

І. О. Лаврова, канд. техн. наук, доцент, М. І. Грубник, аспірант, В. В. Владимиренко, phd, асистент, В. І. Грубник, студент

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ГІРСЬКОГО ВОСКУ З БУРОГО ВУГІЛЛЯ АЛЕКСАНДРІЙСЬКОГО РОДОВИЩА З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

Ключові слова: віск, буре вугілля, смоли, бітум А, екстракція, демінералізація

Вступ. В теперішній час переважна більшість дослідників вважає найбільш раціональним методом використання вугілля його комплексну переробку з отриманням значно більш екологічно чистих та енергоємних вторинних продуктів. Особливо це стосується бурого, або так званого «землистого вугілля», яке в сирому непереробленому вигляді класифікується як низькосортне високозольне паливо, але в той же час є особливо цінною сировиною для комплексної переробки з отриманням рідких, газоподібних, твердих облагорожених палив та сировини для промисловості органічного синтезу [1,2].

Найбільш продуктивні та екологічно чисті технології з переробки бурого вугілля в рідке моторне паливо створені в США (технологія Syntroleum), Німеччини (технологія піролізу FLASH). Говорячи про продуктивність та економічну ефективність таких вуглепереробних комплексів доречно відзначити, що тільки компанія «SASOL», три черги заводу якої задіяні в ПАР, отримує близько 5 млн. тонн рідкого моторного палива на рік з подальшою прибутковою його реалізацією на світовому ринку [3].

Проте, це не єдиний, хоча й найбільш відомий, перспективний напрям розробки ресурсів бурого вугілля у світі. Так, сирий гірський віск (монтан-віск або бітум А), видобуваний екстракцією органічними розчинниками з бітумінозного бурого вугілля, – складна суміш природних восків і воскових смол. У теперішній час найбільший виробник восків у світі – Німеччина – випускає до 50 тис. т восків на рік, що становить понад 80% світового виробництва [4].

Актуальність даної роботи полягає в тому, що достойну конкуренцію закордонним продуктам могли б скласти гірський віск та його похідні, отримані з бурого вугілля Александрійського родовища (Україна). У вітчизняних александрійських бурих вугіллях у значній кількості присутні бітуми та гумінові кислоти. Високий рівень збагачення вугілля цими речовинами зумовлює особливу цінність даного родовища. З 1 т бітумвмісного вітчизняного вугілля у середньому очікується вихід 70 кг бітуму, що містять близько 35 кг сирого гірського воску [5,6]. На світовому ринку вартість 1 т сирого гірського воску становить 4 тис. доларів.

Бітуми А – олеофільна дисперсна система. Їх елементарною структурною одиницею є міцела, що складається з конденсованого асфальтенового ядра зі стабілізуючою плівкою смол. Дисперсною середовищем служать олії. Смоли надають бітумам в'язкість та пластичність. У бітумах твердих горючих копалин розвинена кристалічна структура, що складається з воску і парафіну. Кристалізаційна структура визначає спе-

цифічні властивості бітумів, а саме, жорсткість, малу еластичність і крихкість. Буровугільний віск має ряд важливих властивостей [7], а саме: високу температуру плавлення, низьку електропровідність, водонепроникність і кислотостійкість, а також здатність протистояти дії окислення і мікроорганізмів і давати на поверхні шкіри, дерева, пластмас і паперу захисну плівку, тому вони є незамінними при виготовленні поліруючих та захисних композицій для різних покриттів, у паперовій, шкіряній промисловості, медицині, у побутовій хімії Буровугільний віск застосовується також у виробництві консистентних мастил, для виготовлення меблевих мастик і паст, косметичних кремів і мазей, для консервування сирів, продуктів, що швидко псуються і фруктів, при виготовленні пластиліну, технічних воскових олівців і пастелі, свічок, як зв'язуюче у виробництві деяких видів вугільних брикетів.

