

2. Отработка технологии для индивидуальных обогатительных установок / Анисимов Н.Т., Голубничий В.Г., Багмут З.В., Сологуб В.В. // Уголь Украины. – 2003. – №3. – С. 40–41.
3. **Кофанов А.С., Чумак В.Ф., Уманец А.С., Ефремов Ю.И.** Обогащение полезных ископаемых пневмовибрационным способом // Збагачення корисних копалин: Науч.-техн. зб. – 2003. – С. 96–101.
4. **Анохин В.Д., Плинс Д.А., Монахов В.Н.** Вибрационные сепараторы. – М.: Недра, 1991. – 156 с.
5. Оборудование для обогащения угля: Спр. пособие / Под ред Б.Ф. Братченко. М.: Недра, 1979. – 335 с.
6. **Берт Р.О.** Технология гравитационного обогащения. – М.: Недра. – 1990. – 574 с.
7. **Cundall P.A., Strack O.D.L.** A discrete numerical Model for granular assemblies, *Geotechnique*, 29, # 1, pp. 47-65 (1974).
8. **Звягильский Е.Л.** Изучение кинетики обрушения толщи над горизонтальными выработками мелкого заложения // Проблемы горного давления. – 1999. – № 2. – С. 17–29.
9. **Гарковенко Е.Е., Назимко Е.И., Самойлов А.И., Папушин Ю.Л.** Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов. – Донецк: Норд-Пресс, 2002. – 266 с.
10. **Назимко Е.И., Друц И.Н.** Исследование кинетики взаимодействия фаз в динамической среде при обогащении минералов. // Горный информационно-аналитический бюл. – 2004. – №1. – С. 336–339.
11. Исследовать возможность гравитационной сепарации многокомпонентного лома с применением вибро-пневматического метода: Отче о НИР; Рук. Сухин Н.В. – Х/т № 86–82. № Гр. 01860030623, И. № 02870067323. – Донецк, 1987. – 150 с.
12. **Сухин Н.В., Корчевский А.Н., Назимко Е.И.** Применение вибрационного пневматического сепаратора при разделении лома цветных металлов // Обогащение полезных ископаемых: Наук.-техн. зб. – 2004. – Вып. 20 (61). – С. 77-82.

© Корчевский А.Н., 2005

*Надійшла до редколегії 20.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*

УДК 622.765.2

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,
П.В. СЕРГЄЄВ, канд. техн. наук,
Ю.О. ПРОТАСОВ
(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ СЕЛЕКТИВНОЮ ФЛОКУЛЯЦІЄЮ В УМОВАХ ГІДРОТРАНСПОРТУ

Актуальною проблемою сучасного вуглезбагачення є ефективна переробка шламів мулонакопичувачів і шламовідстійників. При вуглезбагачувальних

фабриках України знаходяться 35 мулонакопичувачів загальним об'ємом 129 млн куб. м, які містять 114 млн т шламів, переважно відходів флотації зольністю 45–75% [1].

Для переробки лежалих шламів використовують гравітаційні методи збагачення (гідросайзер, гвинтові сепаратори тощо). Разом з тим, недоліком гравітаційних технологій переобки є їх низька ефективність на класах $-0,1$ мм. Це робить актуальним пошук і впровадження комплексних технологій збагачення шламів включно з тонкими класами.

Нами пропонується для збагачення вугілля кл. $-0,1$ мм застосовувати технологію селективної масляної агрегації [2]. Але її вузьким місцем є відносно великі витрати аполярних реагентів, що суттєво обмежує можливість використання цієї технології для енергетичного вугілля. Доцільніше застосування селективної масляної агрегації для коксівного вугілля з використанням в якості реагенту продуктів коксохімічного виробництва (які у цьому випадку повертаються у процес коксування разом з вугіллям).

Для реалізації процесу селективної масляної агрегації використовують різноманітні мішалки [3], але водночас процес може відбуватися у будь-якому турбулентному потоці води, наприклад, під час гідравлічного транспортування вугільних шламів з мулонакопичувача до вуглепідготовчого цеху коксохімзаводу.

Мета цієї роботи – дослідження суміщеного процесу "Селективна масляна агрегація – гідротранспорт вугілля" методом планового експерименту з одержанням регресійної моделі процесу.

