

підвищений попит як на Україні, так і в європейських країнах, що імпортують вугілля для коксування.

2. Отчет № 263.2009 «Анализ и обобщение результатов исследования керновых проб поля шахты Любелянская № 1-2 с целью определения технологической ценности углей этой шахты, как сырья для коксования». – 47 с.

#### Бібліографічний список

1. Сайт ДП «Сі-Сі-Ай-Любеля» / [Електронний ресурс].  
– Режим доступу: <http://www.lubelcoal.com>.

Рукопис надійшов до редакції 05.03.2017

### COAL OF THE LUBEL 1-2 COALFIELD OF LVIV-VOLYN BASIN – THE HIGH-QUALITY RAW MATERIAL FOR PRODUCTION OF THE METALLURGICAL COKE

© Humen Yu.M., Alekseychuk U.Y. (SE “SI-SI-AY-Lyubelya”), Drozdnic I.D., PhD in technical sciences, Kaftan Yu.S., PhD in technical sciences, Bidolenko N.B. (SE “UKHIN”)

*The perspectives of development and exploitation of the coals from 1, 2, 3 sections of the Lyubel coalfield in Western Ukraine have been given. The project elaboration for construction of the mine and washery has been described. The quality characteristics and technologic properties of these coals are typical for coking raw materials of high quality HCC «Premium Low Vol» according to the international classification.*

Keywords: coal, coal beds, technological properties, petrographic characteristics, comparative characteristics, characteristics of the mineral components.

УДК 665.765

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕТИЧНОГО ЛАТЕКСУ ЯК РЕАГЕНТУ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЇ ФЛОКУЛЯЦІЇ ВУГІЛЛЯ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ

© \*В.С. Білецький<sup>1</sup>, П.В. Сергєєв<sup>2</sup>

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, Україна

<sup>1</sup>Білецький Володимир Стефанович, докт. техн. наук, проф., зав. каф. обладнання нафтових та газових промислів, e-mail: [biletsk@i.ua](mailto:biletsk@i.ua)

<sup>2</sup>Сергєєв Павло Всеволодович, докт. техн. наук, проф., e-mail: [kafedraongp@i.ua](mailto:kafedraongp@i.ua)

Методом молекулярної ІЧ-спектроскопії виконано дослідження вугілля марок Г, Ж, К, ПС та латексів: полістирольного марки ПС-100; бутадієн-стирольних марок БС-50 та БС-30Ф; бутадієн-метакрилового марки СКД-1С. Встановлено, що факторами, які підвищують ефективність адгезійного зв'язку «вугілля-латекс», є сили хімічної природи. Особливою умовою для агрегаційної активності латексу є наявність в його макромолекулі подвійних зв'язків С=С, що може бути покладено в основу критеріїв підбору латексних реагентів для процесу селективної флокуляції.

Ключові слова: ІЧ-спектроскопія, вугілля, латекс, адгезія, агрегаційна активність латексу.

\*\*\*\*\*

**П**остановка та стан вивчення проблеми Механізація операцій з видобутку вугілля, погіршення гірничо-геологічних умов видобування вугілля на вітчизняних шахтах спричиняють суттєве зниження якості видобутого вугілля, зокрема, збільшення виходу дрібних та тонких класів. За даними [1] у рядовому вугіллі вміст класів менше 1 мм становить близько 20 %. Операції по транспортуванню та збагаченню вугілля є додатковим

\* Автор для листування

джерелом переподрібнювання (шламоутворення). Вихід вторинних шламів тільки в процесі збагачення вугілля може досягнути 8-10 % [2, 3, 4]. В результаті сумарний вихід вугільних шламів на деяких вуглезбагачувальних фабриках складає 25-30 %. За таких умов наявність в технологічній схемі ефективної технології переробки шламів стає вирішальною умовою стабільної та якісної роботи фабрик.

Застосування гравітаційних методів обмежене нижнім рівнем крупності збагачуваного матеріалу: для відсадки – 0,5-1,0 мм; для гвинтової сепарації і важкосередовищних гідроциклонів – 0,1-0,2 мм [5]. Єдиним ефективним методом збагачення дрібнодисперсного вугілля в схемах переробки сировини «до нуля» є флоатація. Хоча не можна не відзначити, що новітні конструкції важкосередовищних гідроциклонів успішно конкурують з флотомашинами, про що свідчить прак-

тика їх застосування в останні роки, зокрема на збагачувальній фабриці «Свято-Варваринська» [6].

