

УДК 622.331

Гнеушев В. О., к.т.н., доцент, Стадник О. С., асистент, Козяр В. О., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗБАГАЧУВАНОСТІ ВИСОКОЗОЛЬНОГО ТОРФУ

Розглянуті існуючі класифікації видів золи торфу. Запропонована удосконалена класифікація видів золи високозольного торфу, яка дозволила обґрунтувати його збагачуваність

Ключові слова: збагачення торфу, високозольний торф, збагачуваність

Використання альтернативних палив, зокрема й торфу, стимулюється рядом державних програм. Сьогодні діє закон України „Про альтернативні види палива”. Торфове паливо використовується не тільки як побутове, для обігріву окремих будинків, а й як комунальне – на котельнях малої та середньої потужності у Рівненській, Волинській, Чернігівській, Київській та в інших областях. Це дає можливість знизити енергетичну залежність населення і комунальних підприємств від дорогого природного газу. Та придатність торфу для використання як палива обмежується зольністю. Розподіл балансових запасів України по підгрупах за показником середньої зольності родовищ наведено на рисунку 1.

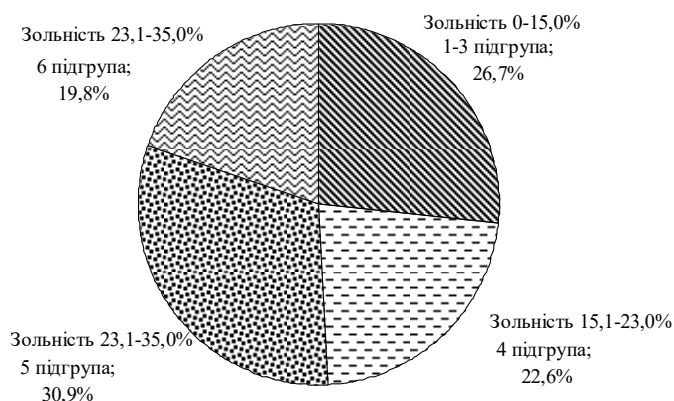


Рис. 1. Розподіл балансових запасів торфу України за середньою зольністю родовищ

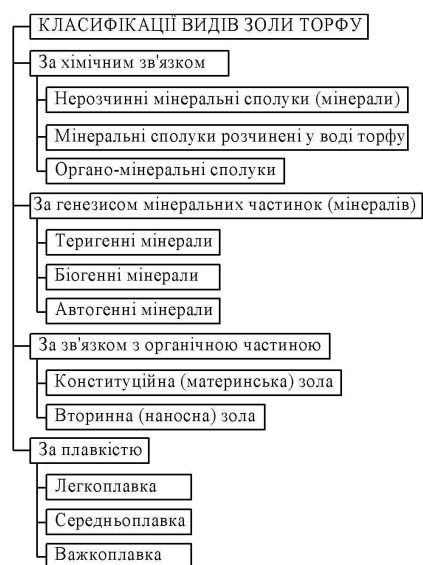


Рис. 2. Класифікація видів золи торфу

Більше половини балансових запасів (п'ята та шоста підгрупи) є непридатними за зольністю для використання в якості палива. Зниження зольності торфових палив можливе лише за рахунок шихтування некондиційного високозольного торфу із кондиційним малозольним чи деревиною. Але застосування шихтування обмежується нестачею достатньої кількості кондиційної сировини.

Другим шляхом зниження зольності торфу є його збагачення, але теорія цього процесу розвинута недостатньо. Для теоретичної оцінки збагачуваності високозольного торфу перш за все доцільно вдосконалити класифікацію видів золи.

У літературі наводяться різні класифікації видів золи [1, 2], які запропоновано поділити на групи: за хімічним зв'язком; за генезисом мінеральної частини (мінералів); за зв'язком з органічною частиною торфу;

за плавкістю. Кожна група, в свою чергу поділяється на підгрупи. Існуючі класифікації видів золи торфу зображені на рис. 2.

Найперспективнішою для оцінки збагачуваності є перша класифікація видів золи (за хімічним зв'язком), яку доцільно удосконалити та обґрунтувати чіткі методи визначення вмісту золи кожного виду. Недоліком усіх представлених класифікацій є недостатнє урахування тих перетворень, що відбуваються в мінеральних включеннях і в механізмах їх взаємодії з органічною частиною при сушінні та подрібненні торфу.

Задачею досліджень є теоретична оцінка збагачуваності високозольного торфу на основі удосконаленої класифікації видів золи та обґрунтування методів їх визначення.

