

УДК 622.765.063.24

ПОЛІГОННІ І ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СЕЛЕКТИВНОЇ ФЛОКУЛЯЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ

Сергєєв П.В., канд. тех. наук, доц.,
Білецький В.С., докт. тех. наук, проф.
Донецький національний технічний університет

Наведено аналіз полігонних та промислових випробувань технологій селективної флокуляції вугілля органічними реагентами

The analysis of field and industrial tests of technologies of selective flocculation of coals by organic reagents is resulted

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.

Збагачення тонко дисперсного вугілля є актуальною проблемою сучасного вуглезбагачення. Використання традиційних технологій переробки цих продуктів не завжди забезпечує одержання якісних концентратів та високозольних відходів. Гравітаційні методи збагачення мають відоме обмеження застосування за нижнім рівнем крупності збагачуваного матеріалу: для відсадки 0,5-1,0 мм, для гвинтової сепарації і важкосередовищних гідроциклонів 0,1-0,2 мм [1]. Ефективність флотаційного розділення вугільних шламів суттєво знижується при збільшенні вмісту у вихідному живленні класу – 50 мкм [2]. Все це обумовлює необхідність пошуку нетрадиційних методів збагачення вугільних шламів, особливо тонкодисперсних зі значним вмістом класів -50 мкм.

Аналіз досліджень і публікацій. У 1970-1980 рр. рядом вітчизняних та зарубіжних шкіл (Німеччини, Великобританії, США, Канади, Японії, Росії) проведено комплекс досліджень технології „попередня селективна флокуляція – флотація” вугільних шламів. Деякі різновиди розроблених і апробованих процесів “Конвертоль” [3,4], “Оліфлок” [3,5], NRCC [6,7], CFRI-процес з використанням флотаційної машини як апарату масляної флокуляції мають відносно невеликі витрати зв'язуючої речовини (до 5%) і за своїми ознаками можуть вважатися прототипами селективної масляної флокуляції. Зокрема Центральним дослідним інститутом палив Індії (Central Fuel Research Institute) [8] розроблено процес “масляна агломерація”, процес “Aglofloat” [109] був спрямований на знесірчення суббітумінозного

вугілля копалень штату Монтана, у Англії розроблено процес „масляна флотація” [9], у Інституті збагачення твердого палива (ИОТТ, м.Люберці, Росія) було розроблено технологічний процес „МОГИФЛОК” [10], на Губахінському коксохімзаводі апробована технологія омаслення вугільного шламу у суспензії з наступним його центрифугуванням [11]. Вітчизняні розробки аналогічної технології велися у Донецькому політехнічному інституті .

У інституті УВХІн (м. Харків) було запропоновано і досліджено процес селективної флокуляції вугілля синтетичними латексами, виконана його апробація на вуглезбагачувальних фабриках Мінчормету України [12].

Водночас гостро стояло питання апробації технології масляної флокуляції на вуглефабриках Донбасу і розширення області застосування технології УВХІн на енергетичне вугілля, а також використання технології масляної флокуляції у суміщених процесах „гідротранспорт-селективна флокуляція”.

Метою нашої роботи є визначення раціональних режимних параметрів процесів селективної флокуляції вугільних шламів в умовах збагачувальних фабрик Донбасу та раціональних режимів суміщеного процесу „гідротранспорт-селективна флокуляція”.

Виклад матеріалу та результати.

1. Промислові випробовування технології селективної масляної флокуляції вугільних шламів на ЦЗФ „Росія”.

Технологія збагачення енергетичного вугілля на фабриці передбачає присадку зневодненого високозольного вугільного шламу до відсіву. Це, в свою чергу, призводить до значного підвищення зольності відсіву, що погіршує якість енергетичного палива. Обробка високозольних шламів масляною селекцією дозволяє суттєво знизити зольність продукту, що додається до відсіву, а також виділити зі шламу кондиційні відходи зольністю 75-80%. Ці відходи придатні після їх зневоднення для складування в загальному породному відвалі фабрики. Для проведення промислової апробації було розроблено установку селективної флокуляції, що включала три спеціально сконструйовані апарати. Апарат являє собою циліндричну ємкість діаметром 1,3 м, що має дно у формі усіченого конусу невеликої висоти. Об'єм апарату – 2,3 м³, загальна висота – 1,5 м. В середині апарату розміщено консольний вал, який, в свою чергу, закріплено в обоймі підшипників на верхній кришці апарату. На валу встановлено три імелера турбіного типу змінного діаметру. Вал одержує обертання

від електродвигуна ($P= 55\text{кВт}$) завдяки ремінній передачі. Середня окружна швидкість обертання імпелерів – біля 20 м/с .