Водночас відомо, що ефективність флоатації вугільних шламів суттєво знижується при збільшенні вмісту у вихідному живленні класу -50 мкм [7, 8]. Тонкі вугільні зерна огинають бульбашки повітря, слідуючи лініям току рідини, що обумовлює велику імовірність потрапляння їх у відходи («хвости») [8]. Крім того, надтонкі шламові частинки (розміром до 3 мкм) суттєво впливають на флоатацію більш крупного матеріалу, при цьому спостерігається:

- забруднення пінного продукту дрібними породними фракціями;
- збільшення витрати реагентів;
- зменшення швидкості флоатації;
- погіршення флоатації більш крупних зерен і зниження якості хвостів внаслідок поганої флоатації найтонших зерен.

Таблиця 1

Основні характеристики серійно вироблюваних латексів

Марка латексу	Співвідношення мономерів, %				Емульгатор
	бутадієн	стирол	метилметакрилат	метакрилова кислота	
СКС-50ГПС	50	50	-	-	некаль, натрієва сіль СЖК
СКС-30ШР	70	30	-	-	-«-
СКС-75К	25	75	-	-	-«-
БС-30Ф	70	30	-	-	КМДК*
БСК-65/2ГП	33	65	-	2	некаль
СКС-50ГП	50	50	-	-	-«-
СКД-1С	99	-	-	1	сульфонол
БС-30С	70	30	-	-	-«-
БС-65/3	32	65	-	3	-«-
ДММА-65ГП	34	-	65	1	некаль
СКС-65ГП	35	65	-	-	-«-
СКС-30Д	70	30	-	-	-«-
СКД-1	99	-	-	1	-«-
СКС-С	15	85	-	-	олеїнат калью
БС-50	50	50	-	-	КМДК*
СКС-30УК	70	30	-	-	некаль
БС-85	15	85	-	-	парафінаткалю
СКС-65ГП	35	65	-	-	некаль
СКС-1С	99	-	-	1	-«-
СКС-65ГП	35	65	-	-	-«-
СКС-50И	50	50	-	-	КМДК*

КМДК\* – калієве мило диспропорціонованої каніфолі.

Все це обумовлює необхідність пошуку нетрадиційних методів збагачення вугільних шламів, особливо тонкодисперсних зі значним вмістом класів -50 мкм.

Для підвищення ефективності флоатації тонких класів вугілля застосовують різні спеціальні методи, зокрема флоатацію з носієм [9], попередню селективну

флокуляцію масляними [1, 10] та латексними [4, 11] реагентами. Системний підхід до вибору раціонального складу масляних реагентів на основі продуктів коксохімії викладений нами у попередній роботі [10]. Підбір латексних реагентів у процесі селективної флокуляції тонкодисперсного вугілля перед його флотацією, який тривалий час досліджувався у ДП «УХІН» (Нікітін І. М.) [12], виконувався емпірично.

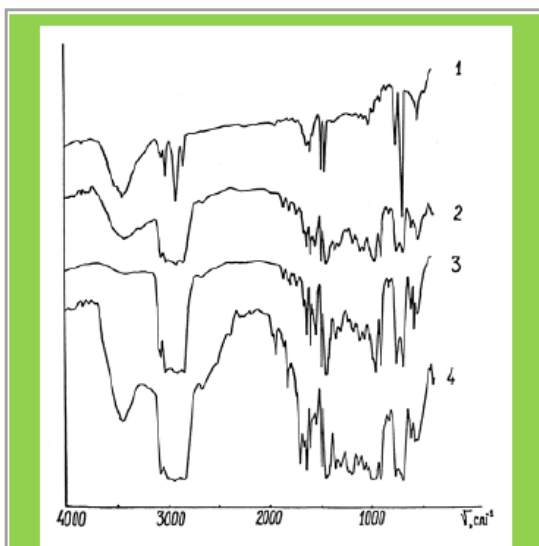


Рис. 1 ІЧ-спектри латексів: 1 – полістирольний марки PS-100; 2, 3 – бутадієн-стирольний відповідно марок BS-50 та BS-30Ф; 4 – бутадієн-метакриловий марки СКД-1С

**Задачі даної роботи** – дослідження латексу, вугілля та вугле-латексних комплексів методом молекулярної ІЧ-спектроскопії з метою встановлення залежності характеру адгезійного зв'язку в міжфазній зоні «вугілля-латекс» від поверхневих властивостей вугілля та латексу, і на цій основі формування рекомендацій щодо системного підбору найбільш ефективних латексних реагентів для селективної флокуляції вугілля різних стадій вуглефікації.