Суть дослідження полягала у виявленні характеру залежності зольності концентрату селективної масляної агрегації від трьох факторів: витрат реагенту (X_1), дальності гідравлічного транспортування водо-вугільно-реагентної суміші (X_2) та її концентрації (X_3). Схема експерименту: підготовка водо-вугільної суміші до гідротранспорту, добавка реагента згідно плану експеримента, гідравлічне транспортування суміші на стенді при швидкості $V = 1,1V_{кр}$, зневоднення вугільного шламу на відсаджувальній центрифугі при $Fr = 1000$. Кек центрифуги являє собою концентрат процесу селективної масляної агрегації, а твердий осад фугату – відходи. Застосовувалися стенди НВО "Хаймек" та обладнання кафедри "Збагачення корисних копалин" Донецького національного технічного університету. Як вихідний матеріал взято шлами мулонакопичувача Ясинівського КХЗ, збагачений гвинтовою сепарацією до зольності 30%. Крупність шламів складала 3–0 мм, вміст кл. $-0,1$ мм – 26%.

Для планування експерименту вибрано некомпозиційний трирівневий план Бокса-Бенкена для трьох факторів, який згідно [4] за своїми характеристиками переважає центрально-композиційний план.

Фактори та границі їх варіювання наведені в таблиці 1.

Спеціальні та комбіновані методи

Фактор	Код фактора	Одиниця вимірювань	Рівні факторів		
			-1	0	+1
Витрати реагента	X ₁	мас. %	0,5	1,5	2,5
Дальність транспортування	X ₂	м	600	3000	5400
Концентрація гідросуміші	X ₃	мас. %	10	30	50

Таблиця 1

Обробка результатів експерименту здійснювалася за комп'ютерною програмою "Statgraphics".

Аналіз значущості коефіцієнтів моделі виконано на основі Паретто-графіка (рис. 1а). Як видно, значущими є коефіцієнти при X₁, X₂, X₃, при квадратичному члені X₁² та члені, що відображає парну взаємодію X₁X₃. Ці коефіцієнти знаходяться праворуч вертикальної лінії на Паретто-графіку, що відповідає 95% значущості.

З урахуванням значущості коефіцієнти рівняння регресії має вигляд:

$$\text{Ash} = 15,4667 - 3,8625 \cdot X_1 - 1,4375 \cdot X_2 - 1,625 \cdot X_3 + 2,46667 \cdot X_1^2 - 0,475 \cdot X_1 \cdot X_3$$

Адекватність моделі в цілому підтверджується високим значенням коефіцієнта детермінації R-кв = 99,53% і тим, що критерій Lack-of-fit (втрати узгодженості функцій) складає 0,0804, що перевищує критичне значення (0,05). На рис. 1б показана відповідність експериментальних даних (observed) і розрахункових (predicted). На рис. 2 подані тривимірні перетини гіперповерхні цільової функції та їх контурні криві (лінії рівня).

Гіперповерхні мають неекстремальний характер. Як видно з рис. 1 і 2, зростання кожного з факторів (X₁, X₂, X₃) призводить до покращення якості концентрату (зниження його зольності), але найбільш впливає на зольність концентрату селективної масляної агрегації фактор X₁ – витрати реагенту.

