

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук, **О.С. ВЕРЦУН**

(Україна, Полтава, Державний ВНЗ "Полтавський національний технічний університет")

СУМІЩЕНИЙ ПРОЦЕС "ГІДРАВЛІЧНЕ ВИДОБУВАННЯ – ЗНЕСОЛЕННЯ ВУГІЛЛЯ"

Постановка проблеми і стан її вивчення. Суміщені або комбіновані методи в гірництві поєднують процеси видобутку і первинної переробки корисних копалин або різні методи їх переробки. Так, комбіновані методи видобутку і переробки корисних копалин включають поєднання (суміщення) операцій видобутку корисних копалин і їх наступної переробки (збагачення, розчинення, переведення у різні стани – сублімація, зрідження, газифікація тощо). Суміщені методи переробки корисних копалин поєднують, наприклад, гравітаційні і флотаційні методи – флотогравітацію, подрібнення і сушку (останній широко застосовуються на ТЕС), подрібнення і селективну агрегацію (масляна агрегація при мокрому подрібненні) тощо. Суміщення технологічних процесів – один з перспективних шляхів розвитку сучасної науки і техніки, що дає економічний і екологічний ефект.

Останнім часом різними науковими школами України вивчалось так зване "солоне вугілля" – здебільшого низького ступеня метаморфізму, з високим вмістом сполук (солей) лужних металів, насамперед, натрію. Звичайне вугілля має вміст оксиду натрію (Na_2O) у золі менше 1-2%, тоді як солоне – від декількох до десяти і більше відсотків. Розвідані запаси солоного вугілля в Україні оцінюються в 12 млрд т – 10 млрд т в Західному Донбасі і 2 млрд т у Північному Донбасі [1, 2]. Радикальним методом його облагороджування вважається збагачення по солі [3], різні варіанти якого розробили Державний інститут мінеральних ресурсів України [4, 5], Донецький національний технічний університет [3, 5, 6], Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії НАНУ, та НВО "Хаймек" [7], Зокрема, НВО "Хаймек" і ДонНТУ запропонували суміщені процеси "гідротранспорт – знесолення вугілля" та "гідротранспорт – знесолення – масляна агломерація вугілля" [3, 5, 6]. Роботи в напрямку пошуку раціональних технологій збагачення вугілля по солі продовжуються.

Мета цієї роботи – аналіз суміщеного процесу "гідравлічне видобування – знесолення вугілля".

Вклад основного матеріалу. Гідравлічне видобування вугілля практикується у шахтному та свердловинному варіанті, які передбачають застосування засобів гідромеханізації. Зауважимо існування багатого вітчизняного досвіду промислового використання гідравлічного видобування вугілля, яке почалося з 1952 р. У Кузнецькому, Донецькому і Карагандинському басейнах гідравлічним способом за період з 1952 по 1980 рік включно було добуто більше 150 млн тонн вугілля.

В останній час активно розвивається геотехнологія свердловинного гідро-

видобутку (СГВ) вугілля [8, 9] яка може бути застосована як суміщений процес "гідралічне видобування – знесолення вугілля" в Західному і Північному Донбасі.

Щодо "солоного вугілля", то його гідровидобуток сумісно зі знесоленням пропонується вперше.

Центральним, питанням при визначенні технології знесолювання є форма існування Na і Cl в органічній речовині. Більшість дослідників вважають, що Na і Cl зі стехіометричним співвідношенням за NaCl знаходяться у вугіллі у вигляді адсорбованих йонів заповнюючи міжпакетний простір і орієнтуючись біля електрично відповідних елементів структури [1]. Л.Я. Афанасенко [10] виділяє три форми натрію в солоному вугіллі: (1) нерозчинного натрію; (2) розчинного еквівалентного хлору; (3) розчинного нееквівалентного хлору. Перша форма, – нерозчинний натрій, – ідентифікується з натрієвими сполуками в "пустій" породі. Крім того, натрій, ймовірно, може входити в комплексні сполуки (хелати). За даними Л.Я. Афанасенко кількість нерозчинного Na невелика – на рівні 0,15-1,2% від всього Na у солоному вугіллі.

Друга форма натрію, – розчинний еквівалентний хлору, – основна для більшості лужного вугілля. Для Новомосковського вугілля, як показують дослідження С.Д. Пожидаєва [4, 5], частка Na, пов'язаного з хлором досягає 70-100%. За даними В.В.Симонової [11] кількість стехіометричного Na (за NaCl) у вугіллі Західного Донбасу коливається від 55 до 90%. Ці дані схожі з результатами досліджень Л.Я. Афанасенко, яка додатково встановила, що мінімальна кількість Na в складі NaCl характерна для тонких фракцій вугілля (0,2-0 мм) [10].

