

УДК 66.047

ТОРФ – ЕФЕКТИВНИЙ АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА

Снєжкін Ю.Ф.¹, академік НАН України, д.т.н., проф., Корінчук Д.М.², д.т.н., пр.наук.співр.¹Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Капніст, 2а, Київ, Україна, 03057, директор, Isnezhkin@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7871-8774>²Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Капніст, 2а, Київ, Україна, 03057, ntps@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4345><https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2022.1>

Представлено поточний стан використання торфу у світі та Україні. Проаналізовано його енергетичний потенціал в виробництві теплової енергії та заміщенні природного газу та вугілля. Запропоновані розроблені ефективні теплотехнології використання торфу на паливо та добрива та об'єми його використання.

The current state of peat uses in the world and in Ukraine presented. Its energy potential in the production of thermal energy and substitution of natural gas and coal analyzed. Effective thermal technologies of using peat for fuel and fertilizers and the volumes of its use are proposed.

Бібл. 15, рис. 8, табл. 2.

Ключові слова: відновлювальні та альтернативні джерела енергії, торф та торфобрикети, біомаса, добрива, біопаливо, енергетичний потенціал.**Вступ**

Україна стоїть на порозі опалювального сезону 2022-2023 р. р., який, як прогнозується фахівцями, буде дуже складним. Це пов'язано з військовим станом в країні, пошкодженими і зруйнованими частинами теплогенеруючих потужностей та джерел енергоносіїв, а також ембарго на постачання природного газу та вугілля з Росії. Тобто нам може не вистачати в сезон опалювання перш за все традиційних джерел енергії (природний газ і вугілля). Країни ЄС теж відмовляються від постачання природного газу та вугілля з Росії і тому забезпечення енергетичної незалежності України та вихід з такого складного становища в наступний опалювальний сезон в значній мірі буде визначатись використанням власних джерел енергії. Включення в енергообіг альтернативних джерел енергії може стати вагомим внеском у розв'язання проблеми дефіциту первинних енергоносіїв в країні.

Метою роботи є пропозиція по широкому використанню альтернативних видів палива (торф, біомаса) для часткового вирішення проблеми нестачі традиційних енергоносіїв в опалювальний сезон 2022-2023 р. р.

Методи дослідження включають вивчення та аналіз літературних, статистичних та інших даних, проведення техніко-економічних розрахунків та створенні нових технологій переробки торфу та біомаси на альтернативне паливо.

Поняття «альтернативні джерела енергії» включає в себе відновлювані джерела енергії та вторинні енергетичні ресурси. Паливо визначається альтернативним, якщо воно повністю виготовлене (видобуте) з нетрадиційних та поновлюваних джерел і видів енергетичної сировини (включаючи біомасу) або є сумішшю традиційного палива з альтернативним (стаття 3 в редакції Закону «Про альтернативні види палива» №1391 – VI від 21.05.2009). До альтернативних видів твердого палива належать: продукція та відходи сільського господарства, лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, органічна частина промислових та побутових відходів, а також гранули та брикети, вироблені з них; торф, а також гранули та брикети, вироблені з нього (стаття 5 – 1 згідно до Закону № 1391 – VI від 21.05.2009).

Серед нетрадиційних відновлюваних джерел енергії значний енергетичний потенціал має рослинна біомаса, щорічний приріст якої у світі досягає 170...200 млрд. т (у перерахунку на суху масу) [1, 2]. Під терміном "біомаса" мається на увазі органічні речовини рослинного і тваринного походження (деревина, деревні відходи, солома, торф, сільськогосподарські відходи).

Серед відомих в Україні нетрадиційних видів твердих палив варто звернути увагу на торф – органічну породу, що утворилася внаслідок неповного біохімічного розкладу відмерлих болотних рослин в умовах надлиш-

кового зволоження при нестачі кисню, яка містить до 50 % мінеральних компонентів на суху речовину. Торф – геологічно наймолодша ланка в ланцюгу каустобіолітів „торф – буре вугілля – кам’яне вугілля – антрацит” має найнижчий рівень карбонізації і, відповідно, найменше значення теплоти згоряння. Поверхнєве розташування торфових родовищ та порівняно невеликі витрати на організацію і ведення видобувних робіт роблять цю корисну копалину потенційно ефективним місцевим видом палива.

Світові запаси торфу складають біля 500 млрд. т. Найбільші запаси сконцентровані в двох країнах: Канада – 170 млрд. т., Російська Федерація – 150 млрд. т.

За даними Міжнародного торф’яного товариства, членом якого є також і Україна, торф для палива та добрив видобувають в 23-х країнах світу. Світовий видобуток торфу складає 26 млн. т/рік, лідером виступає Фінляндія (рис. 1). У світовому масштабі вклад торфу в

виробництво і використання енергії незначний і складає приблизно одну тисячну від енергії, яка споживається в світі, але в окремих країнах на його долю припадає від 10 до 20 % енергії (Фінляндія, Швеція, Ірландія).

В Україні запаси торфу мають промислове значення. Геологічні запаси складають 2,04 млрд. т, що еквівалентно 660 млрд. м³ природного газу [2]. Річний техніко-досяжний енергетичний потенціал торфу становить 0,3 млн. т.н.е. Його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 0,4 млрд. м³ природного газу [2]. Виявлено і розвідано 2474 торфородовища, загальна площа яких в межах промислової глибини покладу складає 642 тис. га.

Розподіл запасів торфу по областях України наведено на рис 2.

