

В.А. СТРИХА, канд. техн. наук, доц.,  
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне  
С.О. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф., М.О. НАУМОВА, студентка  
Криворізький національний університет

## АНАЛІЗ І УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Й ІНФОРМАЦІЙНОГО СУПРОВОДУ ВИДОБУВАННЯ ТА ЗНЕВОДНЮВАННЯ ПАЛИВНОГО ТОРФУ

В умовах розвалу торф'яної галузі в Україні загострюються енергетичні проблеми. У цьому зв'язку все більш актуальним стає пошук усіх доступних паливних джерел. Це обумовлює повернення інтересу до торфу як до палива. Тому виникла необхідність в інвентаризації торф'яного фонду, а також в оцінці сучасного стану торф'яних ресурсів та перспектив розвитку галузі в регіонах. Для структурування такої інформації створюються геоінформаційні бази даних. При їх розробці виконується систематизація торф'яного фонду, створюються електронні інтерактивні карти торф'яних родовищ у форматі ГІС, формується банк даних підприємств - можливих споживачів торф'яної продукції, розробляється приблизна схема територіального розвитку галузі, виділяються перспективні для видобутку торфу родовища по районах області. Бази даних - призначені для обліку, оцінки й оперативного інформування користувачів про стан торф'яних ресурсів і можуть застосовуватися у виробничій діяльності підприємств у сфері надрокористування, торфовидобутку і торфопереробки, при економічній оцінці варіантів використання торф'яних ресурсів та оцінці екологічного збитку. Наведено дані про експериментальні дослідження зневоднення фрезерного торфу і результатах цих експериментів. Обґрунтовано оптимальні умови сушіння торфу і відповідні їм технологічні рішення. Визначено напрямки подальших досліджень.

**Ключові слова:** геоінформаційні технології, бази даних, торф'яні ресурси, аналіз, зневоднення, валкування, шари торфу.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Для майже повністю енергозалежної України, питання пошуку енергетичної перспективи й альтернатив нафтогазовій дійсності набуває виняткової актуальності. Так, Україна - багата на вугілля, але стан вугільної промисловості та її сировинної бази - катастрофічні буквально. Тому настав час самим серйозним чином звернути увагу на ще один ресурс нашої країни - торф, який тут з давніх часів традиційно використовувався, а потім - з початком фатального для України нафтогазового буму, коли Україна була багата самою високоякісною нафтою, був майже зовсім забутий. Україна - найпівденніша країна Європи, в якій торфові ресурси ще мають промислове значення. Геологічні запаси цієї корисної копалини складають 2,17 млрд т, сумарна площа торфових родовищ сягає 1 млн га, а в межах промислової глибини - 642 тис. га [1].

Зараз, коли в усьому світі стрімко падають ціни на нафту і газ, гірникам треба відмежовуватися від злочинного популізму недолугих можновладців, чітко усвідомлюючи невідворотність зовсім невдовзі початку нового, вже екстремального, а головне – сталого й безкінечного (експоненціального) подорожчання вуглеводнів, враховуючи обсяги їх споживання й залишки в надрах. Тому видобуток торфу як палива і сировини для ряду галузей промисловості та сільського господарства стає вже по-справжньому актуальним, а відтак, готуватися до таких трансформацій треба заздалегідь і негайно, щоб не опинитися в убивчому цейтноті, не забуваючи, що це стосується специфічної і, що є особливо важливим в даному аспекті, - відновлюваної корисної копалини

**Аналіз досліджень і публікацій.** В останні роки, завдяки розвитку науки і техніки, з'явилися нові можливості для використання інноваційних технологій при оцінці торф'яних ресурсів. Так, сучасні геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють створювати універсальні каталоги територіально прив'язаної інформації, в яких можна легко знайти необхідні відомості й обробити наявні матеріали математичними або статистичними способами [2,3]. Разом з тим, для умов України бракує повністю відповідних ГІС, що можна надолжити, принаймні до розробки власних систем, адаптацією запозичених на основі досліджень [4-9]. Збільшення обсягів видобутку торфу, підвищення ефективності діючих торфопідприємств й освоєння нових родовищ нерозривно пов'язане з удосконаленням і створенням нових технологій та устаткування, чому присвячено багато наукових праць як іноземних [10-12], так і вітчизняних [13-17] учених. Проте фактор надзвичайно високого вмісту українських торфів змушує шукати нові технологічні рішення їх видобутку й переробки, особливо енергетичних видів.