Третя форма натрію, – розчинний нееквівалентний хлору, – входить у бічні периферійні групи макромолекули вугілля. Можливе також знаходження Na в солях низькомолекулярних органічних кислот, солях гумінових кислот і фульвокислот. В.В. Симонова оцінює кількість Na що входить до складу карбоксилатів і фенолятів на рівні 0-21% (новомосковське вугілля) [11].

Що стосується хлору, то за даними Л.Я. Афанасенко Cl у вугіллі всіх родовищ України (Новомосковське, Богданівське, Петровське) на 90% знаходиться у розчинній формі.

Загалом же істотне переважання розчинної форми Na і Cl в більшості дослідженого солоного вугілля свідчить про принципову можливість високоефективного збагачення такого типу вугілля за Na і Cl методом водної промивки.

Середній хімічний склад золених компонентів для вугілля нижнього карбону і середнього карбону (за Е.П. Діком) представлений у таблиці 1, а хімічний склад золи деяких пластів Новомосковського родовища – у таблиці 2.

Як видно з даних табл. 2 хімічний склад золи солоного вугілля навіть в межах одного пласта нестабільний, що ускладнює технологію їх переробки.

Раніше, в роботах Інституту мінеральних ресурсів України було запропоновано декілька варіантів переробки – збагачення по солі і підготовки до спалювання солоного вугілля. Адаптуємо ці варіанти до застосування технології гідровидобутку вугілля і порівнюємо з базовими.

Спеціальні та комбіновані методи

Таблиця 1

Середній хімічний склад золових компонентів для солоного вугілля
Новомосковського родовища, % [5]

Золовий компонент	Вугілля нижнього карбону	Вугілля середнього карбону
SiO ₂	35,4	5,0-48,3
TiO ₂	1,0	0,14-1,7
Al ₂ O ₃	19,0	3,0-35,4
Fe ₂ O ₃	19,6	2,4-63,6
CaO	11,5	3,3-26,0
MgO	3,1	1,1-8,8
K ₂ O	2,0	0,6-2,8
Na ₂ O	8,4	4,0-14,8

Таблиця 2

Хімічний склад золи окремих пластів Новомосковського родовища, % [12]

Пласт, свердловина	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
C ₁ , 2-2	13,3	13,0	20,0	4,4	22,4	13,3	1,5	12,0
C ₄ , 3-3	21,1	30,1	7,9	2,8	13,5	13,7	1,3	9,3
C ₆ , 3-3	33,9	15,9	7,8	4,0	10,2	14,8	1,8	10,6
C _{1вп} , 4а	22,9	19,7	11,3	3,6	8,4	20,7	1,3	10,6
C _{1нп} , 4а	25,4	12,5	10	2,4	14,7	20,0	1,3	12,5
C ₄ , 4а	22,2	29,1	11,3	1,9	15,3	11,8	0,7	6,6
C ₅ , 4а	44,8	7,5	16,7	2,4	11,3	11,1	1,9	4,0
C ₆ , 4а	15,7	34,5	9,6	2,6	10,9	13,2	0,5	8,3
C ₇ , 4а	29,7	23,1	9,4	3,4	7,2	18,8	0,6	7,1
C ₄ , 2-4	21,1	30,8	7,9	2,8	13,5	12,7	1,3	9,3
C ₆ , 2-4	7,6	46,9	9,1	2,6	18,6	6	0,6	8,0
C ₇ , 2-4	29,8	31,8	4,5	1,5	3,1	21,1	1,3	6,5

На рис. 1-2 представлено базисні варіанти, на рис. 3-4 відповідні їм варіанти видобутку і знесолення вугілля із застосуванням гідровидобутку.

Характерною особливістю апаратурного оформлення обох базових схем є висока насиченість устаткуванням для класифікації, згущення і зневоднення зернистих і дрібних вугільних класів. Натомість при застосуванні гідралічного видобутку вугілля суміщення технологічних процесів "гідралічне видобування – знесолення вугілля" суттєво спрощує технологічну схему і апаратурне оформлення технології. У випадку гідралічного видобування знесолення відбувається при контакті з водою від вибою до зневоднення, включно з гідро транспортуванням, що триває $\tau=10-15$ хв і більше. При цьому режим течії водо вугільної пульпи в трубопроводах і насосах турбулентний, що забезпечує умови промивки солоного вугілля еквівалентні стаціонарним.