Основні запаси торфу сконцентровані в районах Полісся. Промисловий видобуток торфу на сьогодні може здійснюватись в 12 областях: Волинській,

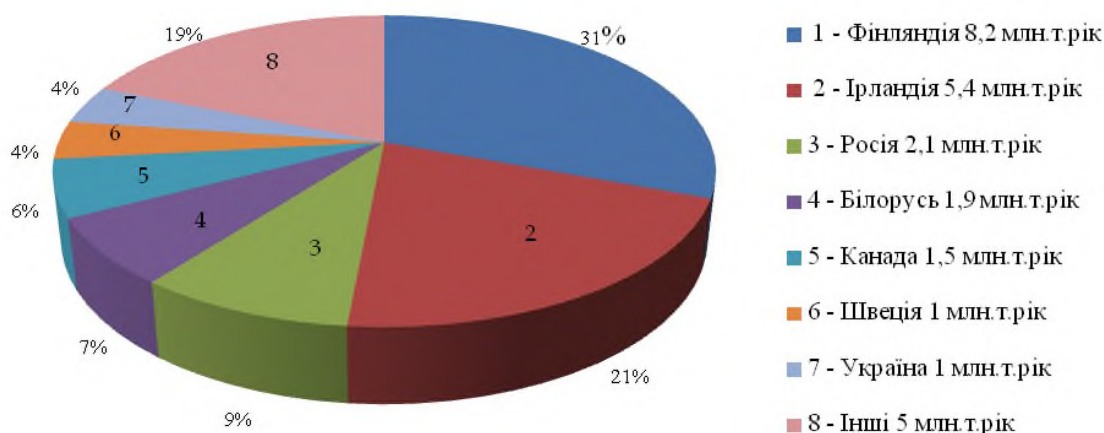


Рис. 1. Видобуток та використання торфу в світі

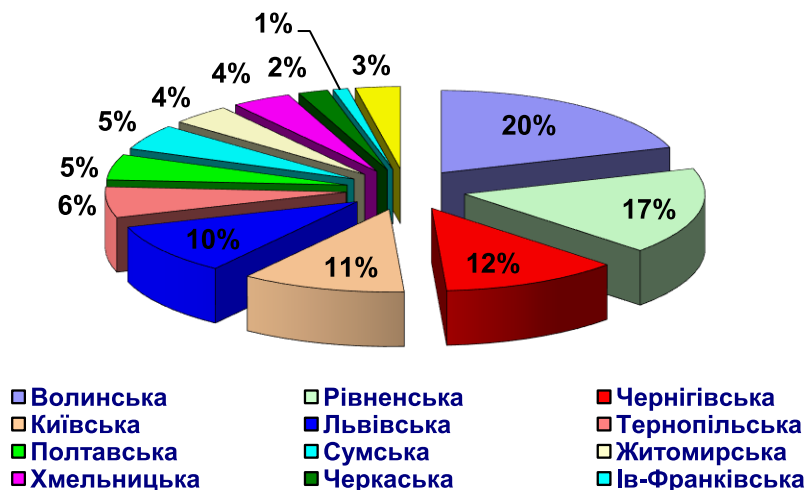


Рис. 2. Розподіл запасів торфу по областям України.

Рівненській, Житомирській, Київській, Черкаській, Полтавській, Сумській, Чернігівській, Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Івано-Франківській.

Найбільші ресурси торфу, як видно з рис. 2, мають три області: Волинська, Рівненська та Чернігівська. На їх території виявлено і розвідано 836 родовищ (38 % всіх родовищ країни), а геологічні запаси торфу складають 1,0 млрд.т (50% запасів України) [2].

Заторфованість поліських районів Волинської, Рівненської та Житомирської областей досягає 15 %.

За обсягами видобутку торфу серед країн колишнього СРСР Україна займала третє місце, а у виробництві торф'яних брикетів – друге. Починаючи з 30-х років минулого століття спостерігалась постійна деградація галузі через здешевлення традиційних енергоносіїв. Частка торфу в паливному балансі України (рис. 3) постійно зменшувалася. Так за період з 1928 до 1958 рік вона впала з 35% в 1928 р. до 5 %. Період з 1958 по 1970 рік відзначився підйомом торфобрикетної галузі, будівництвом та модернізацією біля 18 торфобрикетних заводів, і частка торфопалива збільшилася до 10 % в загальному паливному балансі країни.

Масове застосування дешевих традиційних енергоносіїв, перш за все природного газу, протягом 1970 – 2000 років зробило галузь неконкурентноспроможною. Частка торфу в паливному балансі України зменшилась до 1,0 – 0,9 %. Це частково призвело до енергетичної кризи через нерозвинену інфраструктуру використання вітчизняних енергоносіїв та залежність держави від коливань цін на енергетичному ринку.

Торф'яні ресурси України при запланованих прогнозних обсягах видобутку торфу 2,5...3 млн.т/рік (біля 420 т.н.е. дозволяють протягом століть добувати

торф для палива та добрив без суттєвого порушення екологічної рівноваги, маючи на увазі, що значна частина вироблених торфородовищ буде рекультивована і передана в народногосподарське використання, а частина буде залишена під повторне заболочення та заторфовування. Збільшення обсягів видобутку торфу в раніше досягнутих обсягах, а саме 5...7 млн. т/рік, що становить біля 0,23...0,25% геологічних запасів, є недоцільним, оскільки може негативно вплинути на екологію та призвести до екологічно небезпечного вичерпання запасів торфу в Україні за 40...50 років.

Аналіз районування торф'яних ресурсів показує, що найбільш перспективним регіоном для будівництва видобувних і торфопереробних підприємств є українське Полісся. Там зосереджено 38 % розвіданих родовищ: на резервних – 9 %, на перспективних для розвідки – 8 %, на охоронних (які знаходяться на території заповідників і заказників) – 12 %, на осушених – 23 %, на зазелених (з зольністю $A^e > 35$ %) – 4 %, на мілкоглибинних (середня глибина покладу менш 1,5 м) – 7 % [2]. Найбільше резервних і перспективних для розвідки родовищ є у Рівненській області. Концерн «Укрторф», який на сьогодні ліквідований, маючи мережу підприємств у 12 областях, видобував щороку близько 600 тис. т торфу, переважна більшість якого перероблювалась на паливні брикети.