Технологічний комплекс по збагаченню та зневодненню вугільних шламів масляною селекцією представлено на рис.1.

Шламові води фабрики надходять у радіальний згущувач 1, де протікає процес прояснення водної фази і згущення осаду без добавки флокулянту. Прояснена вода є оборотною. Осад насосом 2 направ-

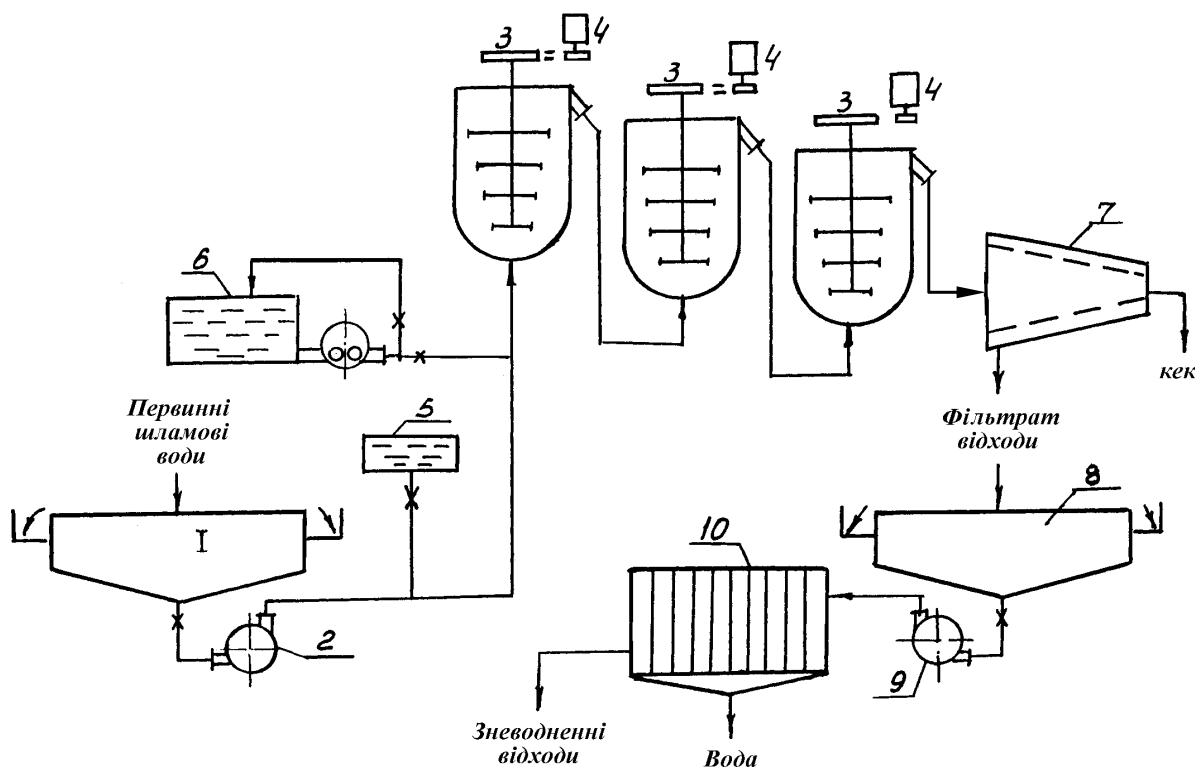


Рис.1. Промислова установка збагачення енергетичних шламів селективною флокуляцією на ЦЗФ „Росія“:

1,8 - радіальний згущувач; 2, 9 - шламовий насос; 3- апарат флокуляції; 4 - привод; 5 – збірник регулятора середовища; 6 - збірник флокулянту; 7 – відсаджувальна центрифуга; 10 - прес-фільтр.

лявся на селективну флокуляцію. У вихідну пульпу вводились за допомогою насосів-дозаторів регулятор середовища (ємкість 5) та флокулянт (ємкість 6). Завантаження апаратів-агітаторів пульпи проводилося знизу. Крутильний момент на валу 3 передавався від індивідуальних енергоприводів 4 реміною передачею.