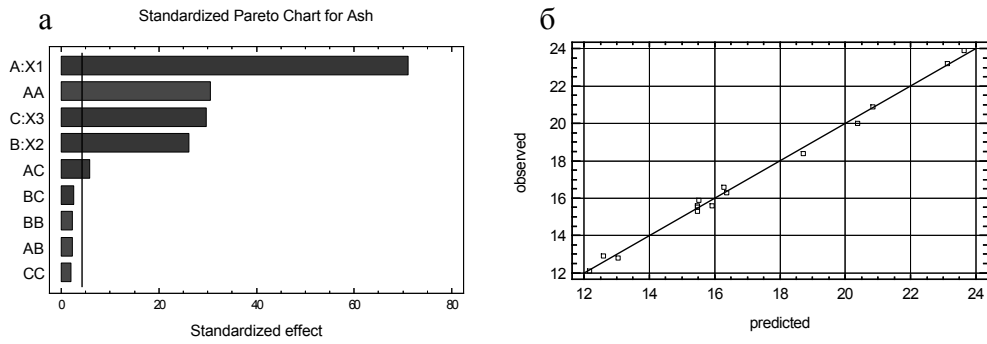


Рис.1- Характеристики регресійної моделі

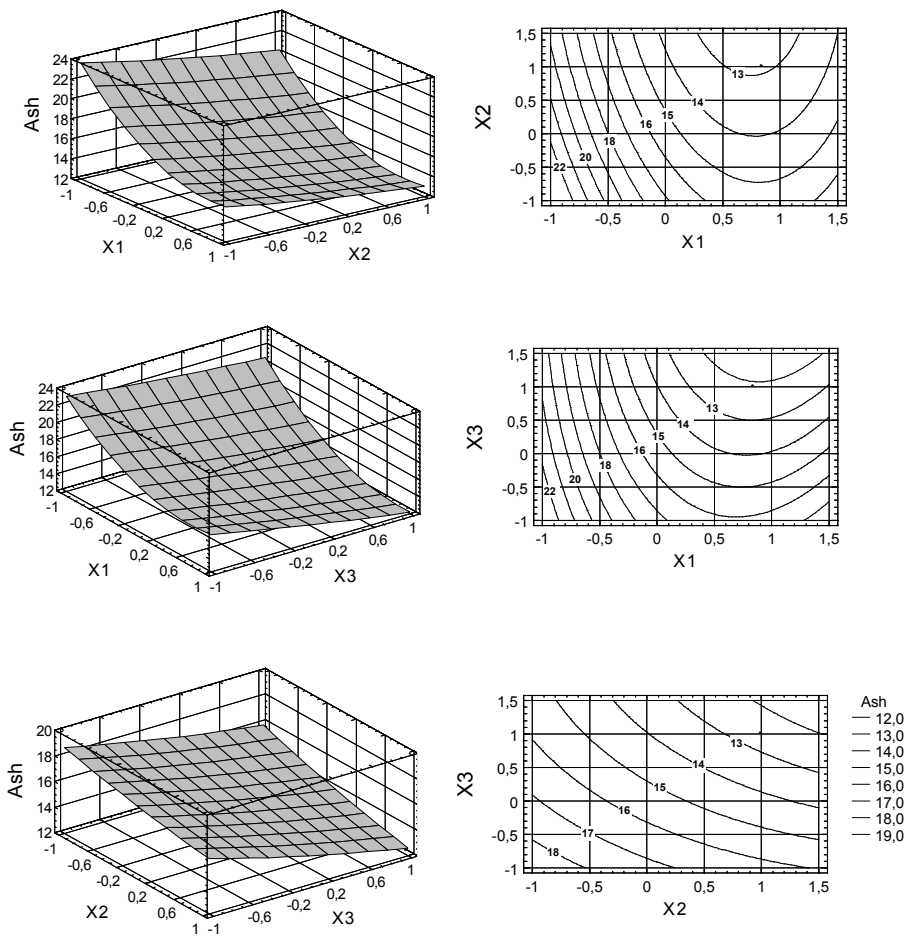


Рис.2-Тривимірні перетини гіперповерхні цільової функції та їх контурні криві .