Об'єктом дослідження були зразки повітряно-сухого александрійського бурого вугілля з вологістю 12–17 % і бітумінозністю по бензину 7,0–8,2 %. Дослідження проводили у межах схеми комплексної переробки бурого вугілля з отриманням буровугільного воску та адсорбентів (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема комплексної переробки бурого вугілля

Зразки вугілля піддавали демінералізації в розчині відповідної кислоти з подальшим виділенням буровугільного воску екстракцією бензином. Твердий залишок після екстракції для отримання адсорбентів піддавали високотемпературній карбонізації та активації водяною парою.

Зразки александрійського вугілля відносять до малозольних: вміст золи 11,8 % мас., а зола цього вугілля складається переважно із сполук кремнію (близько 50 % мас.) та алюмінію (близько 30 % мас.). При цьому вміст вуглецю у перерахунку на сухе зне-

золене вугілля значно залежить від зольності. Для малозольних зразків вміст вуглецю становить 53–63 % мас. Вміст водню перебуває приблизно на рівні – 7–8,6 % мас.

Виходячи з даних про склад мінеральної частини вугілля та результатів, представлених у роботах [8,9], для демінералізації вугілля використовували кислоти, які, як правило, не утворюють нерозчинних солей з лужноземельними компонентами золи та можуть бути видалені при відмиванні водою [10, 11]. Крім цього, цікавить вивчення можливості проведення, поряд з демінералізацією зразків вугілля, етерифікації високомолекулярних спиртів буровугільних восків щавлевою та лимонною кислотами для збільшення вмісту ефірів у восках.

Результати дослідження. У цій роботі наведено результати дослідження впливу різних видів попередньої модифікуючої обробки бурого вугілля на властивості та вихід гірського воску.

Вивчення зміни зольності демінералізованого кислотами вугілля показало, що обробка кислотами призводить до зниження цього показника для всіх досліджених зразків.

Як впливає із даних табл. 1, використання попередньої обробки зразків вугілля кислотами призвело до підвищення екстрагування восків бензином.

Таблиця 1 – Вихід воску в залежності від методу обробки вугілля

Метод обробки	Вихід воску на органічну масу речовини, %мас.
Екстракція без обробки	10,2
Екстракція після обробки лимонною кислотою	4,8
Екстракція після обробки щавлевою кислотою	6,0
Екстракція після обробки соляною кислотою	11,8

Максимальний вихід – 11,8 % – характерний для зразка вугілля, обробленого мінеральною соляною кислотою. Низькі виходи восків з інших зразків вугілля, оброблених розчинами органічних кислот, пов'язані з меншою активністю останніх.

Перспективні екстракти можна отримати із попередньо проалкільованого вугілля. Алкілювання спиртами кисневмісних функціональних груп є ефективним способом руйнування міжмолекулярних зв'язків в органічній масі вугілля та збільшення його розчинності за м'яких умов ведення процесу. У наведеному експерименті в якості алкілюючого агента було обрано метанол.

Фізико-хімічні властивості отриманого матеріалу у порівнянні з показниками бразильського Карнаубського воску наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості екстрагованого гірського воску

Зразки воску з вугілля	Кислотне число, мг КОН/г	Число омилення, мг КОН/г	Ефірне число
Александрійське	26	81	55
Александрійське метиловане	1	53	52
Карнаубський віск[12]	2	75	73

Воскова частина буровугільних бітумів складається перш за все з ефірів жирних кислот і високомолекулярних одноатомних спиртів, часто званих восковими спиртами. Разом з ефірами більшість восків містить також вільні жирні кислоти ($C_{17}-C_{34}$), їх ангідриди, а також вільні ненасичені воскові спирти та деякі вуглеводні. Спирти що входять до складу воску, в основному є первинними, число вуглецевих атомів в яких коливається від 16 до 32. Експериментально встановлено також, що воскові ефіри утворені головним чином з кислот $C_{22} - C_{30}$ і спиртів C_{24}, C_{26}, C_{30} . В цілому воскова частина буровугільного воску характеризується наступним складом, %: ефіри – 50÷60, спирти – 15÷25, кислоти – 15÷25, вуглеводні – 10÷20, інші сполуки – 3÷8.