Продукт масляної флокуляції збезводнювався на центрифугі 7. Концентрат (кек) змішувався з відсівом, а відходи (фугат) подавалися в радіальний згущувач 8. Згущені відходи насосом 9 подавали для остаточного обезводнення на блок фільтр-пресів 10. При цьому прояснення відходів (фугату) здійснювалося без застосування флоку-

лянтів, бо вони мають достатню коагуляційну здатність. Обезводненні на фільтр-пресі відходи вивозилися у відвал.

Дослідно-промислові випробування здійснювалися в такому режимі: продуктивність по твердому 30-40 т/год, по пульпі - до 100 м³/год, швидкість імпелерів - до 20 м/с, вміст твердого в пульпі - 300-400 г/л, зольність вихідного продукту - 43-55%, витрати флокулянту (масло обмаслювання шихти) 1-1,5 мас.%, витрати лугу (NaOH) 0,01-0,02 мас.%.

Аналіз результатів випробування показує високу ефективність процесу селективної флокуляції маслами. Було одержано осад центрифуги зольністю 18-23%, відходи (тверда фаза фугату) зольністю до 75-76%. Важливою особливістю випробуваної схеми є те, що відсажувальна центрифуга виступає не тільки як зневоднювальний, але й як збагачувальний апарат, що забезпечує селективне розділення флокульованого продукту і породи.

2. Промислові випробування технології селективної масляної флокуляції вугільних шламів у цеху вуглепідготовки УПЦ-1 Авдіївського коксохімзаводу.

Технологію селективної флокуляції маслами застосовано при переробці некондиційних відходів флотації вуглефабрики. Установа для реалізації процесу (рис.2) створена на базі флотомашини МФУ-50. Перша камера машини була переобладнана на мішалку з двома імпелерами - верхній чотирилопатевий хрестоподібний, нижній - стандартний імпелер флотомашини

Вихідний продукт (відходи флотації) подавали за допомогою насосу, підключеного до хвостової кишені сусідньої флотомашини. Масляний флокулянт (масло обмаслювання шихти) подавали на всас насосу. Продукт перемішування самопливом переходив у другу камеру флотомашини. Ця камера (камера розділення) була обладнана стандартним блок-імпелером зі зменшеною вдвічі частотою обертання.

Основні параметри установки: продуктивність по пульпі 150м³/год; по твердому - 6 т/год; витрати зв'язуючого 0,5-1,0 мас.%; частота обертання валу турбулізатора 750 хв⁻¹; імпелера камери розділення - 500 хв⁻¹; рН=9; тривалість селекції у турбулізаторі - біля 1-1,5 хв. При зольності вихідного живлення 65-70% зольність і вихід концентрату відповідно складали 14-15% і 12-21%. Зольність відходів процесу селективної флокуляції - 78-80%. Концентрат масляної флокуляції обезводнювали спільно з концентратом флотації на дискових вакуум-фільтрах і присаджували до шихти, яка йшла на коксування.