Торф'яні паливні брикети – доволі ефективне тверде паливо з нижчою теплотою згоряння близько 16 МДж/кг, вологістю до 20 % і зольністю на суху речовину до 23 % [3] (табл. 1). В останні роки за кордоном і, поки що меншою мірою в Україні, набувають розповсюдження торф'яні пілети – штучно висушений гранульований, рідше – пресований у циліндричні гранули, торф. На

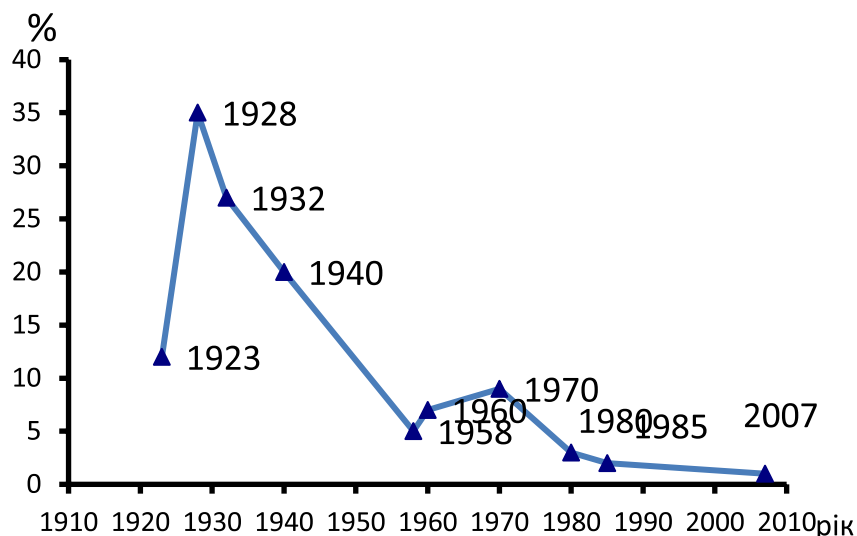


Рис. 3. Частка торфу в паливному балансі України

відміну від брикетів, пілети мають достатню сипучість і рухомість для їх механізованої подачі з бункера до топки за допомогою гвинтового живильника. Такий спосіб подачі палива дозволяє зробити управління топкою дистанційним і чіткіше регулювати процес горіння та температурний режим.

Торфобрикет є дешевим, висококалорійним місцевим паливом, що користується сталим попитом у населення та підприємствах комунальної теплоенергетики.

Ще однією особливістю видобутку й переробки торфу є залежність ціни торфу від дальності й способу транспортування, а також віддаленості місць видобутку й переробки від транспортних комунікацій. Економічно доцільним вважається перевезення фрезерного торфу на відстань не більше 30 км. Для торф'яних брикетів та гранул ця відстань складає 200...300 км з підвищенням вартості на 10 %.

В порівнянні з традиційними енергоносіями торфопаливо має нижчу теплоту згоряння та досить високу зольність (табл. 1). При спалюванні торф майже не виділяє токсичні речовини і, відповідно, значно менше забруднює навколишнє середовище. В домашніх печах торфобрикет, в порівнянні з кам'яним вугіллям, спалюється з більш високим коефіцієнтом корисної дії, а зола використовується ще і як добриво.

По собівартості торфобрикет вільно конкурують з дровами і донецьким вугіллям у межах торфодобувних областей. Використання торф'яних покладів на паливо зберігає лісові ресурси: в середньому розробка 1 га торфородовища на паливо зберігає до 20 га лісу, спалювання 1 т торфу рівноцінне спалюванню 2...2,5 м³ дров [4]. Таким чином, торфобрикет в порівнянні з іншими видами твердого палива є оптимальним місцевим видом палива для побутових потреб.

Табл. 1. Якісні показники палив

Вид палива	Показники						
	Вологість, %	Зольність, %	Насипна щільність, кг/м ³	Теплота згоряння, кДж/кг	Викиди, %		
					O ²	NO _x	O
Фрезерний торф	40...50	18...20	200...320	9000...9700	2,2	0,46	1,54
Брикет торф'яні	14...18	20...23	630...670	16000	2,2	0,46	1,54
Вугілля	35...45	15...50	650	24000	11,9	0,57	2,33
Мазут	—	0,2	—	40000	4,69	0,27	1,3
Газ	—	—	—	32000	4,5	0,3	1,4

Використання торфу як палива – дешево не тільки за ціною тони, а і за вартістю одиниці теплоти згоряння, що містить паливо. Розрахункова вартість 1 ГДж нижчої теплоти згоряння різних видів палива за даними останніх років (рис. 4) показує помітну перевагу торфопалив. Вартість теплової енергії, що отримується від спалювання 1 т торф'яного брикету, в 2 рази дешевше, ніж при використанні вугілля, в 3 – газу, в 4 – мазуту. За розрахунками фахівців, при діючих цінах на торф'яне паливо та вугілля, економія місцевих бюджетів торфодобувних областей України при заміні закупівлі кам'яного вугілля на торф'яні брикети при середньорічному виробництві 200 тис. т складає щорічно біля 40,0 млн. грн.

Торф'яне паливо придатне для використання у всіх видах сучасних твердопаливних топкових пристроях, що підвищує перспективність його реалізації на внутрішньому і на закордонному ринках палив (Швеція, Фінляндія, Ірландія, Естонія, Латвія і Литва) [5].