Спеціальні та комбіновані методи

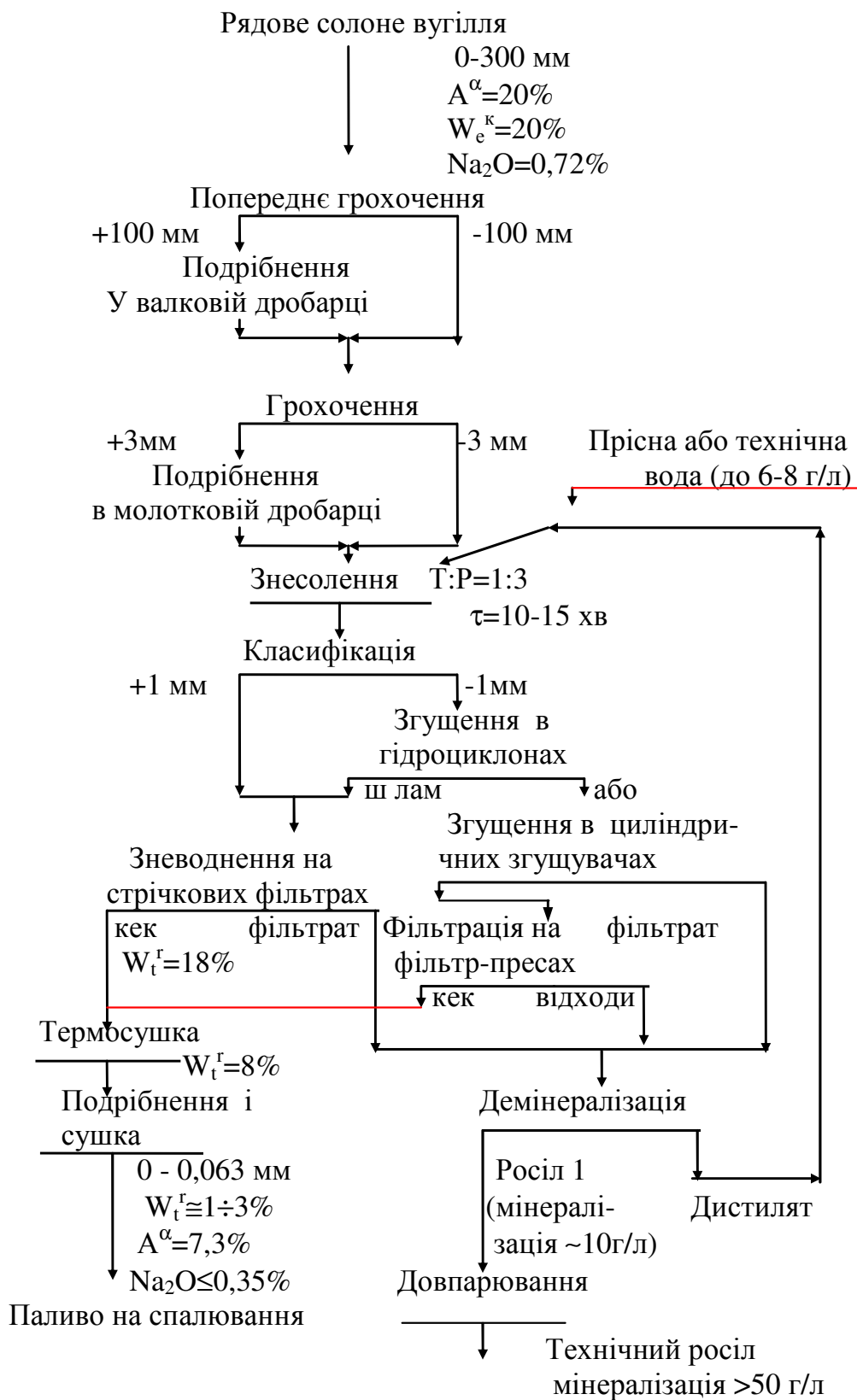


Рис. 1. Технологічна схема збагачення вугілля з знесоленням
Інститута мінеральних ресурсів України (варіант 1)