**Постановка завдання.** Виходячи з викладеного, можна зазначити, що: існуючі методи оцінки торф'яних ресурсів потребують удосконалення, яке пропонується шляхом створення відповідних ГІС; зневоднення підготовленої продуктивної маси є найбільш вразливою ланкою технологічного процесу видобування фрезерного торфу, тому її удосконалення є найбільш ефективним для покращання процесу в цілому.

Мета дослідження полягає в узгодженому вдосконаленні формування інформаційної бази і процесу виробництва фрезерного торфу шляхом модернізації операції його валкування в напрямку зменшення втрат готового продукту і підвищення його якості як сировини для одержання паливної продукції. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: визначити найголовніші чинники, які визначають перебіг технологічної операції валкування фрезерного торфу і зумовлюють втрати торфу та його зволоження; розробити якісно нову технологію та технічні засоби валкування фрезерного торфу, позбавлені головних недоліків існуючих.

**Викладення матеріалу та результати.** В останні роки, завдяки розвитку науки і техніки, з'явилися нові можливості для використання інноваційних технологій при оцінці торф'яних ресурсів. Так, сучасні геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють створювати універсальні каталоги територіально прив'язаної інформації, в яких можна легко знайти необхідні відомості й обробити наявні матеріали математичними або статистичними способами. Тому для структурування даних про родовища, розробки плану територіального розвитку торф'яної галузі та оцінки її перспектив в регіоні необхідно розробити геоінформаційні бази даних. При їх створенні вирішуються: розробка бази даних по торф'яним ресурсам у форматі ГІС; створення схеми розподілу торф'яних родовищ за напрямками використання; формування банку даних можливих споживачів торф'яної продукції; розробка імовірної схеми територіального розвитку торф'яної галузі району, області [3].

Методика досліджень [2] включає роботи з виділення та систематизації фондових матеріалів, розробки електронних карт торф'яних родовищ в програмі Arc01B, уточнення місця розташування родовищ з використанням результатів дистанційного зондування земної поверхні. Для створення цифрової картографічної основи придатними є топографічні карти 1: 100000, 1: 200000 й дрібного масштабу, звіти геологічних вишукувань і звіти про НДР.

На першому етапі перспективи розвитку торф'яного напрямку в економіці регіону доцільно розглядати на прикладі одного з найбільш фінансово забезпечених районів. Аналіз торф'яних ресурсів району дозволяє виявити кількість торф'яних родовищ, загальну їх площу і запаси торфу певної вологості; частку детально і прогнозно розвіданих торф'яних ресурсів. У ГІС-моделі району відображаються: категорія розвідки торф'яних родовищ, запаси і ресурси торфу, тип покладів, наявність підготовлених до експлуатації площ, напрям використання й ін. Крім того, вказуються межі сільських поселень, інфраструктура (дороги, залізничні станції) і підприємства району із зазначенням можливих напрямів використання торфу.

На другому етапі за аналогічною схемою розробляється база даних «Торф'яні ресурси області». При цьому систематизуються дані по торф'яним ресурсам області, позначаються перспективні для освоєння родовища, виконується детальна характеристика їх запасів і напрямів використання сировини.

Застосування адаптованої до умов України методики [2] дозволяє узагальнену геоінформаційну базу даних торф'яників перетворити в адекватну задачам моделювання їх освоєння, приймаючи за основу наступне.

Найбільші ресурси торфу зосереджені на Поліссі: у Волинській, Рівненській і Чернігівській областях. На цих територіях виявлено і розвідано 1038 родовищ (36% всіх родовищ України), їх запаси складають 1.07 млрд т (50% запасів торфу і сапропелю України) (рис. 1).