Обсяги виробництва торфопалива, як зазначалося вище, мають певні обмеження. Потужність торфопереробних підприємств повинна бути достатньою для їх прибуткової роботи, але не надлишковою, тобто не такою, що призведе до швидкого виснаження торф'яних ресурсів. Чітких об'єктивних критеріїв визначення допустимого масштабу розробки торфородовищ на даний час не створено. В країнах Євросоюзу дозволяється здійснювати видобування торфу на площі, яка не перевищує одного відсотку від загальної площі торфородовищ в межах їх промислової глибини [5], що безпосередньо пов'язано зі здатністю торфородовищ відновлюватися.

Видобуток торфу та виробництво торфобрикетів є комплексно-механізованими виробництвами. Більше 90 % видобутку торфу припадає на прогресивний фрезерний спосіб [6]. Фрезерний торф – найдешевший з торфопалив, але використання його як палива ускладнено

через нерівномірність розподілення вологості в насипу, нестійке горіння навіть при підсвічуванні газом. Топка потребує додаткового обладнання для підсушування фрезерного торфу. Відомі вдалі спроби газифікації фрезерного торфу при виході біля 1,2 м³/кг брикетів, але калорійність отриманого горючого газу менше 6000 кДж/м³ [7, 8]. Причиною низької теплоти згоряння газу є значний вміст в ньому азоту (до 45 %).

Виготовлення брикетів і гранул залишається на сьогодні основним способом переробки торфу на паливо. Але брикетне виробництво потребує значних капіталовкладень і, відповідно, будівництво нових заводів повинно бути обґрунтоване.

Відомо [2, 3, 8], що при лісозаготівлі деревини частка використаної деревинної маси у вигляді ділової деревини не перевищує 40 %. Кількість деревних відходів на підприємствах України складає до 60 % загального обсягу деревної біомаси, з них частка дрібних (тирса, стружка) – до 50 %. Велика кількість залишків рослинного походження – біомаси (солома, лузга, костриця, бадилля, стеблова маса і т.д.) – утворюється в сільському господарстві та потребує утилізації.

Теплота згоряння біомаси в залежності від складу може знаходитися на рівні 12...17 МДж/кг, що дозволяє їй конкурувати з бурим вугіллям та торф'яними брикетами. Біомаса є четвертим по значенню видом палива,

а при виробництві теплоти – третім і її залучення в паливно-енергетичний баланс дозволяє заміщати частку традиційних палив [9, 10].

Використання рослинної біомаси як наповнювача в торф'яних брикетах може, як зазначалося вище, подовжити строки виробки торфородовищ, не погіршуючи і навіть покращуючи показники палива (рис. 6). Особливу увагу привертає деревина, лузга гречки, соняшника та інших зернових культур, які мають меншу зольність та більшу теплоту згоряння, потенціал відходів яких [2] є значним, а паливні характеристики здатні підвищити теплоту згоряння композиційних торфобрикетів чи торфогранул та зменшити зольність [11].

Для виготовлення композиційних торф'яних брикетів на типовому виробництві в розроблену технологічну схему включено бункер-накопичувач вологої сировини наповнювача з дозатором 22, за допомогою якого здійснюється регулювання витрати, стрічковий конвеєр 4, дробарку для сировини рослинного походження 23. Схема виробництва композиційних торф'яних брикетів наведена на рис. 5.

Наповнювач із бункера 22 через дозатор поступає на край стрічкового транспортера 3. Стрічковий транспортер подає торф та наповнювач, які знаходяться окремо, до дробарки 23. Наповнювач надходить в дробарку, де подрібнюється до фракції < 3 мм, і далі – на конвеєр

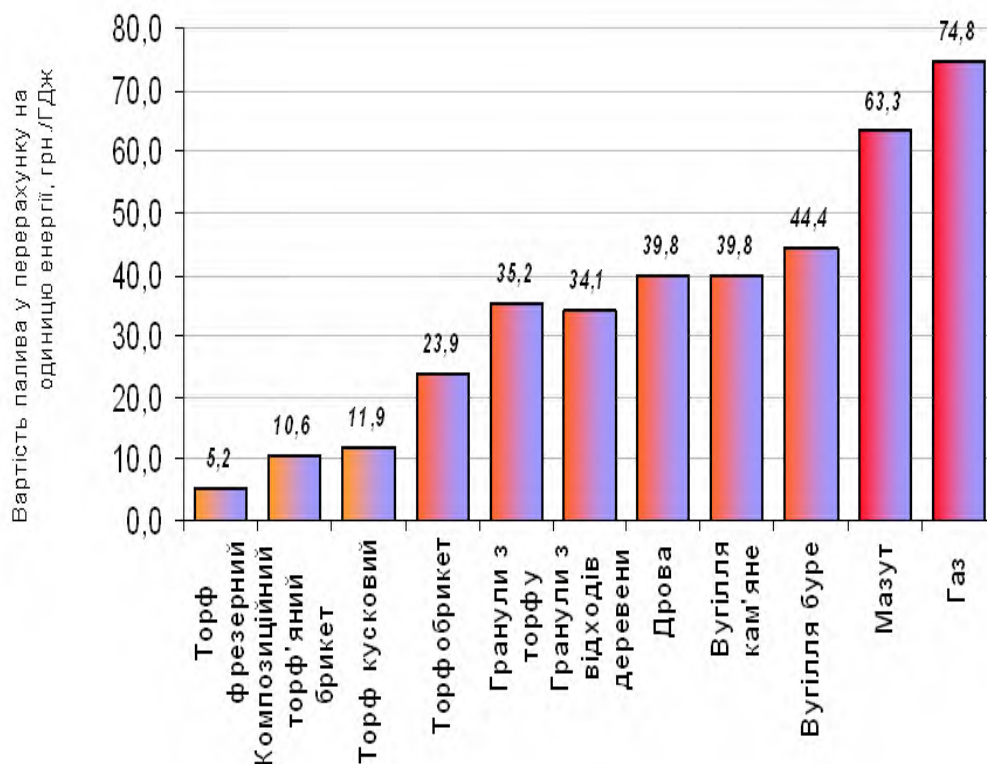


Рис. 4. Вартість 1 ГДж нижчої теплоти згоряння палив (за даними 2010 р.)