Враховавши перетворення, що відбуваються у торфі в процесі сушіння (кристалізація мінеральних речовин розчинених у воді торфу), подрібнення (розкриття мінералів золи, утворення зростків (органо-мінеральних агрегатів)), вид зв'язку з органічною частиною та розміри частинок мінеральних видів, ми запропонували удосконалену класифікацію, яка схематично зображена на рисунку 3. Потенціалом для збагачення (види золи які виділяються) є зола, що знаходиться у вигляді вільних мінералів та їх зростків із органічною частиною.

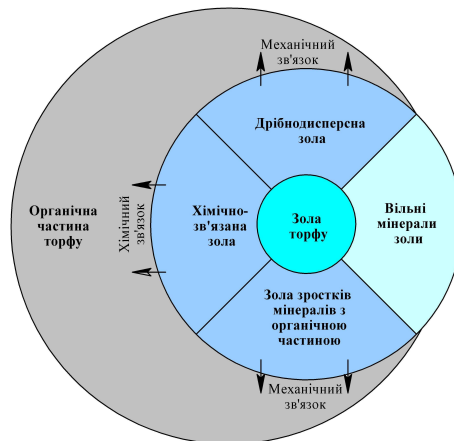


Рис. 3. Удосконалена класифікація видів золи високозольного торфу

Основними мінералами торфу є кварц, польові шпати, глинисті мінерали, гетит, гідрогетит, кальцит, віваніт та інші. Технологічні властивості цих мінералів та частинок органічної частини представлені у таблиці 1. Отже, крупність та густина частинок високозольного торфу можуть бути основними розділовими ознаками процесу його збагачення.

Відповідно до запропонованої класифікації зольність високозольного торфу можна представити у вигляді суми різних видів золи:

$$A = (A_v \cdot \gamma_v + A_{zp} \cdot \gamma_{zp} + A_x \cdot \gamma_x + A_d \cdot \gamma_d) / 100, \% \quad (1)$$

де γ_v , γ_{zp} , γ_x та γ_d – масова частка золи вільних мінералів, зростків, орґано-мінеральних хімічних сполук та дрібнодисперсної золи, %; A_v – зольність вільних мінералів золи, %; A_{zp} – зольність зростків вільних мінералів із органічною частиною торфу, %; A_x – зольність орґано-мінеральних сполук (хімічно-зв'язана зола), %; A_d – зольність дрібно-дисперсних мінералів, %.

Для зручності запишемо рівняння (1) через вилучення золи:

$$100 = \varepsilon_v + \varepsilon_{zp} + \varepsilon_x + \varepsilon_d, \% \quad (2)$$

де ε_v – вилучення золи з вільними мінералами, %; ε_{zp} – вилучення зі зростками, %; ε_x – вилучення золи із хімічно-зв'язаними сполуками, %; ε_d – вилучення золи із дрібнодисперсними мінералами, %.

Вміст вільних мінералів та зростків мінералів з органічною частиною можна визначити за допомогою розділення у важких рідинах з різною густиною.

Густина мінералів, які знаходяться у торфі, становить 2400 кг/м³ і більше. Вільні мінерали запропоновано вилучати з торфу у важкій рідині з густиною 2000 – 2200 кг/м³ [3]. При цьому вони виділяються у важку фракцію.

Властивості основних складових високозольного торфу низинного типу

Назва частини торфу	Назва складової (мінералу, інгредієнту)	Цінність складової (корисна, шкідлива)	Вміст, %	Властивості			
				Середня густина, кг/м ³	Питима магнітна сприйнятливість, м ³ /кг	Питома електропровідність, См/м	Переважаюча крупність, мм
Органічна	Гумус	Корисна	30-80*	600-1000**	Діамагнетик** *	Напів-провідник	0-10
	Рослинний залишок	Корисна	0-70*	400-1000**			
	Деревний залишок	Корисна	0-10*	400-1000**			
Мінеральна	Кварц	Шкідлива	2,2-15,8	2650	0,025·10 ⁻⁷	<·10 ⁻¹¹	0,05-1,2
	Польові шпати	Шкідлива		2550	0,63·10 ⁻⁷	<·10 ⁻¹¹	0,1-0,3
	Глинисті мінерали	Шкідлива	0-20	-	Діамагнетик	-	До 0,1 (можуть утворювати мінеральні агрегати)
	Гетит та гідрогетит (залізна вохра)	Шкідлива	0-24 ****	4000	Парамагнетик	-	
	Кальцит, (мергель)	Шкідлива	0-20 ****	2700	Діамагнетик	<·10 ⁻¹¹	
	Вівіант	Шкідлива	0-30 ****	-	-	-	

* - показник розрахований виходячи зі ступеня розкладу, ** - змінюється у залежності від вологості, *** - судячи з відсутності взаємодії у магнітному полі з індукцією 0,9 Тл органічна речовина торфу є діамагнетиком, **** - значення розраховані виходячи зі вмістів відповідних оксидів хімічного складу мінеральної частини.