**Рис. 1.** Розподіл геологічних запасів торфу областями України [7]



Первинною одиницею класифікації є вид торфу. На даний час виявлено 150 видів торфу, з яких 65 - низинних, 41 - перехідних, 44 - верхових. Усі види об'єднуються в 6 груп - деревна, деревно-трав'яна, деревно-мохова, трав'яна, трав'яно-мохова, мохова. Ці шість груп об'єднано в три підтипи - лісовий, лісо-драговинний, трясовинний. А підтипи утворюють 4 типи торфових покладів - низинний, верховий, перехідний і змішаний.

Торфові родовища верхового типу розповсюджені тільки в Західно-Поліському торфовому районі та в Карпатах. Основні запаси верхового торфу виявлено на родовищах Рівненської області [2]. За умовами утворення і накопичення торфу, тобто за типами покладу, торфові родовища і запаси торфу в Україні розподіляються так [9], (табл. 1):

Заторфованість території є одним з найважливіших показників. Вона характеризує не тільки питому вагу покритої торфом площі, а й відносну величину запасів торфу, які зустрічаються і поширюються, а отже - відносне багатство торфом. Якщо заторфованість території України не перевищує 1,7 %, то цей показник для Волинської, Рівненської і Чернігівської областей складає відповідно 8,25; 9,30; та 3,72 %, а в поліських районах цих областей і Житомирщини сягає 15 % [9].

Таблиця 1

Розподіл запасів торфу за типами покладу

Тип покладів	Кількість родовищ	Площа, га	Запаси та прогнозні ресурси, млн. т	Запаси та прогнозні ресурси, %
Низинний	2397	608421	2083.1	96.0
Верховий	57	14221	37.9	1.8
Змішаний	9	4150	13.5	0.6
Перехідний	38	12583	34.5	1.6
<b>По Україні</b>	<b>2501</b>	<b>639375</b>	<b>2169.0</b>	<b>100</b>

Головною задачею даних досліджень є теоретичне й експериментальне обґрунтування та розробка якісно нової технології валкування фрезерного торфу, позбавленої головних недоліків існуючої. Міркування щодо теоретичної обґрунтованості й перспективності двоопераційного пошарового валкування розстилу фрезерного торфу базуються на уможливленні припущенні про подібність процесів тепломасопереносу, що відбуваються в розстил і в валку. Це припущення потребує певної перевірки, яка й стала основною метою лабораторних досліджень.

Моделювання в камері штучного клімату процесів сушіння розстилу торфу і сформованих з нього різними способами валків дозволяє значно впевненіше відповісти на запитання стосовно ефективності пошарового формування валка, дати кількісну оцінку інтенсифікації видалення води з торфу, спрогнозувати найбільш доцільні часові межі виконання операції валкування за запропонованою методикою.

Експериментальні дослідження пошарового валкування в умовах діючого виробництва дозволяють аргументовано підійти до конструктивних рішень механізму (валкувача), що реалізує запропоновану технологію валкування фрезерного торфу, перевірити ефективність запропонованих ідей у реальних умовах, розробити рекомендації щодо використання удосконаленої системи валкування на торфових підприємствах, які видобувають фрезерний торф для брикетування.

Нижче наведено найбільш вагомий результати експериментів, проведених як у лабораторії Національного університету водного господарства та природокористування, так і на сировинній базі дочірнього підприємства «Смигаторф», яке є одним з флагманів торфобрикетного виробництва в Україні.

Лабораторні дослідження процесу видалення вологи з фрезерного торфу здійснювались в камері штучного клімату, устрій якої наведено на рис. 2.

Задавались та фіксувались наступні метеорологічні параметри: температура повітря  $t$ ; психрометрична різниця  $\Delta t$ ; швидкість повітряного потоку  $V$ ; випаровуваність  $i_6$ ; відносна вологість повітря  $\phi$ .