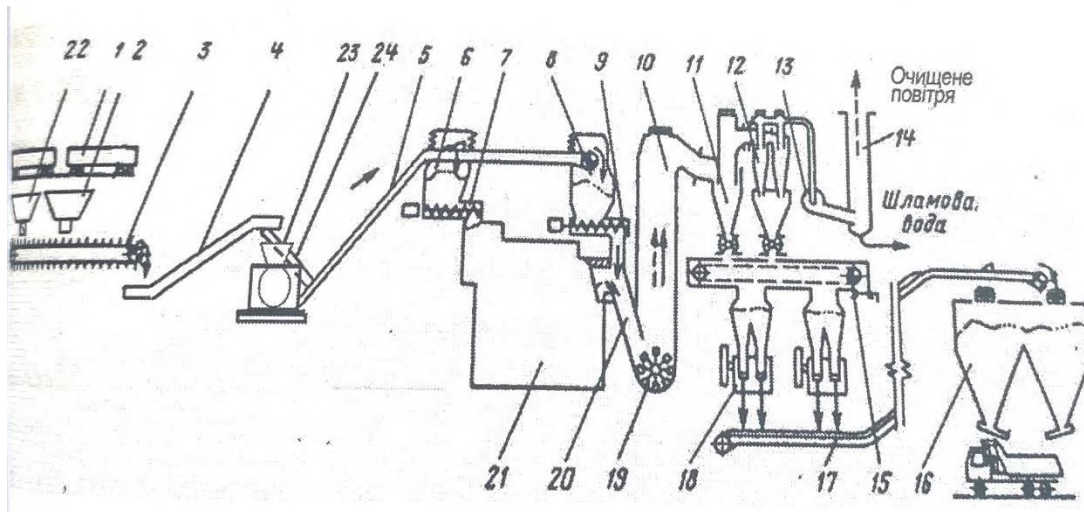


Рис. 5. Технологічна схема заводу виробництва композиційних брикетів:

1 – вагон; 2, 22 – прийомний бункер; 3 – транспортер; 4, 5, 17, 24 – стрічковий конвеєр; 6 – бункер топки; 7, 9 – гвинтовий живильник; 8 – бункер сушарки; 10 – сепараційна шахта; 11 і 12 – сухі пилюсаджувальні апарати; 13 – вентилятор; 14 – скрубер; 15 – розподільний конвеєр; 16 – бункер брикетів; 18 – штемпельний прес; 19 – шахтний млин-сушарка; 20 – рукав; 21 – топка; 23 – дробарка; 24 – обвідний рукав.

5. Торф поступає в обвідний рукав 24 та на конвеєр 5. Далі процес переробки відбувається по стандартній схемі виготовлення торф'яних брикетів. Введення стадії подрібнення гарантує оптимальний дисперсний склад суміші для брикетування та розвантажує шахтний млин-сушарку 19.

Технологічні параметри виготовлення паливних композиційних брикетів забезпечують підвищену теплоту згоряння в порівнянні з торф'яними брикетами, мінімальну зольність та підвищену транспортабельність (визначається міцністю).

До 70 % видобутого в світі торфу використовується для неенергетичних цілей, головним чином для сільського господарства та садівництва у вигляді добрива. Торф завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, високій пористості знайшов широке застосування в тваринництві, тепличному овочівництві, квітництві та рослинництві.

В Україні більшість всіх запасів торфу становить торф низинного типу. Він багатий на гумінові речовини (до 55 % на суху речовину) та придатний для виробництва різних видів продукції на їх основі, в тому числі біостимуляторів росту рослин.

Гумати з торфу (гумінові речовини, солі гумінових кислот – гумат калію, гумат натрію та ін.) – найкращий природний каталізатор біохімічних процесів, здатний стимулювати ріст рослин і розвиток мікроорганізмів.

Гумати активно стимулюють імунну систему рослини. Завдяки наявності в них гумінових кислот оздоровлюється в цілому як рослина, так і ґрунт, який живить рослини. У складі гумінових речовин від 40 до 60 % вуглецю, 3...5 % азоту, 30...40 % кисню, а також водень, сірка, фосфор, мікроелементи. Завдяки своїй стійкості гумінові речовини зберігаються тривалий час (по радіовуглецевому датуванню – сотні і тисячі років), тим самим гарантуючи безперервне постачання рослин і мікроорганізмів енергією і будівельним матеріалом та підвищенням врожайності від 50 % до 250 %.

На базі теоретичних та фундаментальних досліджень створено технологію комплексної переробки торфу на композиційне паливо та гумінові добрива. Згідно рис. 6 торф спочатку надходить на ділянку отримання добрив поз. 6-13, а з нього екстрагується до 20 % гумінових речовин для виробництва вискоєфективного добрива. Залишок торфу після екстракції та центрифугування надходить на ділянку подрібнення та сушки, куди одночасно подається біомаса, поз. 1, 4, 5, 15. Висушена суміш торфу та біомаси надходить на ділянку отримання композиційного палива поз. 16-20.

Технологія передбачає інтегрування окремої технології екстракції гумінових речовин у виробничий цикл торфобрикетного заводу для виробництва композиційного палива. Вилучена гумусова складова компенсується внесенням в паливо рослинної біомаси до 40 %.