**Метод дослідження** – молекулярна ІЧ-спектроскопія латексу, вугілля та вугле-латексних комплексів. При цьому для одержання ІЧ-спектрів латексу застосовувався прийом «роздавненої краплі» проби латексу між двома прозорими шайбами з КВг. Для одержання ІЧ-спектрів вугілля та вугле-латексних комплексів виготовлялися таблетки в КВг подрібненої у лабораторній вібродробарці твердої фази проб вугілля і

флокуляційних комплексів. Співвідношення «КВг : тверда фаза проби» дорівнювало 700:2.

#### Досліджувані об'єкти:

- вугілля марок Г, Ж, К, ПС;
- латекси: полістирольний марки PS-100; бутадієн-стирольний марок BS-50 та BS-30Ф; бутадієн-метакриловий марки СКД-1С.

**Виклад основного матеріалу** Теоретичний аналіз та практичні дослідження доводять, що найбільш прийнятними для селективної флокуляції вугілля є латекси з бутадієновою, стиrolною та бутадієн-стирольною основою [4, 10, 12]. В табл. 1 наведені деякі властивості синтетичних латексів, що серійно виготовляються.

На рис. 1 наведені отримані нами ІЧ-спектри вказаних латексів. В ІЧ-спектрах бутадієн-стирольних латексів BS-30Ф і BS-50 наявність характеристичних піків і смуг поглинання великої та середньої інтенсивності при 3070; 3020-2850; 1640; 1500; 970; 910; 770; 580; 540  $\text{cm}^{-1}$  свідчить про валентні та деформаційні коливання елементів структурного ланцюга макромолекули латексу [13-16]. Слабкі та середні піки поглинання при 2680; 1870; 1820-1800; 1750; 1350; 1240; 1180; 1150; 1120; 1070; 1030; 840  $\text{cm}^{-1}$  відносяться до деформаційних коливань груп C=O, CH<sub>2</sub>=CH-O-, C-O, C-OH у сполуках, які мабуть входять до складу емульгатора латексу [13-16]. Пік при 1550  $\text{cm}^{-1}$  може за даними [17] відповідати асиметричним валентним коливанням груп -COO' емульгатора або коливанням ароматичного кільця в стиrolі. Пік при 1310  $\text{cm}^{-1}$  відповідає або деформаційним коливанням в групах CH=CH латексу, або валентним коливанням груп C-O в сполуках емульгатора [18]. Широка смуга біля 3500-3300  $\text{cm}^{-1}$  обумовлена валентними коливаннями OH-груп і вказує на наявність в дослідному зразку залишкової вологи [18].

У спектрах полістирольного латексу наявність характеристичних смуг і піків поглинання великої та середньої інтенсивності при 3070; 3020-2850  $\text{cm}^{-1}$  відповідає валентним коливанням C-H в групі CH<sub>2</sub> вуглеводневого радикалу. Піки та смуги при 1600; 1500; 1550; 770; 700  $\text{cm}^{-1}$  відповідають коливанням складових бензольних ядер полістиролу. Піки поглинання при 1640, 970 і 910  $\text{cm}^{-1}$ , що відповідають валентним (1640  $\text{cm}^{-1}$ ) і позаплощинним деформаційним (970, 910  $\text{cm}^{-1}$ ) коливанням C-H у групах CH=CH, можна пояснити наявністю в латексі незначної кількості незаполімеризованого стиrolу. Піки при 1030 і 840  $\text{cm}^{-1}$  відповідають коливанням груп C=O, CH<sub>2</sub>=CH-O-, C-O, -C-OH, що входять до складу емульгатора.

Зупинимось тепер на характеристиці досліджуваного вугілля (табл. 2). ІЧ-спектри вугілля подано на рис. 2.