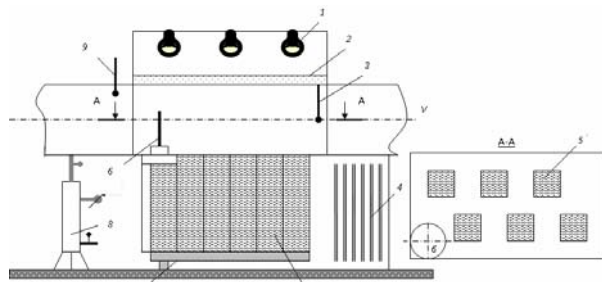


Рис. 2. Схема камери штучного клімату: 1 - лампи інфрачервоного випромінювання; 2 - матовий екран; 3, 9 - термометри; 4 - п'єзометри; 5 - моноліти торфу; 6 - випаровувач; 7 - візок; 8 - парова установка

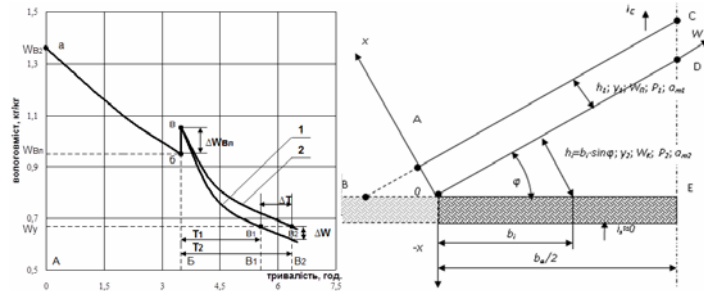
Конструкція камери штучного клімату передбачає можливість збільшення останнього показника шляхом зволоження повітря водною парою, яку виробляє спеціальна установка з трьома форсунками.

Область варіювання кожного параметру обиралась з урахуванням реальних діапазонів коливань значень температури, швидкості вітру, відносної вологості повітря протягом сезону ви-

добування фрезерного торффу в кліматичних умовах України, конкретно - півдня Рівненщини, де розташована сировинна база підприємства «Смигаторф».

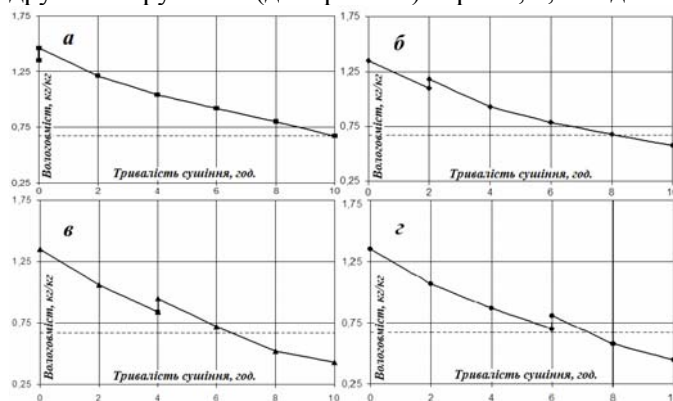
Усі рівняння кінетики видалення води з валка торффу є справедливими для описання процесу сушіння сфрезерованої торфвової крихти у двошаровому валку. Різниця полягає у непостійності товщини першого, «сухого» шару, величина якої зростає від краю до центра валка (рис. 3).

Товщина шару сухого торффу  $h_i$  зростає від краю валка до його середини з такою закономірністю:  $h_i = b_i \cdot \sin \varphi$ , де  $\varphi$  - кут відкосу бічної стінки валка сухого торффу. Вважаючи товщину прошарку сухого торффу по всьому перерізу валка достатньо вираженою для створення своєрідної гідроізоляції поверхневого шару торффу від зволоження знизу, одержуємо додаткові підстави для обґрунтування більш досконалої методики формування валка.



**Рис. 3.** Залежність вологовмісту фрезерного торффу від тривалості сушіння (ліворуч): 1 - пошаровий валок; 2 - звичайний валок (температура повітря 28°C, швидкість - 1,0 м/с; відносна вологість - 35%, випаровуваність - 0,68 кг/м<sup>2</sup>·год); Розрахункова схема (праворуч) сушіння торфвової крихти у двошаровому валку ( $W$  - вологовміст)

Виконана в камері штучного клімату серія дослідів показала, що інтервал часу між другим ворухінням і валкуванням суттєво впливає на тривалість досягнення торфом встановлених значень кінцевої вологості та вологовмісту (відповідно 40 % та 0,67 кг/кг). На рис. 4 показано криві сушіння торффу в валку, сформованому: безпосередньо після другого ворухіння (див. рис. 4а) через 2, 4, 6 годин після другого ворухіння (див. рис. 4б,в,г).