Хімічний склад смоляної частини буровугільного воску олександрійського родовища складається з нейтральної (54,7 %) та кислій (45,3 %) частин. У кислій частині є кислоти та феноли, калієві солі, феноляти. Частина асфальтенів носить подвійний характер – фенольний і асфальтоподібний.

Висновки. Таким чином, вивчена можливість отримання буровугільного воску з високим виходом та покращеною якістю, що полягає в попередній обробці бурого вугілля соляною кислотою та подальшому екстрагуванні бензином. За своїми фізико-хімічними характеристиками отриманий віск наближається до рослинних восків, наприклад карнаубського воску. Проте, він значно багатший на біологічно активні речовини.

Серед речовин, ідентифікованих у цих фракціях, присутні такі біологічно активні речовини, як: Sugiol – метаболіт рослин, має противірусну та протипухлинну активність; Ferruginol – метаболіт рослин, має протипухлинні властивості, антибактеріальну активність. Деякі дослідники відмічають, що ця речовина демонструє зменшення пухлини товстої кишки, молочної залози, легень та зменшення кількості трансформованих онкогенами клітин. Behenic alcohol – має противірусну активність; Lupeol – метаболіт рослин, має протипухлинну і протизапальну дію; Betulin – має противірусну активність, властивості анальгетика, протизапальну та протипухлинну дію.

Це останнє робить отриманий екстракт гірського воску перспективною сировиною для фармацевтичної технології, космецевтики та медицини.

Література

1. Шульга І. В., Мірошниченко Д. В. Фізика та хімія твердих горючих копалин: навч. посіб. НТУ «ХП». Харків, Тернопіль: Крок. 2022. 212 с.
2. Гірський віск. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. За ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас. 2004. Т. 1: А–К. С. 284.
3. Babets Ye. K., Bielov O. P., Shustov O. O., Barna T. V., Adamchuk A. A. The development of technological solutions on mining and processing brown coal to improve its quality. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. No. 6. P. 36–44.
4. Саранчук В. І., Ільяшов М. О., Ошовський В. В., Білецький В. С. Хімія і фізика горючих копалин. Донецьк: Східний видавничий дім. 2008. 600 с.
5. Шустов О. О., Белов О. П., Адамчук А. А. Перспективи комплексного освоєння родовищ бурого вугілля України з метою отримання буровугільного воску. Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доп. 6-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 11–12 квітня 2023 р. НТУ «ХП», Укр. держ. н.-д. вуглехім. ін-т. Харків: НТУ «ХП». 2023. С. 65–72.

6. Lavrova I., Hrubnyk M., Hrubnyk V. Some technological aspects of obtaining raw mountain wax. Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доп. 8-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 16–17 квітня 2025 р. НТУ «ХПІ». Харків: НТУ «ХПІ». 2025. С. 89–90.
7. Ouchi K., Imuta R. The analysis of benzene extracts of Yubari coal. *Fuel*. 2013. Vol. 42. P. 445–456.
8. Wise W. C. Solvent treatment of coal. London. 1991.
9. Fazylov S. D., Satpaeva Zh. B., Karipova G. Zh., Tateyeva A. V., Muldachmetov M. Z., Arinova A. E., Dautova Z. S. Influence of microwave irradiation on the extraction output of humin and bituminous substances from brown coals. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2017. Vol. 3, No. 423. P. 103–108.
10. Zhang H., Mo Y., Sun M. The influence of acid treatment on structure and property of coals. Proceedings of the International Conference on Coal Science and Technology. Okinawa, Japan. 2005. P. 102–104.
11. Грубник М. І., Лаврова І. О., Грубник В. І. Гірський віск з бурого вугілля Александрійського родовища як сировина для отримання біологічно активних речовин. Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика: матеріали 5-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 28–29 листопада 2024 р. НТУ «ХПІ». Харків. 2024. С. 177–178.
12. Віск карнаубський. Фармацевтична енциклопедія. URL: <https://www.pharmacyclopedia.com.ua/article/1770/visk-karnaubskij> (дата звернення: 04.12.2025).