Таблиця 2

## Характеристика зразків вугілля

Басейн	Марка	Технічний аналіз					Елементний аналіз, % на <i>daf</i>			$S_p$ , м <sup>2</sup> /г
		$P^a$ , %	$A^d$ , %	$S_t^d$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_{D,2}^{daf}$ , кДж/кг	С	Н	N	
Донецький	Г	1,7	6,1	2,6	35,7	34433	82,3	5,4	1,49	1,55
	Ж	0,8	5,9	3,1	29,7	36023	85,8	5,3	1,57	2,27
	К	0,5	8,0	3,2	21,0	36320	87,6	4,8	1,55	2,88
	ПС	0,7	6,5	3,3	19,7	36002	88,7	4,7	1,49	2,81
Кузнецький	Г	1,1	12,0	0,4	29,0	35806	86,3	5,1	2,27	2,70
	К	1,1	7,4	0,5	19,7	36253	87,4	4,6	1,67	2,18

Аналізуючи дані рис. 2 можна відзначити 10-12 смуг поглинання, загальних для спектрограм всіх марок досліджуваного вугілля. Слабкий пік поглинання в області  $3450\text{ см}^{-1}$ , відзначений для вугілля марки Г та Ж і відсутній у вугіллі марок К та ПС, вказує на наявність фенольних гідроксилів та аміногруп [13-16]. Присутність цих груп у вугіллі є передумовою виникнення водневих зв'язків. Найважча у спектрах всіх проб смуга поглинання в області  $1030-1050\text{ см}^{-1}$  пов'язана з деформаційними коливаннями груп ОН у вторинних та третинних спиртах і фенолах. Найбільш інтенсивна вона у газовому вугіллі і менш виражена у вугіллі марки ПС.

Для всіх досліджуваних зразків характерна наявність значних піків поглинання в області  $1610-1620\text{ см}^{-1}$ , що відповідають валентним коливанням ароматичних С=C зв'язків та подвійних вуглець-кисневих зв'язків при ароматичних ядрах. Піки поглинання в області  $700-900\text{ см}^{-1}$  відповідають конденсованим ароматичним структурам.

Таким чином, проведений спектральний аналіз підтверджує наявність у досліджених пробах вугілля конденсованих ароматичних сполук, які мають у бокових вуглецевих ланцюгах різноманітні активні функціональні групи – гідроксильні аліфатичні (спирти), гідроксильні фенольні, аміногрупи і т.п. За даними хімічного (баритового) методу визначення кисневих функціональних груп (див. табл. 2.). Їх вміст знижується в ряді вугілля Г-Ж-К-ПС.

Відповідно до [17] мономерами бутадієнового латексу СКД-1С є бутадієн-1,3 і метакрилова кислота. В ІЧ-спектрі цього латексу пік  $3077\text{ см}^{-1}$  відповідає валентним коливанням С-Н в групі  $\text{CH}_2=\text{CH}$ , смуга  $3020-2850\text{ см}^{-1}$  – симетричним і асиметричним валентним коливанням груп  $\text{CH}_2$ , пік при  $1640\text{ см}^{-1}$  – валентним коливанням С=C в групах  $\text{CH}_2=\text{CH}$ , смуга  $1480-1470\text{ см}^{-1}$  – деформаційним коливанням СН і  $\text{CH}_2$  в групі  $\text{CH}_2=\text{CH}$ , пік при  $1355\text{ см}^{-1}$  – деформаційним коливанням СН в групі транс- $\text{CH}=\text{CH}$ , пік при  $1311\text{ см}^{-1}$  – деформаційним коливанням СН в групі цис- $\text{CH}=\text{CH}$ , пік при  $1235\text{ см}^{-1}$  важко ідентифікувати, але він є в спектрах усіх полібутадієнів. Піки та смуги в інтервалах  $1000-960$ ;  $910$ ;  $775-$

$740\text{ см}^{-1}$  також відносяться до структурних фрагментів бутадієну.