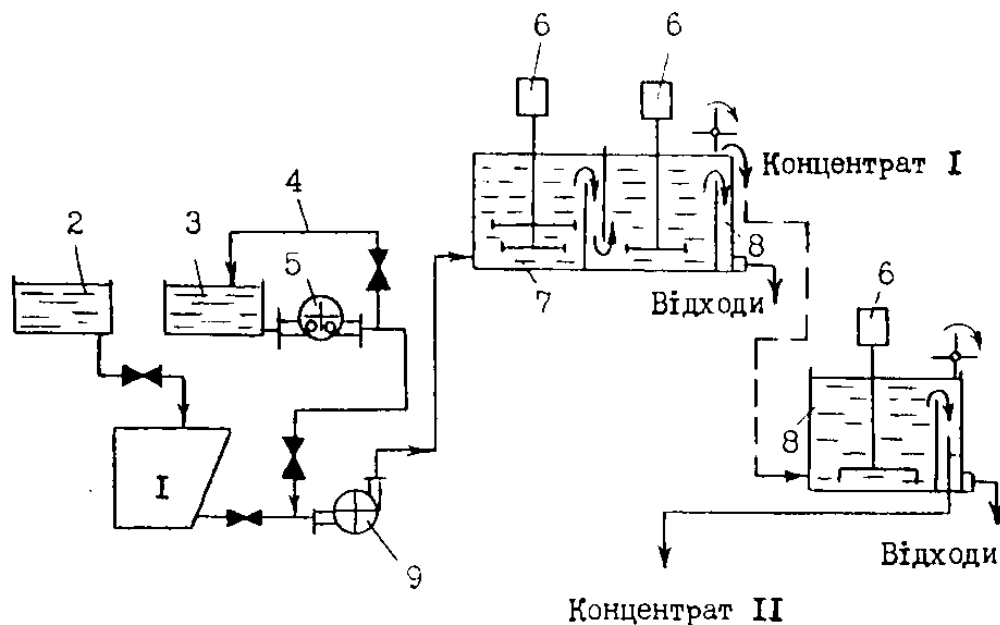


Рис.2 Схема промислової установки масляної флокуляції вугілля з відходів флотації на вуглефабриці Авдіївського КХЗ:

1 - збірник флотовідходів; 2 - ємкість для рН-регулятора; 3 - ємкість для реагента-зв'язуючого; 4 - байпас; 5 - насос подачі реагенту; 6 - приводи; 7 - камера флокуляції; 8 - камери видалення вуглемаєляних агрегатів з суспензії; 9 - шламний насос.

Окремі дослідження показали, що технологічні властивості концентрату масляної флокуляції як сировини для коксування, в цілому не гірші, ніж у флотоконцентрату.

3. Полігонні випробування суміщеного процесу „гідротранспорт-селективна флокуляція” на дослідному полігоні НВО „Хаймек”.

На полігонній установці АТЗТ „НВО „Хаймек” (м. Донецьк) проведено випробування сумісної технології „масляна флокуляція – гідротранспорт вугілля. Технологія передбачає обробку попередньо збагачених гравітаційними методами шламів масляним флокулянтном з наступним гідравлічним транспортуванням гідросуміші до вуглепідготовчого цеху коксохімічного заводу.

Об'єктом досліджень були вугільні шлами мулонакопичувача Ясинівського КХЗ, збагачені на гвинтових сепараторах до зольності $A_{шл}^d = 25 \%$. Крупність шламу 0-3 мм (вміст класу -100 мкм складав 30 %). В якості флокулянта використовували суміш продуктів коксохімічного виробництва (Авдіївського КХЗ) такого складу: вбирне ма-

сло (33 %), друга антраценова фракція (54 %) і пековий дистиллят (13 %).

Селективна флокуляція шламів маслом здійснювалася на установці з імпелерною мішалкою продуктивністю до 3 т/год. Гідравлічне транспортування обробленої маслом гідросуміші відбувалося за допомогою установки напірного гідротранспорту з трубопроводом $\varnothing 104$ мм і відцентровим насосом продуктивністю $60 \text{ м}^3 / \text{год}$. Зневоднення шламів після гідротранспорту виконувалося на центрифугі НОГШ-325 з числом Фруда $Fr = 2000$. Режимні параметри гідротранспорту відповідали промисловим: швидкість суспензії $v = (1,05-1,1) v_{кр}$. Температура суспензії при гідротранспортуванні $15 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Флокуляція проводилася при витратах масляного реагента 1 % (мас.) на суху масу шламу, частота обертання імпелера мішалки – 32 с^{-1} , тривалість агітації – 2 хв., температура гідросуміші – $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $pH = 7$.

Таблиця 1- Порівнювальна характеристика схем гідротранспортування вугільних шламів

Технологічні характеристики	Схема з масляною флокуляцією	Схема без флокуляції
1. <u>Селективна флокуляція шламу:</u> - витрати масляного флокулянта, % - температура гідросуміші, $^\circ\text{C}$ - додаткове обладнання	1,0 20 імпелерний змішувач	- 20 не має
2. <u>Гідротранспорт шламу:</u> - масова концентрація гідросуміші, % - відносні гідравлічні втрати напору у трубопроводі (при $v_c = 1,1v_{кр}$) - дальність транспортування, км	50 0,85 10	50 1,0 10
3. <u>Зневоднення та обеззолення шламу:</u> - вологість осаду центрифуги, % - вихід осаду, % - зольність осаду, % - зольність відходів (фугату), %	18,0 76,9 8,5 80,0	32,0 53,6 12,0 40,0

Випробування здійснювалися за такою схемою: селективна флокуляція шламу на головній станції – гідротранспорт продукту флокуляції – зневоднення та обеззолення на відсаджувальній центрифугі. Дальність гідравлічного транспортування шламів складала 10 км.