Bibliography (transliterated)

1. Shulha I. V., Miroshnychenko D. V. Fyzyka ta khimiia tverdykh horiuchykh kopalyn: navch. posib. NTU «KhPI». Kharkiv, Ternopil: Krok. 2022. 212 p.
2. Hirskiy visk. Mala hirnycha entsyklopediia: u 3 t. Za red. V. S. Biletskoho. Donetsk: Donbas. 2004. T. 1: A–K. P. 284.
3. Babets Ye. K., Bielov O. P., Shustov O. O., Barna T. V., Adamchuk A. A. The development of technological solutions on mining and processing brown coal to improve its quality. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. No. 6. P. 36–44.
4. Saranchuk V. I., Piashov M. O., Oshovskyi V. V., Biletskyi V. S. Khimiia i fzyka horiuchykh kopalyn. Donetsk: Skhidnyi vydavnychiy dim. 2008. 600 p.
5. Shustov O. O., Bielov O. P., Adamchuk A. A. Perspektyvy kompleksnoho osvoien- nia rodovyshech buroho vuhillia Ukrainy z metoiu otrymannia burovuhilnoho vosku. Suchasni tekhnolohii pererobky palnykh kopalyn: tezy dop. 6-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 11–12 kvitnia 2023 r. NTU «KhPI», Ukr. derzh. n.-d. vuhlekhim. in-t. Kharkiv: NTU «KhPI». 2023. P. 65–72.
6. Lavrova I., Hrubnyk M., Hrubnyk V. Some technological aspects of obtaining raw mountain wax. Suchasni tekhnolohii pererobky palnykh kopalyn: tezy dop. 8-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 16–17 kvitnia 2025 r. NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI». 2025. P. 89–90.
7. Ouchi K., Imuta R. The analysis of benzene extracts of Yubari coal. *Fuel*. 2013. Vol. 42. P. 445–456.
8. Wise W. C. Solvent treatment of coal. London. 1991.
9. Fazylov S. D., Satpaeva Zh. B., Karipova G. Zh., Tateyeva A. V., Muldachmetov M. Z., Arinova A. E., Dautova Z. S. Influence of microwave irradiation on the extraction out-

put of humin and bituminous substances from brown coals. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2017. Vol. 3, No. 423. P. 103–108.

10. Zhang H., Mo Y., Sun M. The influence of acid treatment on structure and property of coals. *Proceedings of the International Conference on Coal Science and Technology*. Okinawa, Japan. 2005. P. 102–104.

11. Hrubnyk M. I., Lavrova I. O., Hrubnyk V. I. Hirskyi visk z buroho vuhillia Aleksandriiskoho rodovyshcha yak syrovyna dlia otrymannia biolohichno aktyvnykh rechovyn. *Avtomatyzatsiia, elektronika, informatsiino-vymiriuvalni tekhnolohii: osvita, nauka, praktyka: materialy 5-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 28–29 lystopada 2024 r. NTU «KhPI»*. Kharkiv. 2024. P. 177–178.

12. Visk karnaubskiy. *Farmatsevychna entsyklopediia*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1770/visk-karnaubskij> (data zvernennia: 04.12.2025).

УДК 665.6

I. O. Лаврова, канд. техн. наук, доцент, М. І. Грубник, аспірант, В. В. Владимиренко, phd, асистент, В. І. Грубник, студент

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ГІРСЬКОГО ВОСКУ З БУРОГО ВУГІЛЛЯ АЛЕКСАНДРІЙСЬКОГО РОДОВИЩА З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В даній роботі наведено результати аналізу літературних джерел та проведених досліджень щодо поглиблення ступеню переробки вітчизняного бурого вугілля за рахунок отримання цінної сировини - гірського воску (бітуму А або монтан-воску). Актуальність теми досліджень пов'язана з тим, що буровугільний віск має високу температуру плавлення, низьку електропровідність, водонепроникність і кислотостійкість, а також здатність протистояти дії окислення і мікроорганізмів і давати на поверхні шкіри, дерева, пластмас і паперу захисну плівку, тому він є ефективним при виготовленні поліруючих та захисних композицій для різних покриттів, у фармацевтичній промисловості, медицині та у побутовій хімії

У процесі досліджень виявлено вплив попередньої модифікуючої обробки бурого вугілля на фізико-хімічні властивості та вихід гірського воску. Вивчено ефективність демінералізації вугілля розчинами соляної, щавлевої та лимонної кислот з метою зниження зольності отриманих речовин.