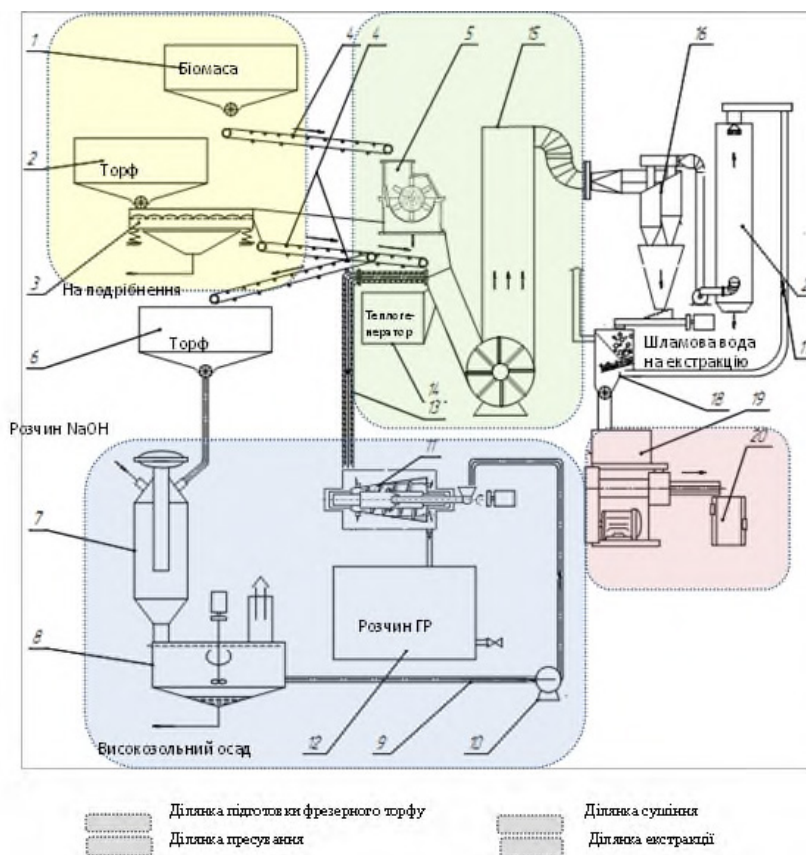


Рис. 6. Схема комплексної переробки торфу та біомаси на композиційне паливо з екстракцією гумінових речовин (ГР) з фрезерного торфу: 1 – бункер біомаси; 2 – бункер фрезерного торфу; 3 – грохот; 4 – транспортер; 5 – молоткова дробарка; 6 – бункер фрезерного торфу ділянки екстракції ГР; 7 – кавітаційний екстрактор; 8 – збірник пульси; 9 – трубопровід; 10 – насос; 11 – центрифуга ОГШ; 12 – збірник розчину ГР; 13 – шинковий живильник; 14 – теплогенератор; 15 – сушарка аеродинамічна з млином; 16 – циклони; 17 – паропровід; 18 – бункер термовологісної обробки; 19 – прес ударний МБ-80, 20 – бункер готової продукції; 21 – скруббер

Виробництво гуматів з торфу потребує значних витрат теплової енергії. Поєднання технологій виготовлення гуматів та палива з торфу дозволяє здешевити собівартість продуктів. В результаті впровадження запропонованої технології собівартість виробництва гумінових речовин за комплексною технологією переробки торфу буде в 4,5 рази нижчою за собівартість їх виробництва на окремому підприємстві, а собівартість виробництва брикетів не змінюється в порівнянні з класичною технологією виробництва паливних брикетів.

Розрахунки показали економічну доцільність впровадження розробленої технології виготовлення композиційних торф'яних брикетів та отримання добрив.

Розширення ресурсної бази торфобрикетних заводів за рахунок переходу на виготовлення композиційних

торф'яних брикетів дозволяє запобігти швидкій виробці торф'яного ресурсу та подовжити термін ефективної дієздатності підприємства. Будівництво нових торфобрикетних заводів стає економічно доцільним на торфородовищах з середнім та малим потенціалом (велика кількість яких характерна для Житомирської, Київської, Сумської, Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської областей) за рахунок використання рослинної сировини.

На рис. 7 наведена карта розподілу річного ресурсу біомаси для використання як наповнювача в композиційних брикетах. Північні області, такі як Волинська, Рівненська, Тернопільська, Львівська, Житомирська, мають значний потенціал відходів деревини та зернових культур для енергетичного використання. Чернігівська, Хмельницька, Івано-Франківська області



Рис. 7. Енергетичний потенціал України по торфу (млн. т н.е.), деревині (тис. т н.е./рік), залишкам зернових (тис. т н.е./рік), залишкам біомаси соняшника (тис. т н.е./рік)

Табл. 2.

Загальний потенціал	
Торфу	584850 млн. т н.е.
Деревини	80,43 тис. т н.е./рік
Залишків зернових	1815 тис.т н.е./рік
Біомаси соняшника	4046 тис.т н.е./рік

мають менші запаси деревини, але енергетичні ресурси залишків зернових та соняшника є для енергетичного використання промислово значущими. Суттєвий потенціал відходів соняшника має Полтавська, Черкаська, Сумська, Київська області. За допомогою географічної карти визначають, який наповнювач потенційно спроможний бути використаний в технології виготовлення композиційних брикетів на основі торфу та рослинної біомаси.

Враховуючи, що торф – відновлюваний вид палива, збільшення його видобутку не повинно перевищувати природний приріст торфосировини. В середньому на поверхні торфородовищ України щорічно утворюється шар торфу товщиною 0,4...0,9 мм, що становить 2,3...2,5 млн.т/рік і складає 0,10% його геологічних запасів, це в середньому 420 тис. т н.е. [4, 6]. Швидкість торфоутворення на молодих торфородовищах сягає 1 мм/рік, що вдвічі більше ніж на старих родовищах, а емісії метану практично не відбувається [12-15], тобто розширення ресурсного фонду торфовидобувної галузі піде на користь екології країни. Як видно з рис. 8, видобуток торфу в 1966 році більше ніж в двічі перевищував його відновлення, що могло привести до екологічної

катастрофи в країні. Враховуючи відновлюваність торфу, середній його видобуток не повинен перевищувати 2,5 млн. т/рік.