**Рис. 4.** Криві експериментального сушіння торффу в валку: а - сформованому безпосередньо після другого ворухіння; б,в,г, - в пошаровому валку, сформованому, відповідно, через 2, 4, 6 годин після другого ворухіння

Потрібно наголосити, що в першому досліді (див. рис. 4а) формувати валок шляхом пошарового валкування не мало сенсу, оскільки внаслідок щойно виконаного ворухіння вологість частинок торффу в нижньому і верхньому шарах розстилу практично вирівнювалась. Тому крива сушіння ілюструє процес досушування торффу у звичайному (не пошаровому) валку. Тому не дивно, що встановлений кінцевий вологовміст торффу (показаний пунктирною лінією) досягається через найбільш тривалий час - 10 годин.

Двогодинний інтервал між другим ворухінням і валкуванням виявився достатнім для підсушування торффу в розстилі та утворення помітної різниці між вологовмістом верхнього і нижнього шарів. Це дозволило сформувати повноцінний двошаровий валок, який інтенсифікує видалення вологи настільки, що встановлене значення кінцевого вологовмісту досягається через вісім годин, тобто на дві години раніше, ніж у першому досліді. На підставі викладеного можна сформулювати принципи формування валка, які дозволяють підвищити ефективність виробництва фрезерного торффу.

1. *Принцип повноти збирання торфвокрихти з розстилу у валок* передбачає мінімізацію втрат торффу у виробничому процесі. Більш повне збирання сфрезерованого і висушеного торффу з розстилу у валок може досягатися шляхом повторного валкуючого впливу на ті частинки, які не потрапили до валка в процесі основного валкування і, фактично, є втраченими. Зрозуміло, що ці частинки торффу є більш вологими, ніж ті, що знаходилися у верхньому шарі розстилу. Крім цього, в процесі повторного валкування зростає вірогідність підфрезерування вологої поверхні покладу елементами відвалу валкувача з наступним потраплянням частинок вологого торффу в валок. Як свідчать викладені вище результати досліджень, належних умов для сушіння частинок в валку бути не може через значні його розміри. Для запобігання погіршенню якості фрезерного торффу через зростання середньої вологості торффу в валку необхідно сформулювати такий принцип.

2. *Принцип оптимізації умов для прискореного досихання вологих частинок торфу в валку* може бути реалізований шляхом розміщення вологих частинок у верхній шар валка фрезерного торфу, який найбільшою мірою перебуває під впливом сонячної радіації, руху повітря і має найкращі умови для сушіння.

Гармонійне поєднання обох принципів дозволяє забезпечувати максимально повне збирання частинок торфу з розстилу в валок, не тільки не погіршуючи якість фрезерного торфу, а, навпаки, знижуючи його вологість. В кінцевому підсумку це дає змогу збільшити циклові і сезонні збори торфу при покращенні його якості як палива.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Перебуваючі в розробці геоінформаційні бази даних на сьогодні акумулюють відомості про торф'яні родовища конкретно Рівненської області. Практичне застосування таких ГІС стане доцільним при територіальному плануванні економічного розвитку на рівні регіону, районів та муніципальних утворень. Вони призначені для обліку, оцінки й оперативного інформування користувачів про стан торф'яних ресурсів області, і можуть бути корисними у виробничій діяльності підприємств у сфері надрокористування, торфовидобутку і торфопереробки, для дослідників та інвесторів, при економічній оцінці варіантів використання торф'яних ресурсів та оцінці екологічного збитку.