Піки та смуги при  $1870$ ;  $1820$ ;  $1750$ ;  $1670$ ;  $1180$ ;  $1150$ ;  $1070$ ;  $1050-1030\text{ см}^{-1}$ , що відповідають валентним та деформаційним коливанням С=О, вказують на наявність в структурі макромолекули латексу СКД-1С метакрилової кислоти. Піки та смуги при  $1600$ ;  $1590$ ;  $1550$ ;  $775\text{ см}^{-1}$  можна віднести на рахунок ароматичних складових (алкілбензолсульфонату і толуолсульфонату натрію та ін.).

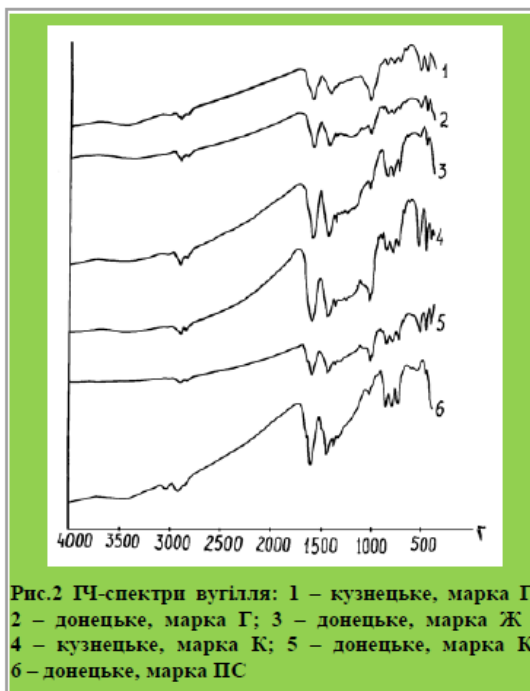


Рис.2 ІЧ-спектри вугілля: 1 – кузнецьке, марка Г; 2 – донецьке, марка Г; 3 – донецьке, марка Ж; 4 – кузнецьке, марка К; 5 – донецьке, марка К; 6 – донецьке, марка ПС

Умовами виникнення між вугіллям і латексом Н-зв'язків є наявність в обох фазах полярних функціона-

льних груп, які мають електронегативні атоми типу  $A$  (C, O, N, S). Вони зв'язуються з протонами водню у вигляді комплекс-донорів  $RA-H$ , а також акцепторів типу  $BR'$ , де  $B$  – також електронегативні атоми, а  $R, R'$  – вуглеводневі радикали. Напевно, у формуванні міжмолекулярних водневих зв'язків типу  $RA-H...BR'$  беруть участь, з одного боку, карбоксильні групи полімерного ланцюга або емульгатора латексу, і з іншого боку – кисень-вмісні функціональні групи вугілля. При цьому механізм формування  $H$ -зв'язків між іонами емульгатора (типу солей синтетичних жирних кислот (СЖК) та диспропорційної каніфолі) і вугільною поверхнею можна уявити, як це наведено на рис 3.

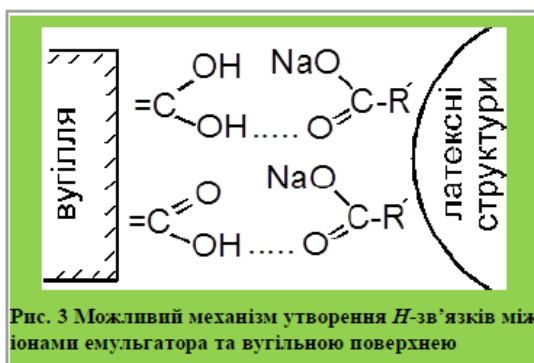


Рис. 3 Можливий механізм утворення  $H$ -зв'язків між іонами емульгатора та вугільною поверхнею

Очевидно, механізм виникнення  $H$ -зв'язків з вугільною поверхнею за рахунок власних карбоксильних груп полімерного ланцюга аналогічний наведеному. Кількість  $H$ -зв'язків визначається не тільки концентрацією полярних груп, але і ступінню їх дисоціації. Максимальна кількість цих зв'язків виникає при відсутності дисоціації функціональних груп типу  $RA-H$  (донорів протонів водню) і, навпаки, повній дисоціації молекул типу  $BR'$  (акцепторів). Міцність одиничного  $H$ -зв'язку визначається протонно-донорною здатністю комплексу  $RA-H$  і протонно-акцепторною – в комплексі  $BR'$ , які залежать від електричного дипольного моменту цих структур. Чим полярніша молекула, тим більша міцність  $H$ -зв'язків. Сумарна міцність  $H$ -зв'язків визначається природою полярних груп, їх концентрацією і ступенем дисоціації у водному середовищі.