Широке впровадження на торфобрикетних заводах розробленої технології композиційних торфобрикетів з використанням до 40% біомаси як наповнювача торф'яних брикетів дозволить:

- підвищити виробництво брикетів майже в 2 рази без збільшення витрати торф'яної сировини;
- підвищити граничні об'єми виробництва торфопалива до 0,18...0,2 % геологічних запасів торфу, що відповідатиме 1,14...1,16 млн. т н.е./рік та еквівалентно заміщенню понад 1,0 млрд. м³ природного газу без збільшення видобутку торф'яної сировини понад екологічно небезпечні масштаби.

Висновки та рекомендації

Аналіз стану та шляхів розвитку торфопереробної галузі України дозволяє зробити висновок про позиціонування композиційного торфопалива як ефективного альтернативного виду палива. Видобуток торфу не повинен перевищувати природний приріст торфосировини, що складає 0,1 % його геологічних запасів на рік. Впроваджено розроблену технологію

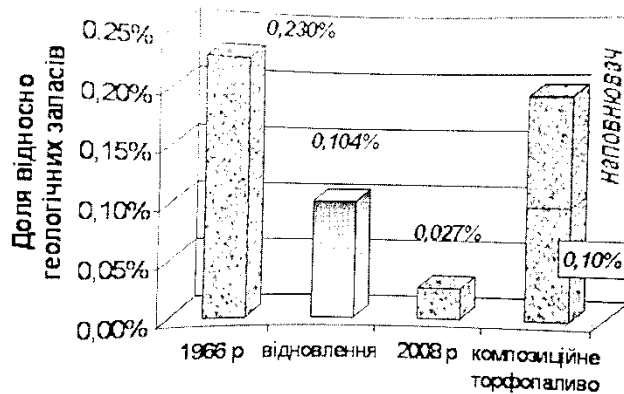


Рис. 8. Доля річного видобутку та межа відновлюваності торфу відносно геологічних запасів.

композиційних торфобрикетів з використанням до 40 % біомаси, як наповнювача, що підвищить граничні об'єми виробництва торфопалива до 0,18...0,2 % геологічних запасів торфу, це в середньому 1,6...1,7 млн т. н.е./рік без збільшення видобутку торф'яної сировини понад екологічно небезпечні масштаби.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Енергетична стратегія України до 2030 р.* затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України 15 березня 2006 р. / Національне агентство України з питань ефективного забезпечення. Режим доступу: <http://www.naer.gov.ua>.
2. *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України.* НАН України. Інститут відновлюваної енергетики. Київ, 2012 р. – 69 с.
3. Чмель В.М. *Брикетування біомаси* / В.М. Чмель, І.П. Новикова // *Відновлюв. енергетика*. – 2007. – № 4. – С. 98–103.
4. *Комплексный подход к использованию местных видов топлив: материалы научно-практического семинара* (Житомир, 24 – 25 жовтня). – Житомир, 2003 г. – 54 с.
5. Leinonen A. *Fuel Peat Employs up to 16,000 People in the EU* / A. Leinonen, T. Paappanen // *Peatlands International*. – 2006. – №2 – Р. 53 – 57.
6. *Справочник по торфу*. – М. : Недра, 1982. – 760 с.
7. Железная Т.А. Обзор современных технологий газификации биомассы / Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха // *Пром. теплотехника*. – 2006. – Т.28, № 2. – С. 61 – 75.
8. Салехов. Л.Т. *Енергетичне використання деревинного палива* / Л.Т. Салехов // *Лесная промышленность*. – 2001. – №3. – С. 5 – 7.
9. *Strategic Research and Innovation Agenda for Climate – Neutral Heating and Cooling in Europe*, RHC– ETIP, 2020. <https://www.rhc-platform.org/content/uploads/2020/10/RHC-ETIP-SRIA-2020-WEB.pdf>
10. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А. Глобальні перспективи сектору біоенергетики // *Теплофізика та теплоенергетика*. – 2021, т.43, N 4, С. 75-82.
11. Снежкін Ю.Ф. Розробка енергоефективного палива на торф'яній основі. / Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Корінчук., Л.Й. Воробйов., О.О. Хавін. // *Пром. теплотехника*. – 2006. – Т. 28, № 2. – С. 41–46.
12. Инишева Л.И. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л.И.Инишева, В.Е.Аристархова, Е.В. Порохина, А.Ф. Боровкова – Томск: ТГПУ, 2007. – 225с.
13. Маслов Б.С. Мелиорация торфяных болот: Учебное пособие / Б.С. Маслов. – Томск: ТГПУ, 2007. – 244 с.
14. Инишева Л.И. Болота Западной Сибири / Л.И. Инишева. – Новосибирск: «Принтинг», 2007. – 16 с.
15. Г.В. Добровольский Г.В. *Деградация и охрана почв* / Г.В. Добровольский – М.: МГУ, 2002. – 651 с.