Вилучення золи з вільними мінералами у такому випадку знайдемо за формулою:

$$\varepsilon_e = \frac{A_{\text{вф}(2100)} \cdot \gamma_{\text{вф}(2100)}}{A}, \quad \%, \quad (3)$$

де $A_{\text{вф}(2100)}$ – зольність важкої фракції, яка виділилася у рідині з густиною від 2100 кг/м³, %; $\gamma_{\text{вф}(2100)}$ – масовий вихід важкої фракції у перерахунку на суху речовину, %; A – зольність вихідного торфу.

У зв'язку з тим, що зростки мінералів з органічною частиною торфу при виділенні у важких рідинах руйнуються внаслідок змочування і висихання, то їх слід виділяти разом із вільними мінералами вторинної золи і врахувати це у розрахунках.

Нормальнозольний торф низинного типу має густину сухої речовини від 1460 до 1650 кг/м³. Її значення залежить від зольності та ступеня розкладу торфу [2]. У розрахунках значення густини сухої речовини торфу можна приймати 1500 кг/м³. Тому зростки мінералів з органічною частиною торфу разом із вільними мінералами при розділенні у рідині з густиною 1500 кг/м³ будуть виділятися у важку фракцію. Вилучення золи із зростками знаходиться за формулою:

$$\varepsilon_{\text{зр}} = \frac{A_{\text{вф}(1500)} \cdot \gamma_{\text{вф}(1500)}}{A} - \varepsilon_e, \quad \%, \quad (4)$$

де $A_{\text{вф}(1500)}$ – зольність важкої фракції, яка виділилася у рідині з густиною 1500 кг/м³; $\gamma_{\text{вф}(1500)}$ – масовий вихід важкої фракції у перерахунку на суху речовину, %.

Легка фракція, яка виділиться при густині розділення 1500 кг/м³, буде представлена органічною частиною торфу з хімічно-зв'язаною та дрібнодисперсною золою. Такий торф за зольністю повинен бути ближчим до нормальнозольного. Вилучення золи до легкої фракції визначається за формулою:

$$\varepsilon_l = \frac{A_{\text{лф}(1500)} \cdot \gamma_{\text{лф}(1500)}}{A}, \quad \%, \quad (5)$$

де $A_{\text{лф}(1500)}$ – зольність легкої фракції, яка виділилася у рідині з густиною 1500 кг/м³; $\gamma_{\text{лф}(1500)}$ – масовий вихід легкої фракції у перерахунку на суху речовину.

Зольність легкої фракції, виділеної у важкій рідині із густиною 1500 кг/м^3 , є граничним значенням зольності концентрату, який можна отримати при його збагаченні. Цей показник є близьким до нормальної зольності торфугу, або вмісту конституційної (материнської) золи. Розділення у важких рідинах при густині, яка відповідає густині органічної частини торфугу, є методом виділення нормальнозольного торфугу і дозволяє визначити вміст материнської золи.

Зола легкої фракції, виділена у важкій рідині з густиною 1500 кг/м^3 , в свою чергу складається з золи хімічно-зв'язаної та дрібнодисперсної. Окремо виділити хімічно-зв'язану золу торфугу неможливо. Коли розчиняти золу торфугу у розчинах кислот (наприклад хлоридної), то у розчин будуть переходити мінеральні сполуки як хімічно-зв'язаної, так і дрібнодисперсної золи. Не розчиняються у розчинах кислот сполуки силікатів та алюмосилікатів.

Наближений вміст хімічно-зв'язаної золи визначається розрахунковим методом із катіонного складу торфугу за формулою:

$$\gamma_x = \sum \gamma_k, \% \quad (6)$$

де γ_k – вміст відповідних катіонів, %, який розраховується за формулою:

$$\gamma_k = \frac{K \cdot M(K)}{N}, \% \quad (7)$$

де K – вміст катіону у торфі, мг.-екв./100 гр. сухої речовини торфугу; $M(K)$ – молярна маса хімічного елемента, який відповідає даному катіону гр./моль, N – валентність катіона. Вмісти основних катіонів торфугу (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} та Al^{3+}) можна визначати за спеціальними методиками, або прийняти залежно від виду торфугу за даними [4].