Як зазначалося, значну частку в об'ємі вироблюваних синтетичних латексів складають бутадієнові, бутадієн-стирольні, бутадієн-метил-вініл-піридинові латекси. Наявність в полімерному ланцюгу латексу бутадієнового фрагменту  $-CH=CH-$  з подвійним зв'язком обумовлює принципову можливість взаємодії глобул з вугільною поверхнею по місцю цього зв'язку. При цьому імовірно є прояв сил переносу заряду. Крім того, не виключена можливість розриву подвійного  $C=C$ -

зв'язку і реалізація хімічного зв'язку "вугілля-латекс" за механізмом реакції приєднання.

Ненасиченість  $C-C$ -зв'язків в аліфатичних і ароматичних сполуках сприяє виникненню в зоні контакту "вугілля-латекс" хімічних  $\pi$ -зв'язків, а наявність полярних груп – виникненню полярних ковалентних хімічних зв'язків по донорно-акцепторному механізму. Очевидно, латекси з рівномірним розподілом електронної щільності між вуглецевими атомами полімерного ланцюгу і які не вміщують також полярних функціональних груп мають знижену флокуляційну здатність до вугілля. Цей висновок добре узгоджується з правилом Дебройна-Гувінка, згідно якому міцність адгезійного контакту тим вища, чим менша різниця в полярності адгезиву і субстрату.

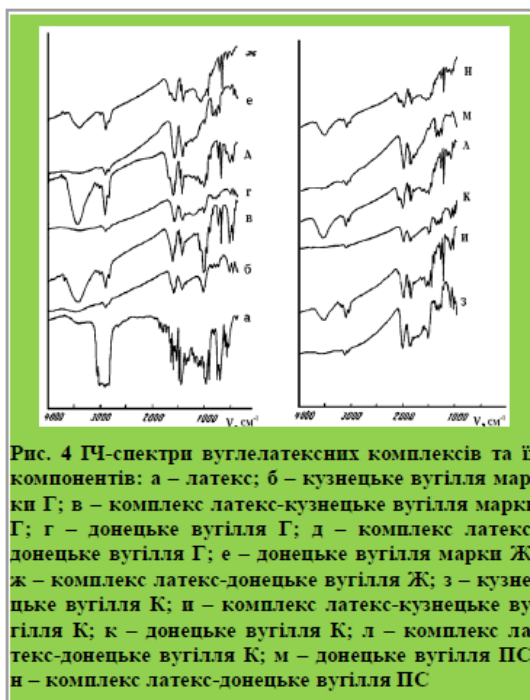


Рис. 4 ІЧ-спектри вуглелатексних комплексів та їх компонентів: а – латекс; б – кузнецьке вугілля марки Г; в – комплекс латекс-кузнецьке вугілля марки Г; г – донецьке вугілля Г; д – комплекс латекс-донецьке вугілля Г; е – донецьке вугілля марки Ж; ж – комплекс латекс-донецьке вугілля Ж; з – кузнецьке вугілля К; и – комплекс латекс-кузнецьке вугілля К; к – донецьке вугілля К; л – комплекс латекс-донецьке вугілля К; м – донецьке вугілля ПС; н – комплекс латекс-донецьке вугілля ПС

З метою дослідження особливостей формування адгезійних зв'язків "вугілля-латекс" нами проведені дослідження вуглелатексних комплексів методом ІЧ-спектроскопії. В якості флокулянту в цій серії випробувань використовували латекс БС-30Ф зі співвідношенням вихідних мономерів бутадієн/стирол = 70/30 та з емульгатором – натрієвими і калієвими милами СЖК і диспропорційної каніфолі. По даним [4] цей латекс має найкращі технологічні показники при селективній флокуляції вугілля. Об'єктами досліджень були вже згадані

марки донецького та кузнецького вугілля. Одержані спектри вугілля, латексів та їх комплексів наведені на рис. 4.