PEAT IS AN EFFECTIVE ALTERNATIVE FUEL

Sniezhkin Yu.F., Korinchuk D. M.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, Ukraine, 03057<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2022.1>

The article considers peat as an effective alternative fuel. Its reserves and directions of use in the world and in Ukraine presented and analyzed. The analysis showed that the geological reserves of peat in Ukraine are equivalent to 600 billion cubic meters of natural gas. The main reserves of peat are concentrated in the districts of Polissia. Industrial peat extraction can take place in 12 regions: Volyn, Rivne, Zhytomyr, Kyiv, Cherkasy, Poltava, Sumy, Chernihiv, Khmelnytskyi, Ternopil, Lviv, and Ivano-Frankivsk. It has been shown that, compared to traditional energy carriers, peat fuel has a lower heat of combustion and a fairly high ash content, but during combustion it emits almost no toxic substances and, accordingly, pollutes the environment much less. In home furnaces, peat fuel burned with a higher efficiency than coal, and the ash used as fertilizer. The estimated cost of 1Gj of lower heat of combustion of various types of fuel according to the data of recent years shows a noticeable advantage of peat fuels. The cost of thermal energy obtained from burning 1 ton of peat briquettes is 2 times cheaper than when using coal, 3 times cheaper than gas, and 4 times cheaper than fuel oil. Peat fuel is suitable for use in all types of modern solid fuel combustion devices, which increases the prospect of its implementation on the domestic and foreign fuel markets. The technology for using plant biomass as a filler in peat briquettes and granules developed. Special attention paid to wood, buckwheat husk, sunflower and other grain crops, which have a lower ash content and a higher heat of combustion, the potential of which waste is significant, and the fuel characteristics are able to increase the heat of combustion of composite peat briquettes or peat granules and reduce their ash content. Taking into account that peat used in large quantities as fertilizer for agriculture, a technology developed according to which humic substances first removed from peat for fertilizer, and then biomass added to this peat and a composite peat fuel obtained. This technology involves the integration of technology and extraction of humic substances into the production cycle of a peat briquette plant for the production of composite fuel. The wide implementation of the developed technology of composite peat briquettes at peat briquette factories will allow to increase the production of briquettes by almost 2 times without increasing the consumption of peat raw materials and to produce peat fuel in the range of 0.18-0.2% of geological reserves, which is

equivalent to the replacement of more than 1 billion m³ of natural gas. All this allows us to draw a conclusion about the positioning of peat fuel as an effective local type of fuel, which is an alternative to gas and coal.

References 15, tables 2, figures 8.

Key words: renewable and alternative energy sources, peat and peat briquettes, biomass, fertilizers, biofuel, energy potential.

1. *Enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2030 r. zatverdzhena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy 15 bereznia 2006 r.* [The Energy Strategy of Ukraine until 2030 was approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on March 15, 2006]. National Agency of Ukraine for Effective Support. Access mode: <http://www.naer.gov.ua>. (Ukr.)

2. *Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh ta netradytsiinykh dzherel enerhii Ukrainy* [Atlas of the energy potential of renewable and non-traditional energy sources of Ukraine]. The Institute of Renewable energy of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, 2012. 69p. (Ukr.)

3. *Chmel V.M., Novikova I.P. Bryketuvannia biomasy* [Briquetting of biomass]. *Vidnovliuvana enerhetyka* [Renewable energy], 2007. № 4. P. 98–103. (Ukr.)

4. *Kompleksnyiyy podhod k ispolzovaniyu mestnyih vidov topliv* [A comprehensive approach to the use of local types of fuels]: materials of the scientific and practical seminar (Zhytomyr, October 24-25). Zhytomyr, 2003. 54 p. (Rus.)

5. *Leinonen A., Paappanen T.* Fuel Peat Employs up to 16,000 People in the EU. *Peatlands International*, 2006. №2. P. 53 – 57.

6. *Spravochnik po torfu* [Reference book on peat]. Moskov, Nedra, 1982. 760 p. (Rus.)

7. *Zheleznaya T.A., Geletuha G.G.* Obzorsovremennyih tehnologiy gazifikatsii biomassyi [Overview of modern biomass gasification technologies]. *Promyishlennaya teplotekhnika* [Industrial heat engineering], 2006. 28(2). P. 61 – 75. (Rus.)

8. *Salehov. L.T.* Energetichne vikoristannya derevinnoho paliva [Energy use of wood fuel]. *Lesnaya promyishlennost* [Forest industry], 2001. №3. P. 5 – 7. (Rus.)

9. *Strategic Research and Innovation Agenda for Climate – Neutral Heating and Cooling in Europe*, RHC– ETIP, 2020. <https://www.rhc-platform.org/content/uploads/2020/10/RHC-ETIP-SRIA-2020-WEB.pdf>

10. *Heletukha H.H., Zheliezna T.A.* Hlobalni perspektyvy sektoru bioenerhetyky [Global prospects of the bioenergy sector]. *Teplofizyka ta teploenerhetyka* [Thermophysics and Thermal Power Engineering], 2021. 43(4). P. 75-82. (Ukr.)

11. *Snieszkin Yu.F., Korinchuk D.M., Vorobiov L.I., Khavin O.O.* Rozrobka enerhoefektyvnoho palyva na torfianii osnovi [Development of energy-efficient peat-based fuel]. *Promyishlennaya teplotekhnika* [Industrial heat engineering], 2006. 28(2). P. 41–46. (Ukr.)

12. *Inisheva L.I., Aristarhova V.E., Porohina E.V., Borovkova A.F.* Vyirabotannyye torfyanyie mestorozhdeniya, ih harakteristika i funktsionirovanie [Developed peat deposits, their characteristics and functioning]. Tomsk, Technical Technical University, 2007. 225p. (Rus.)

13. *Maslov B.S.* Melioratsiya torfyanyih bolot: Uchebnoe posobie [Reclamation of peat bogs: Study guide]. Tomsk, Technical Technical University, 2007. 244 p. (Rus.)

14. *Inisheva L.I.* Bolota Zapadnoy Sibiri [Swamps of Western Siberia]. Novosibirsk: «Printing», 2007. 16 p. (Rus.)

15. *Dobrovolskiy G.V.* Degradatsiya i ohrana pochv [Soil degradation and protection]. Moskov, Moscow State University, 2002. 651 p. (Rus.)

Отримано 30.08.2022

Received 30.08.2022