Спеціальні та комбіновані методи

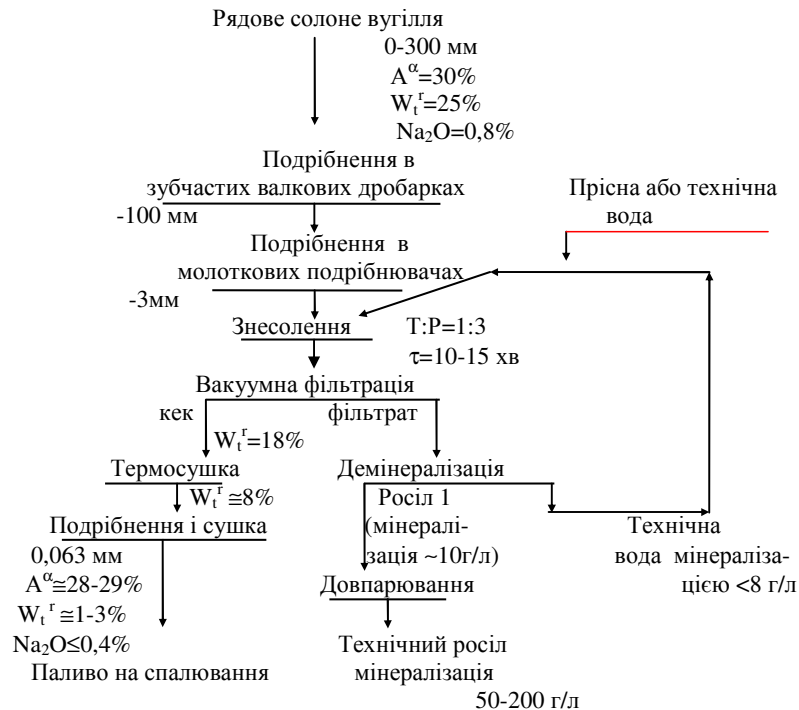


Рис. 2. Технологічна схема збагачення вугілля зі знесоленням Інституту мінеральних ресурсів України (варіант 2)

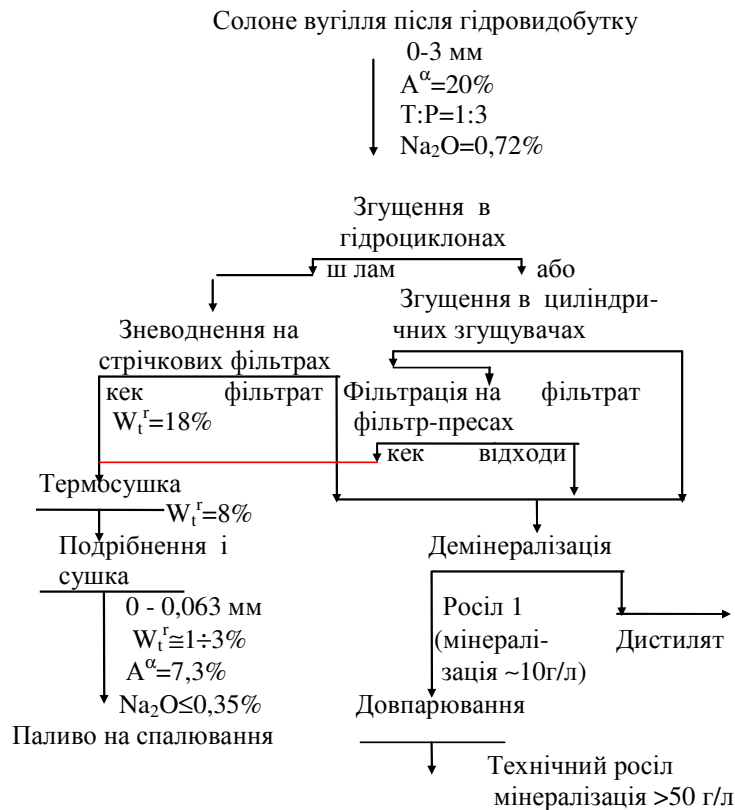


Рис. 3. Технологічна схема знесолення вугілля на основі гідровидобутку (варіант 3)