Рис.1. Характеристики регресійної моделі

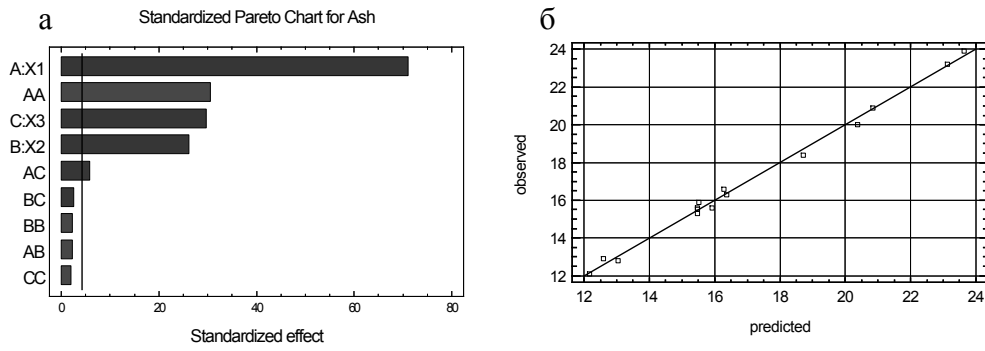


Рис.1- Характеристики регресійної моделі

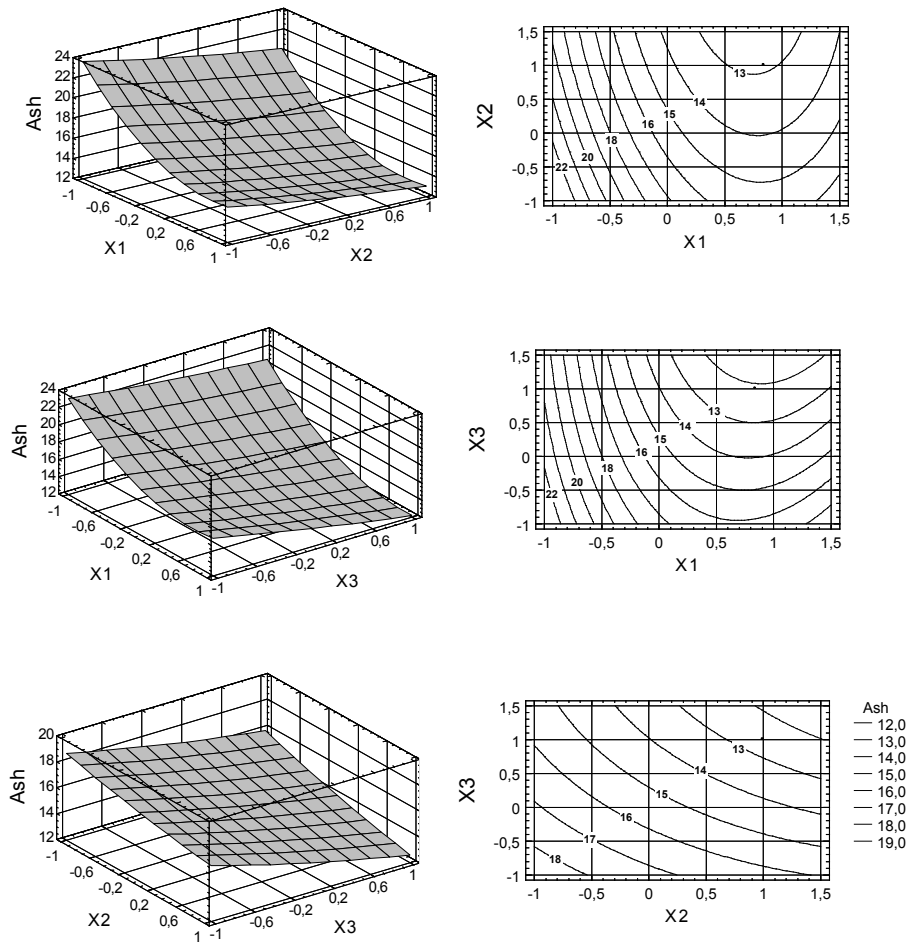


Рис.2-Тривимірні перетини гіперповерхні цільової функції та їх контурні криві.

Рис.2. Тривимірні перетини гіперповерхні цільової функції та їх контурні криві

Фактори X_2 , X_3 практично рівнозначні за своїм впливом на цільову

Спеціальні та комбіновані методи

функцію. На контурних кривих (рис. 2) точками показані оптимальні значення факторів X_1 , X_2 , X_3 , що відповідають мінімальному значенню зольності концентрата.

Значення факторів, що відповідають оптимуму ($A_k^d = 10,85\%$), у кодованому і натуральному вираженні подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Фактор	Low	High	Оптимальне значення	
			кодоване	натуральне
X_1	-1,0	1,0	0,843772	2,1%
X_2	-1,0	1,0	1,0	5400 м
X_3	-1,0	1,0	0,999135	50%

Зольність відходів селективної масляної агрегації складала 69–76%.

Одержані результати дозволяють зробити такі висновки.

1. Суміщений процес "Селективна масляна агрегація – гідротранспорт вугілля" дозволяє ефективно збагачувати тонкодисперсні фракції шламів коксівного вугілля з одержанням відносно низькозольних концентратів, які можуть бути присаджені до шихти.

2. Мінімальне значення зольності концентрату одержують при витратах реагента порядку 2%, дальності гідравлічного транспортування 5,5 км і концентрації гідросуміші 50%.

Список літератури

1. Федоров В.И., Кучеренко И.П., Золотко А.А. Состояние и проблема развития углеобогащения Украины// Уголь Украины. – 1999. – № 8. – С. 13–17.
2. Білецький В.С., Сергєєв П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. – Донецьк: Грань. – 1996. – 264 с.
3. Харада Т., Мацуо Т. Агломерація у рідинах// Ніхон Когьо Кайсі. – 1982. – № 1134. – С. 714–722.
4. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента.- М.: Металлургия, 1981. – 152 с.

© Білецький В.С., Сергєєв П.В., Протасов Ю.О., 2005

Надійшла до редколегії 20.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом

УДК 622.794:537.528

А.А. БЕРЕЗНЯК, канд. техн. наук
(Україна, Днепропетровск, Национальный горный университет)

99

Збагачення корисних копалин, 2005. – Вип. 23(64)