Аналогічні випробування здійснювалися без попередньої обробки шламу масляним флокулянтном. При цьому режимні параметри гідротранспорту і зневоднення відповідали вище наведеним. Узагальнені результати випробувань наведено в таблиці 7.1. Як видно, технологія „масляна флокуляція – гідротранспорт вугілля” дозволяє: суттєво (майже в 2 рази) зменшити вологість осаду центрифуг; знизити практично до кондиційних норм зольність осаду центрифуг (з 12 до 8,5 %); до мінімуму зменшити втрати тонкодисперсного вугілля з фугатом центрифуг і забезпечити зольність твердої фази фугату на рівні 80 %.

4. *Промислові випробування технології селективної латексної флокуляції вугільних шламів на ЦЗФ „Чумаківська”.*

В умовах ЦЗФ “Чумаківська” спільно з інститутом УВХІН (м. Харків) здійснена дослідно-промислова апробація технології селективної флокуляції вугілля латексами. За першим варіантом латексний флокулянт БС-30Ф дозували у збірник насоса, що подавав суспензію шламу на флотацію. Це забезпечувало потрібну інтенсивність перемішування та тривалість флокуляції (30-40 с). Результати випробувань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Результати апробації технології селективної флокуляції латексом в умовах ЦЗФ “Чумаківська”

Зольність шламу, %	Витрати реагентів, г/т			Концентрат		Відходи		$\Delta\gamma_k$, %
	збирача (ААР)	спінювача (оксаль)	латексу (БС-30Ф)	γ , %	A^d , %	γ , %	A^d , %	
21,8	3500	40	-	81,9	9,5	18,1	77,9	-
23,8	3500	40	100	82,6	11,0	17,4	80,9	+0,7
21,6	3500	40	100	84,9	11,3	15,1	79,3	+3,0
21,0	3500	40	-	77,6	7,5	22,4	67,7	-
21,0	3500	40	50	81,0	9,3	19,0	71,3	+3,4

З наведених даних видно, що при витратах латексу 50-100 г/т шламу вихід флотоконцентрату зростає в середньому на 2%, а золь-

ність відходів – на 1,4-3,7% в залежності від вихідної сировини. При цьому спостерігається деяке підвищення зольності концентрату. Крім того, можна відзначити підвищення швидкості флотації в середньому на 25-30%. Якщо при звичайній флотації виділення пінного продукту здійснюється з усіх шести камер флотомашини, то при флокуляційно-флотаційному способі збагачення процес завершується в четвертій камері.

Другий варіант технології являв собою флокуляційно-гравітаційний спосіб збагачення дрібного вугілля спільно з крупнозернистим шламом у відсаджувальній машині. Подача флокулянта здійснювалася перед відсаджувальними машинами дрібного класу.

Випробування цієї схеми дозування латексного флокулянту довели, що зольність відходів гравітаційного збагачення відчутно зростає, причому тим більше, чим значніші витрати флокулянту. Спостерігається збільшення виходу концентрату на 0,4-1,8 % та в деякій мірі його зольності. Останнє може відбуватися за рахунок переходу до концентрату зфлокульованих більш зольних часток вугілля.

Крім того, встановлено, що такий варіант дозування латексу сприяє підвищенню ефективності флотації вторинних вугільних шламів. Це пояснюється тим, що на флотацію подається вже селективно зфлокульований шлам. Раціональні витрати латексного флокулянту перед гідравлічною відсадкою дрібного вугілля складають 30-40 г/т.

5. Промислові випробування технології селективної латексної флокуляції вугільних шламів на ЦЗФ „Дзержинська”.

Дослідно-промислова апробація технології селективної флокуляції вугілля латексами здійснена також на ЦЗФ “Дзержинська”. Випробування реалізовано за двома схемами: з дозуванням латексу у вихідний продукт флотації; з дозуванням латексу у злив пірамідального відстійника.

В першому варіанті подача флокулянту (латексу БС-50) здійснювалася у витратомірний бак флотаційного відділення перед апаратом АКП-1600. При витратах латексу 100 г/т одержано: збільшення виходу концентрату на 1,18-3,58%; збільшення зольності флотовідходів на 2,9-6,3%; підвищення зольності концентрату на 0,8-2%.

В другому варіанті флокулянт дозувався у зливний вузол пірамідального відстійника, де змішувався з шламовими водами. Потім пульпа подавалася насосом у радіальний згущувач, згущений продукт якого піддавався флотації. В цьому варіанті технології значно зростає

сумарний час контакту флокулянта з шламом. Одночасно спостерігається підвищення густини згущеного продукту, зниження густини зливу радіального згущувача та зростання зольності твердої фази зливу.