Характер змін в спектрі адгезійного комплексу вугілля марки Г з латексом (рис. 4, а-г) дозволяє припускати, що при контакті вугілля з латексом має місце їх взаємодія по місцю подвійного зв'язку С=C. Про це свідчать зміни інтенсивності піків поглинання при 3070; 355; 310; 967 і 910  $\text{см}^{-1}$ , що відносяться до валентних і деформаційних коливань СН-груп у фрагментах  $-\text{CH}=\text{CH}-$  [15]. Але що більш наявне, пік при 1640  $\text{см}^{-1}$ , який має місце в спектрі латексу (валентні коливання зв'язків С=C в структурі  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ) зміщується до 1620  $\text{см}^{-1}$  в спектрах вуглелатексних комплексів. Останнє вказує на прояв сил переносу заряду, тобто у міжфазній зоні фрагменти  $-\text{CH}=\text{CH}-$  беруть участь в утворенні комплексів зарядів [13].

Зникнення піків при 1870; 1820; 1800 і 1750  $\text{см}^{-1}$ , обумовлених валентними коливаннями груп С=О, може бути пов'язане з взаємодією емульгатора і кисеньвмісних функціональних груп на вугільній поверхні. При цьому можливе утворення Н-зв'язків між вказаними групами, внаслідок чого зменшуються частоти коливань груп С=О і вони "переховуються" під інтенсивним поглинанням вугілля. Аналогічно, можна пояснити зникнення піків при 1550; 1350; 1310 і 1070  $\text{см}^{-1}$ , які присутні у спектрі латексу.

Характер змін в спектрах вугілля марки К Донецького і Кузнецького басейнів, донецького вугілля марок Ж і ПС з латексом (див. рис. 4) відповідає змінам в спектрах вугілля марки Г. При цьому специфічні взаємодії "вугілля-латекс" для марки Ж виявляються менш яскраво, ніж для інших.

#### Висновок

1. Спектральні дослідження підтверджують, що факторами, які підвищують ефективність адгезійного зв'язку "вугілля-латекс", є сили хімічної природи.

2. Особливою умовою для агрегаційної ефективності латексу, яка виявлена нами методом ІЧ-спектроскопії, є наявність в макромолекулі латексу подвійних зв'язків С=C, що може бути покладено в основу критеріїв підбору латексних реагентів для процесу селективної флокуляції.

#### Бібліографічний список

1. Жовтюк Г.В. Прогрессивная техника и технология углеобогащения / Г.В. Жовтюк, Ф.Ф. Золотко, А.М. Коткин. – Киев: Техніка, 1988. – 128 с.
2. Справочник по обогащению углей. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
3. Сергеев П.В. Селективная флокуляция угля / П.В. Сергеев, В.С. Білецький. – Донецьк: ДонДТУ, УК-Центр, Східний видавничий дім, 1999. – 136 с.

4. Нікітін І.М. Селективна флокуляція вугільних іламів латексами / І.М. Нікітін, П.В. Сергеев, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім. – 2001. – 152 с.

5. Смирнов В.О. Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – 300 с.

6. Василенко Сергей. Обогащительная фабрика «Свято-Варваринская» ПрАО «ДМЗ» – лидер по обогащению угля // Инвест-Украина. – 2012. – С. 5 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.investukr.com.ua/get-news/1019/>

7. Froth Flotation: A Century of Innovation, by Maurice C. Fuerstenau et al. 2007, SME, 891 pp. ISBN 978-0873352529.

8. Смирнов В.О. Флотаційні методи збагачення корисних копалин / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, НТШ-Донецьк, 2010. – 496 с.

9. Білецький В.С. Флотація з носіями як спосіб інтенсифікації збагачення тонкого вугілля / В.С. Білецький, В.О. Смирнов // Збагачення корисних копалин. – 2013. – Вип. 53 (94). – С. 127-130.

10. Білецький В.С. Продукти коксохімії як реагенти для флотації, селективної флокуляції та агломерації вугілля / В.С. Білецький, П.В. Сергеев // УглеХимический журнал. – 2015. – № 5-6. – С. 12-18.

11. Сергеев П.В. Селективна флокуляція вугільних іламів органічними реагентами / П.В. Сергеев, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, Редакція гірничої енциклопедії, 2010. – 240 с.