Спеціальні та комбіновані методи

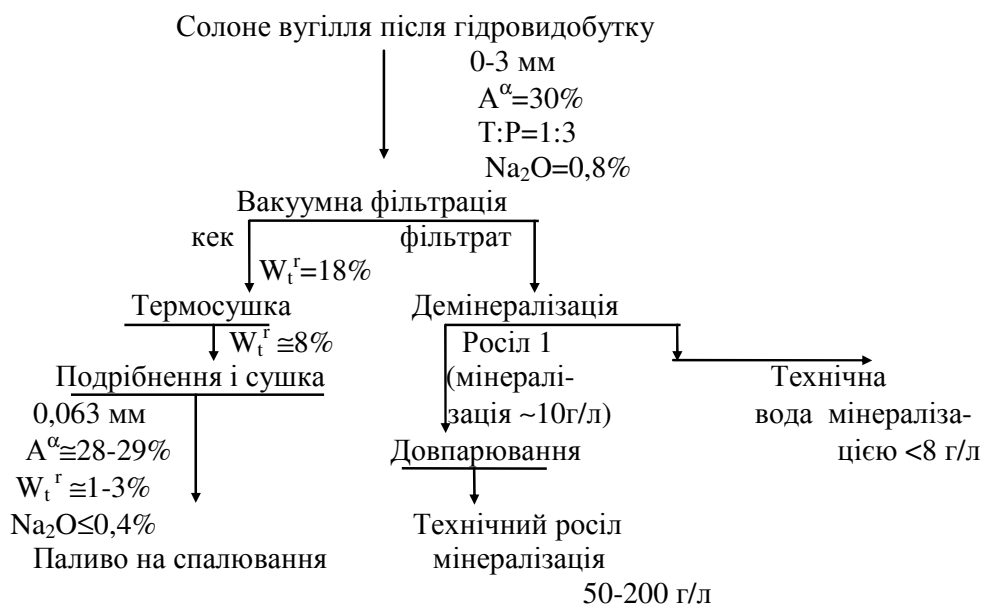


Рис. 4. Технологічна схема знесолення вугілля на основі гідровидобутку (варіант 4)

Висновки

1. Суміщений процес "гідралічне видобування – знесолення вугілля" вугілля може розглядатися як оптимальна технологія з точки зору мінімізації апаратурного забезпечення процесу – виключаються спеціальні апарати для знесолення вугілля, спрощується технологічна схема переробки соляного вугілля на вуглезбагачувальній фабриці.

У подальшому дослідженні доцільно подати огляд сучасних суміщених процесів в галузі збагачення корисних копалин, які є, на наш погляд, одним з перспективних напрямків розвитку техніки і технології переробки корисних копалин.

Список літератури

1. Шендрік Т.Г., Саранчук В.И. Соленые угли. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2003. – 296 с.
2. Дунаєвська Н.І, Корчевий Ю.П. Солоне вугілля України: стан та шляхи використання // Енергетика, економіка, технології, Екологія. – 2011. – № 1. – С. 16-22.
3. Білецький В.С. Технологічні й екологічні аспекти освоєння вітчизняного соляного вугілля // Розробка родовищ – 2014. – С. 527-534.
4. Соленые угли их генезис и методы изучения / С.Д. Пожидаев, Р.А. Грицай, Н.П. Ткаченко и др. – М.: ВИЭМС, 1988. – 24 с.
5. Перспективы освоения соляных углей Украины / В.С. Белецкий, С.Д. Пожидаев, А. Кхелуфи и др. – Донецьк: ДонГТУ, УКЦентр, Східний видавничий дім, 1998. – 96 с.
6. Кхелуфі А. Розробка технології збагачення соляного вугілля: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Дніпр-ськ: Нац. гірн. акад. України, 1998. – 20 с.
7. Круть А.А., Свитлый Ю.Г. Исследование обессоливания угля а процессе гидротранспорта. // Уголь Украины. – 1984. – № 1. – С. 41.
8. Васянович Ю.А. Научное обоснование эффективности использования технологии

Спеціальні та комбіновані методи

скважинной гидродобычи угля в условиях Дальнего Востока: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 1996. – 27 с.

9. Есина Е.Н. Результаты лабораторных испытаний по скважинной гидродобыче угля. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – Вып. 6. – С. 302-306.

10. Афанасенко Л.Я. Исследование характеристик и свойств засоленных углей Донбасса и их изменений при термической обработке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К.: Ін-т проблем моделювання в енергетиці НАН України, 1990. – 20 с.

11. Симонова В.В. Исследование состава, структуры и свойств соленых углей Западного Донбасса: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. – Донецк: Ін-т. физ.-орг. хим. и углехимии, 1992. – 21 с.

12. Зайковский А.В. Изменение структуры и свойств продуктов щелочного гидролиза соленых углей Западного Донбасса: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. – Донецк: Ін-т. физ.-орг. хим. и углехимии, 1993. – 19 с.

© Білецький В.С., Верцун О.С., 2014

*Надійшла до редколегії 24.09.2014 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*