При витратах латексу 60-120 г/т шламу одержано: підвищення виходу флотоконцентрату на 1,75-7,9%; зростання зольності відходів флотації на 3,95-19%; збільшення зольності флотоконцентрату на 0,7-2,7%. Великий діапазон значень показників в обох варіантах пояснюється змінами сировини під час випробовувань. Кращі показники другого варіанту технології, напевно, обумовлені значно більшою тривалістю контакту латексу з суспензією шламу.

Висновки

1. Показано, що процес селективної масляної флокуляції може успішно застосовуватися як складовий елемент діючої технологічної схеми збагачення вугільних шламів у поєднанні з флотацією (флокуляційно-флотаційна схема) та з осаджувальним центрифугуванням (флокуляційно-гравітаційна схема). При цьому у середньому збільшується вихід концентрату на 2-4 %, при збільшенні зольності відходів флотації до 80-85%, зольність концентрату збільшується на 1%.

2. Процес селективної латексної флокуляції у поєднанні з флотацією (флокуляційно-флотаційна схема) в умовах вуглезбагачувальних фабрик Донбасу дозволяє збільшити вихід флотоконцентрату на 2-5% при збільшенні зольності відходів флотації до 80%.

3. Технологія „масляна флокуляція – гідротранспорт вугілля” дозволяє: суттєво (майже в 2 рази) зменшити вологість осаду центрифуг; знизити практично до кондиційних норм зольність осаду центрифуг (з 12 до 8,5 %); до мінімуму зменшити втрати тонкодисперсного вугілля з фугатом центрифуг і забезпечити зольність твердої фази фугату на рівні 80 %.

Напрямки подальших досліджень. У подальшому слід виконати ґрунтовні дослідження техногенного впливу технологій селективної флокуляції вугільних шламів маслами та синтетичними латексами на навколишнє середовище, зокрема залишкового вмісту реагентів у воді і забруднення повітря збагачувальних фабрик.

Перелік джерел:

1. Самылин Н.А., Золотко А.А., Починков В.В. Отсадка. – Москва: Недра. – 1976. – 320 с.
2. Классен В.И. Флотация углей.- М.: Госгортехиздат, 1963. –379 с.
3. Lemke K. Sortierung und Entwässerung von Schlam nach dem Convertol verfahren // Gluckauf - № 39/40, 1954. - S. 219-224.

4. Lemke K. Wege und Ziele der Entwässerung von Fein- und Feinstkorn beider Aufbereitung von Steinkohle// Gluckauf - № 17\18, 1956 - S. 452-465.
5. Leninger D., Kubitza K., Erdmann W. Application of the Oliflok-process for a selective agglomeration of ultrafine hard coal slurries// Chem. Eng., 1982. 5, № 1, p. 53-58.
6. Кейпс К.Е., Мак Иллини, Мак Кивер. Применение сферической агломерации в углеобогащении// 7-й Международный конгресс по обогащению углей. Сидней, 1976. - Н2.
7. Деминерализация углей с помощью технологии агломерации / Саркар Д.Д., Конар Б.Б., Сакха С., Синха А.Р. и др.// 7-й Международный конгресс по обогащению угля.- Сидней, 1976. - Н3.
8. Konar B.B., Haldar D.D., Majumber S.K. Development of oil Agglomeration Process and plants for beneficiation of fine coals//IE jornal - MM, vol. 64, 1983. - p. 58-64.
9. High-sulfur coal upgrading by improved oil agglomeration / W.Pavlak, K. Szymocha, Y. Briker, B. Ignasiak //Processing and utilization of high-sulfur coals. - Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo. - 1990, P. 279-287.
10. Исследовать процесс обогащения угольных шламов с использованием органических соединений на установке “Могифлок”: Отчет о НИР (Заключительный)/ИОТТ.- № ГР 01840068107. инв. № 2984/2. - М., 1984. - 89 с.
11. Черемонов Б.М., Циперович М.В. Обогащение угольной мелочи методом масляной флотации// Подготовка и коксование углей. - Свердловск, 1967, вып. 7, С. 234-261.
12. Никитин И.Н., Преображенский Б.П., Квасов А.В. и др. Внедрение флокуляционно-флотационного способа обогащения угольных шламов. // Кокс и химия. - № 11.- 1988.- С. 10-13.