12. Никитин И.Н. Флокуляционно-флотационный способ обогащения угольных иламов / И.Н. Никитин // Уголь. – 1992. – № 3. – С. 49-51.

13. Казыцина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии / Л.А. Казыцина, Н.Б. Куплетская. – М.: МГУ, 1968. – 292 с.

14. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 590 с.

15. ИК-спектроскопия полимеров. – М.: Химия, 1976. – 471 с.

16. ИК и ЯМР-спектроскопия полимеров (справочник). Т. 3. – Киев: Наукова думка, 1985. – 590 с.

17. Литтл Л. ИК-спектры адсорбированных молекул / Л. Литтл. – М.: Мир, 1969. – 250 с.

18. Білецький В.С. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля / В.С. Білецький, П.В. Сергеев, Ю.Л. Папушин. – Донецьк: Грань, 1996. – 264 с.

Рукопис надійшов до редакції 22.12.2016



THE IR-SPECTROSCOPY RESEARCH OF SYNTHETIC LATEX AS THE REAGENT FOR THE SELECTIVE FLOCCULATION COAL

© Biletsky V.S., Doctor of Technical Sciences, Sergeev P.V., Doctor of Technical Sciences (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

*The method of molecular infrared spectroscopy has been used to study of coal of different stages of the metamorphism and latex: polystyrene, styrene-butadienestyrene, butadiene-methacrylic.*

*It was found that the factors that increase the effectiveness of the adhesion bond "coal-latex", are the forces of a chemical nature.*

*A special condition for the aggregation activity of latex is the presence of double bonds  $C = C$  in the latex macromolecule. This fact can be used as a basis for the selection criteria for latex reagents for the process of selective flocculation.*

Keywords: infrared spectroscopy, coal, latex, adhesion, latex aggregation activity.

УДК 502.3:504:5:662.6/75

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОЦЕС ОДЕРЖАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА З ВИСОКОСІРЧИСТОГО НИЗЬКОМЕТАМОРФІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ

© М.Є. Швед<sup>1</sup>, С.В. Пиш'єв<sup>2</sup>, Ю.В. Присяжний<sup>3</sup>

Національний університет «Львівська політехніка», 79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, Україна

<sup>1</sup> Швед Марія Євгенівна, аспірант кафедри хімічної технології переробки нафти та газу (ХТНГ), e-mail: [mari4ka.ved@ukr.net](mailto:mari4ka.ved@ukr.net)

<sup>2</sup> Пиш'єв Сергій Вікторович, докт. техн. наук, професор, професор каф. ХТНГ

<sup>3</sup> Присяжний Юрій Володимирович, канд. техн. наук, асистент каф. ХТНГ

*Запропоновано здійснювати знесірчування низькометаморфізованого вугілля з метою одержання сировини для виробництва пиловугільного палива. Проведено вивчення впливу температури на ступені вилучення сірки та глибини перетворення органічної маси вугілля, від яких залежать, відповідно, вміст сірки, з одного боку, та зольність і вихід летких речовин із знесірченого вугілля, з іншого. Знайдено оптимальні межі температур, за яких рекомендується здійснювати досліджуваний процес.*

Ключові слова: пиловугільне паливо, оксидційне знесірчення, органічна маса вугілля, сірка, температура.

\*\*\*\*\*

**Вступ**

Відомо, що для покращення техніко-економічних показників металургійної галузі доцільно використовувати пиловугільне паливо (ПВП). Це дозволить суттєво зменшити витрати імпортованого природного газу та коксу, і тим самим суттєво здешевити процес одержання сталі [1].

Враховуючи особливості технології використання пиловугільного палива у доменному виробництві, сформульовано досить жорсткі вимоги до сировини для його одержання (табл. 1).

Балансові запаси українського вугілля є доволі значними і становлять приблизно 33873 млн. т, що складає 3,8 % від світових запасів [3]. Аналіз вимог до СВПВП дає змогу стверджувати, що сировинна база, з якої можна одержувати ПВП, є доволі обмеженою. Цілком логічно, що для отримання сировини для ПВП не застосовують коксівне вугілля. Високометаморфізоване вугілля, першочергово антрацит, доволі успішно знаходить застосування у енергетиці. Запаси низькометаморфізованого вугілля, які можна використовувати для одержання СВПВП, марок дов-

\* Автор для листування