru Republica Moldova. Respectiv, s-a demonstrat, că pentru perioada de tranziție la dezvoltarea durabilă folosirea energiei nucleare este un imperativ *sine qua non* pentru Republica Moldova.

Caracterul intermitent a energiei solare și celei eoliene, plus variațiile sezoniere obligă la folosirea acumulatorilor de energie, ceea ce inevitabil scumpește energia finală.

Instalațiile fotovoltaice (PV) în condițiile Republicii Moldova categoric nu trebuie să ocupe pământurile arabile – pentru ele sunt suficiente clădirile, drumurile, parcărilor, etc.

Subiectul biomasei la fel trebuie tratat cu mare prudență. S-a demonstrat, că „plantațiile energetice” sunt absolut ineficiente (nerentabile) pentru Republica Moldova.

Cogenerarea (utilizarea resurselor energetice secundare) este bine venită la toate metode de generare a energiei electrice. În special, resursele energetice secundare pot fi folosite la realizarea proceselor energointensive de deshidratare la temperaturi joase - cu un impact sinergic important.

REFERINȚE:

1. BOSNEAGA, Iu. Integrated solution for energy and food problems - a way to sustainable development. International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques. Vienna, Austria, 10 – 13 November 2014, În: *Book of Abstracts*, p.61.
2. S.R. DE GROOT AND P. MAZUR, Non-equilibrium Thermodynamics, North-Holland, Amsterdam, 1962.
3. BOSNEAGA, Iu. Huge non-spent potential of the “spent fuel”- the ways of its utilization. Report on the International Conference on Management of Spent Fuel from Nuclear Power Reactors - An Integrated Approach to the Back-End of the Fuel Cycle, Vienna, Austria, 15 – 19 June 2015. În: *Book of Abstracts*, p.90 -91. Electronic publication - http://www-pub.iaea.org/iaea meetings/cn226p/Posters/session_7_poster.pdf
4. IURIE BOSNEAGA. Sustainable energy development - elaboration of the main components for the transient period. Abstract for the 8th International Conference on “Energy and Climate Change”, Greece, Athens, 7-9 October 2015.
5. IURIE BOSNEAGA. Non-equilibrium plasma for sterilization in food industry. International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques. Vienna, Austria, 10 – 13 November 2014, În: *Book of Abstracts*, p.62.

6. Iu. BOSNEAGA, M. BOLOGA. Нетепловое воздействие электрических импульсов высокого напряжения на микроорганизмы в жидких средах с целью получения стерилизующего эффекта. În: *Proceedings of the 11th International Conference on Modern Problems of Electrophysics and Electrohydrodynamics (MPPE-2015)*, Peterhof, Russia, June 29 – July 3, 2015, p. 326—329, ISBN: 78-5-88143-162-4.
7. E. AGARWAL, Iu. BOSNEAGA, M. BOLOGA. About the basic solutions for cold plasma decontamination. Report for the VIIIth International Conference PLASMA PHYSICS AND PLASMA TECHNOLOGY (PPPT – 8), Minsk, Belarus, 14 - 18 September, 2015. În: *Contributed Papers*, Volume 2, p. 501 -504, ISBN 978-985-7137-19-0.
8. Yu. A. BOSHNYAGA, M. K. BOLOGA and E. Yu. AGARVAL. “On the Problem of Optimal Microbiological Decontamination of Air Environment and Surfaces”. În: *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2022, Vol. 58, No. 5, pp. 523–539., DOI: 10.3103/S1068375522050039.