Вилучення хімічно-зв'язаної золи торфугу розраховується за формулою:

$$\varepsilon_x = \frac{100 \cdot \gamma_x}{A}, \% \quad (8)$$

Вилучення дрібнодисперсних мінеральних включень визначається за залишковим принципом з формули (2):

$$\varepsilon_d = 100 - (\varepsilon_e + \varepsilon_{zp} + \varepsilon_x), \% \quad (9)$$

Відповідно до запропонованої методики визначимо вилучення золи з вільними мінералами, зростками, органо-мінеральними сполуками та дрібнодисперсними мінералами для шести зразків торфугу родовищ «Старники» і «Засвіття-Ситнелюк» (табл. 2). Зольність досліджених зразків становила 21,96-33,09%.

За наведеними результатами 50,6-59,5% золи зосереджено у вільних мінералах, 16,6-23,8% – у зростках (органомінеральних агрегатах), 16,6-23,8% – в органо-мінеральних сполуках та 23,9-25,5% – у дрібно-дисперсних мінералах. Граничне вилучення золи при збагаченні цих зразків високозольних торфів рівне сумі вилучення золи із вільними мінералами та зростками і становить 74,4-76,1%. Частку золи, яка міститься у зростках (органомінеральних агрегатах) можна зменшити за рахунок подрібнення.

Таблиця 2

Вилучення золи з її видами

Назва зразка	$\varepsilon_e, \%$	$\varepsilon_{zp}, \%$	$\varepsilon_x, \%$	$\varepsilon_d, \%$	Всього
Фрезерний торф род. «Засвіття-Ситнелюк»	59,5	16,6	12,9	11,0	100
Дисперсія, %	4,3	3,1	0,6	1,7	-
Фрезерний торф род. «Старники»	50,6	23,8	14,1	11,4	100
Дисперсія, %	7,2	4,9	1,4	2,4	-

Гранична зольність концентрату $A_{лф(1500)}$ для досліджених зразків високозольних торфів становить 13,45-14,03%, а її середнє значення дорівнює 13,74%. Максимальний теоретичний вихід концентрату [5], визначається за формулою:

$$\gamma_k = 100 \left(1 - \frac{A - A_{zp}}{100 - A_{zp}} \right), \% \quad (10)$$

де A – зольність вихідного продукту, %; A_{zp} – гранична зольність концентрату, %.

Для досліджених зразків максимальний вихід концентрату із граничною зольністю 13,74% становитиме 77,6-90,5%. На практиці краще орієнтуватися на максимальний вихід концентрату умовної граничної зольності 20% (відповідає кондиційному паливу з торфу). Це значення для досліджених торфів із зольністю 21,96-33,09% становитиме 83,6-91,6%.

Отже, у роботі удосконалена класифікація видів золи торфу, що робить можливим обґрунтування граничної зольності концентрату (яка дорівнює 13,74%) та розрахунок його максимального теоретичного виходу при граничній та умовній зольності концентратів (що становлять 77,6-90,5% та 83,6-91,6%, відповідно).

1. Наумова Г. В. Торф сырье в биотехнологии [Текст] / Под ред. И. И. Лиштвана. – Минск, 1987 г. – 141 с.
2. Лиштван И. И. Физико-химические основы технологии торфяного производства [Текст] / И. И. Лиштван, А. А. Терентьев, Е. Т. Базин, А. А. Головач. – Минск : Наука и техника, 1983. – 232 с.
3. Шарафутдинов Р. А. Минералогический, макро- и микроэлементный состав торфяных отложений Юго-восточной части Красноярского края [Текст] / Р. А. Шарафутдинов, А. В. Гренадерова, Г. Ю. Ямских // Вестник Красноярского гос. университета: сборник научных трудов. – Красноярск, 2006. – С. 51–57.
4. Лиштван И. И. Основные свойства торфа и методы их определения [Текст] / И. И. Лиштван, Н. Т. Король – Минск : Наука и техника, 1975. – 320 с.
5. Козин В. З. Исследование руд на обогатимость: учебное пособие [Текст] / В. З. Козин. – Урал. гос. горн. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во УГТУ, 2008. – 312 с.

Рецензент: д.геол.н., професор Мельничук В. Г. (НУВГП)

Hnieushev V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor, Stadnyk O. S., Assistant Koziar V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

GROUNDING OF WASHABILITY FOR HIGH ASH-CONTENT PEAT

Existent classifications the types of ash-content for were considered. The improved classification of ash types for high ash-content peat, which allowed to ground its washability is offered.

Keywords: enrichment of peat, high ash-content peat, washability.

Гнеушев В. А., к.т.н., доцент, Стадник А. С., ассистент, Козяр В. А., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБОСНОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО ТОРФА

Рассмотрены существующие классификации видов золы торфа. Предложена усовершенствованная классификация видов золы высокозольного торфа, которая разрешила обосновать его обогатимость.

Ключевые слова: обогащение торфа, высокозольный торф, обогатимость.