Максимальний вихід продукту – 11,8 % – характерний для зразка вугілля, обробленого мінеральною соляною кислотою. Низькі виходи восків з інших зразків вугілля, оброблених розчинами органічних кислот, пов'язані з меншою активністю останніх.

Доведено, що перспективні екстракти можна отримати із попередньо проалкілюваного вугілля. Алкілювання спиртом (метанолом) кисневмісних функціональних груп є ефективним способом руйнування міжмолекулярних зв'язків в органічній масі вугілля та збільшення його розчинності за м'яких умов ведення процесу.

В результаті вивчення фізико-хімічних властивостей виділених восків показано, що кислотне число восків, отриманих з вугілля Александрійського родовища змінюється від 1 до 26 мг КОН/г. Це свідчить про низький вміст кислот у отриманих продуктах.

Число омилення при цьому змінюється в діапазоні від 53 до 81 мг KOH/г, що пов'язано зі значним вмістом ефірів.

Ключові слова: віск, буре вугілля, смоли, бітум А, екстракція, де мінералізація.

I. O. Lavrova, M. I. Hrubnyk, V. V. Vladimirenko, V. I. Hrubnyk, student

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF MOUNTAIN WAX FROM BROWN COAL OF ALEXANDRIYSKY FIELD FOR THE PURPOSE OF OBTAINING RAW MATERIALS FOR CHEMICAL AND PHARMACEUTICAL INDUSTRY

This work presents the results of the analysis of literary findings and the investigation of the destruction of the stage of processing of ham brown coal for the recovery of valuable raw material – gorsk wax (bitumen or montan wax). The relevance of these studies is due to the fact that drilled coal wax has a high melting point, low electrical conductivity, water impermeability and acid resistance, as well as resistance to oxidation. microorganisms and put on the surface of leather, wood, plastic and paper a dry melt, which is effective in the preparation of polishing and dry compositions for various coatings, in the pharmaceutical industry, medicine and in everyday life chemistry

The process of investigation revealed the infusion of a further modifying processing of brown coal on physico-chemical power and the release of gyrian wax. The effectiveness of cartilage demineralization with hydrochloric, oxalic and citric acids was tested by reducing the ash content of the extracted ribs.

The maximum yield of the product – 11.8 % – is characteristic of a sample of vugill treated with mineral hydrochloric acid. Low yields of waxes from other forms of vugill, enriched with organic acids, are associated with less activity of the remaining ones.

It has been proven that promising extracts can be isolated from pre-alkylated vugille. Alkylation of acidic functional groups with alcohol (methanol) is an effective way of aligning intermolecular bonds in the organic mass of vugill and increasing its responsibility for soft minds process.

As a result of the study of the physico-chemical properties of the waxes observed, it was shown that the acidity of the waxes extracted from the vugille of the Alexandria field varies from 1 to 26 mg KOH/g. It is important to note the low acid content of these products. The number of oxidation changes in the range from 53 to 81 mg KOH/g, which is associated with a significant replacement of ethers.

Keywords: wax, brown coal, resin, bitumen A, extraction, demineralization.

Отримано редколегією 10.12.2025

Лаврова Інна Олегівна (Lavrova Inna), канд. техн. наук, доцент, заст. директора ННІ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0000-0002-3970-1627>;

Грубник Михайло Ігорович (Mykhailo Hrubnyk), аспірант Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0009-0007-1191-4552>;

Владимиренко Владислава Віталіївна (Vladyslava Vladymyrenko), PhD, асистент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0009-0009-9448-4010>;

Грубник Володимир Ігорович (Hrubnyk Volodymyr), студент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».