Стосовно дослідження технологічних чинників, загалом встановлено, що у валках, після певного періоду, зневоднений поверхневий шар торфу, в міру висихання, починає усе інтенсивніше проявляти термоізолюючі властивості, перешкоджаючи випаровуванню вологи з підстиляючих шарів, нижній з яких починає сорбувати вологу з поверхні покладу, будучи по суті своїй у цьому сенсі губкою. Тому авторами розгортаються подальші дослідження, засновані на ідеї поточного компресійного огрудкування торфу, суміщеного з процесом формування та ворущіння валків, що, як передбачається, забезпечить часткове видалення вологи з брикетів (пелетів) у процесі їх пресування спеціальним пристроєм, конструкція якого розробляється, й одночасно забезпечить добру вентиляцію огрудкованої маси за рахунок утворених в ній сполучених порожнин, знизить екрануючий ефект з ліквідацією розпушеного торфу верхнього шару, а ущільнені окремість нижнього шару, маючи меншу площу контакту з поверхнею покладу і високу щільність, мінімізують сорбування вологи з останньої.

#### *Список літератури*

1. Аналіз стану сировинної бази торфу і сапропелю України в 1991-1995 роках. Торф. Кн.1. Аналіз стану сировинної бази торфу. Пояснювальна записка. Держ. комітет України по геології та використанню надр, Держ. інформаційний геологічний фонд України „Геоінформ” – К.: 1996.
2. **Харанжевская Ю.А.** Применение инновационных технологий для оценки современного состояния и систематизации данных по торфяным месторождениям Томской области // Достижения науки и техники АПК. Вып. № 5/2012. - М.: Редакция журнала "Достижения науки и техники АПК", 2012. - С. 77-78.
3. <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-innovatsionnyh-tehnologiy-dlya-otsenki-sovremennogo-sostoyaniya-i-sistematizatsii-dannyh-po-torfyanyim-mestorozhdeniyam>
4. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / **Ковалко М.П., Денисюк С.П.**; Відпов. ред. **Шидловський А.К.** - К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
5. Аналіз стану сировинної бази торфу і сапропелю України в 1991-1995 роках. Торф. Кн.1. Аналіз стану сировинної бази торфу. Пояснювальна записка. Держ. комітет України по геології та використанню надр, Держ. інформаційний геологічний фонд України „Геоінформ” - К., 1996.
6. Торф фрезерный для производства брикетов. Технические условия. ДСТ України 2043-92. –К.: Госстандарт Украины, - 3 с.
7. **V. Hnyushev.** Peat in the Ukraine: Reflections on the Threshold of a New Millennium / "Peatland international", Finland, 2000, № 1. -С. 54-57.
8. Аналіз стану мінерально-сировинної бази України, облік родовищ і складання Державних балансів запасів торфу і сапропелю станом на 01.01.2003–2005 років/звіт про науково-дослідну роботу. Державне науково-виробниче підприємство Державний інформаційний геологічний фонд України “Геоінформ України”. - К., 2005. - 47 с.
9. **Гнеушев В.О.** Торфові ресурси України і шляхи їх раціонального використання/Альтернативні та відновлювані джерела енергії. - Рівне, 2002. - С. 22-27.
10. Peat Production Machinery. Bord na Móna Peat Energy Division, 2001.
11. Manufacturer of machinery for peat moss industry. Les Equipments Tardif inc. Quebec, Canada, 2002.
12. A new generation of Ridgers to increase collection yield /Bord na Móna Progress, spring, 1995.
13. **Булынько М.Г., Петровський Е.Е.** Технология торфобрикетного производства. -М.: Недра, 1968. - 312 с.
14. **Афанасьев А.Е.** Исследование параметров технологического процесса добычи фрезерного торфа в тонких слоях на толстой азрированной подложке // Торфяная промышленность, 1978. - № 4. – С. 15-22.
15. **Бавтуто А.К.** Повышение эффективности сушки торфяной крошки путем формирования расстила. Дис...канд.техн.наук. – Ровно: 1986. – 184 с.
16. **Козаринов В.Ф.** Методы и аппаратура для определения некоторых технологических показателей при добыче фрезерного торфа/Бюллетень научно-технической информации ВНИИТП. – Л.: 1958. – С.10-17.
17. **Гнеушев В.А., Бавтуто А.К., Рыбак И.И., Стриха В.А.** Интенсификация процесса производства фрезерного торфа скреперно-бункерным уборочным комплексом. Закл. отчет о научно-исслед. работе, № гос. регистр. - Ровно: УИИВХ, 1990. – 69 с.

Рукопис подано до редакції 14.04.15