

УДК 622.765.063.24.

Білецький В.С., Сергєєв П.В., Кхелуфі Абделькрім. Математичне моделювання процесу знесолення вугілля// Збагачення корисних копалин. № 16, 2002. с.61-65.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕСОЛЕННЯ ВУГІЛЛЯ

Білецький В.С., докт. техн. наук, Сергєєв П.В., канд. техн. наук, Кхелуфі Абделькрім,  
канд. техн. наук.

Методом планування експерименту розроблена регресійна чотирифакторна модель процесу знесолення вугілля за технологією “водна промивка - масляна агломерація”. Модель може бути використана при розробці промислових технологій облагороджування солоного вугілля Західного та Північно-Східного Донбасу. Ключові слова: солоне вугілля, планування експерименту, знесолення, рівняння регресії.

Вичерпання запасів високоякісного вугілля обумовлює необхідність видобутку і переробки забалансної та низькоякісної паливної сировини. До такої, зокрема, належить так зване “солоне” вугілля, родовища якого відомі в Німеччині, Польщі, США, Україні, Казахстані, Росії, Чехії, Великобританії, Австралії та ін. країнах. “Солоним” прийнято називати вугілля з аномально підвищеним вмістом лужних металів, в основному, натрію. Критерієм “солоності” більшість дослідників приймають вміст оксиду натрію у вугіллі або його золі. В Україні до солоного зараховують вугілля зі вмістом  $\text{Na}_2\text{O}$  2% в золі або 0,3% на суху масу вугілля [1]. Розвідані запаси солоного вугілля в Україні досить істотні – вони складають понад 10 млрд. т і зосереджені у Богданівському (Луганська область) та Новомосковському (Дніпропетровська область) родовищах [2].

Основні причини, які обумовлюють віднесення “солоного” вугілля до низькоякісної сировини є те, що легкоплавкі сполуки лужних металів, особливо натрію, викликають активне шлакування робочих поверхонь котлів при спалюванні вугілля. Крім того, хлор виступає як основний кородуючий агент, а також активно забруднює довкілля [3].

Сьогодні в світі опрацьовано декілька альтернативних варіантів переробки солоного вугілля – газифікація, спалювання, комплексна переробка, причому найрадикальнішим способом його облагороджування є знесолення вугілля промивкою, наприклад, суміщеною з гідротранспортом. Основним недоліком цієї технології є виникнення великої кількості тонких фракцій вугілля, які при своїй природній гідрофільності практично не піддаються ефективному зневодненню механічними засобами. Для уникнення цього недоліку в ДонНТУ опрацьована технологія знесолення вугілля типу “вугілля-агломерація”, яка передбачає його попереднє часткове обмаслення, знесолення промивкою у воді і подальшу агломерацію з використанням активних гідрофобних (обмаслених) ділянок на поверхні вугілля.

Ця стаття є розвитком виконаних раніше досліджень [3] процесу знесолення обмасленого вугілля шляхом планування експерименту. Об'єктом досліджень служило вугілля пласта Новомосковського родовища Західного Донбасу. Вміст  $\text{Na}_2\text{O}$  в цьому вугіллі становив 0,9 %, зольність - 20 %. Вугілля перед знесолюванням заздалегідь обмаслювалося по запропонованій нами технології.

Функція відгуку - залишковий вміст  $\text{Na}_2\text{O}$  у вугіллі. Факторами, які варіюються на основі результатів досліджень [4, 5] були вибрані: тривалість промивки  $\tau_0$ , режим турбулізації водовугільної суміші  $n_m$  (частота обертання імелера мішалки), густина пульпи  $\rho_n$  (Т:Ж) та витрата зв'язуючого  $Q_1$  для обмаслення вугілля. Як обмаслювач використаний композиційний реагент на основі топочного мазуту марки М 100 і флотореагента ААР-1. Вибрані чинники задовольняють вимогам керованості, однозначності, сумісності і незалежності, яким повинні задовольняти варіативні чинники при плануванні експеримента. Експериментальна область факторного простору: діапазон варіювання тривалості промивки прийнятий 2-10 хв, частота обертання імелера мішалки - 1000-2000 хв-1, - 100-300 г/л, що відповідає рекомендаціям ГІМР і ВНИИПИГТ [4-6]. Діапазон зміни чинника  $Q_1$  вибраний рівним 0,1-0,4 мас.% на основі виконаних нами раніше експериментів.

Фактори та границі їх варіювання показано в таблиці.

Таблиця 1 - Урвень факторов и интервал варьирования

Рівень факторів і інтервал варіювання	Параметр $\tau_0$ , хв	Параметр $n_m$ , хв <sup>-1</sup>	Параметр $\rho_n$ , г/л	Параметр $Q_1$ , мас.%
Кодова назва	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Інтервал варіювання	4	500	100	0,15
Нижній рівень $X_i = -1$	2	1000	100	0,1

Основний рівень $X_i = 0$	6	1500	200	0,25
Верхній рівень $X_i = 1$	10	2000	300	0,4

Для планування прийнятий рототабельний центрально-композиційний план експерименту, який забезпечує однакову точність моделі за всіма напрямками гіперпростору при мінімальній кількості експериментів. Обробка результатів експерименту виконана за комп'ютерною програмою "Statgraphics".

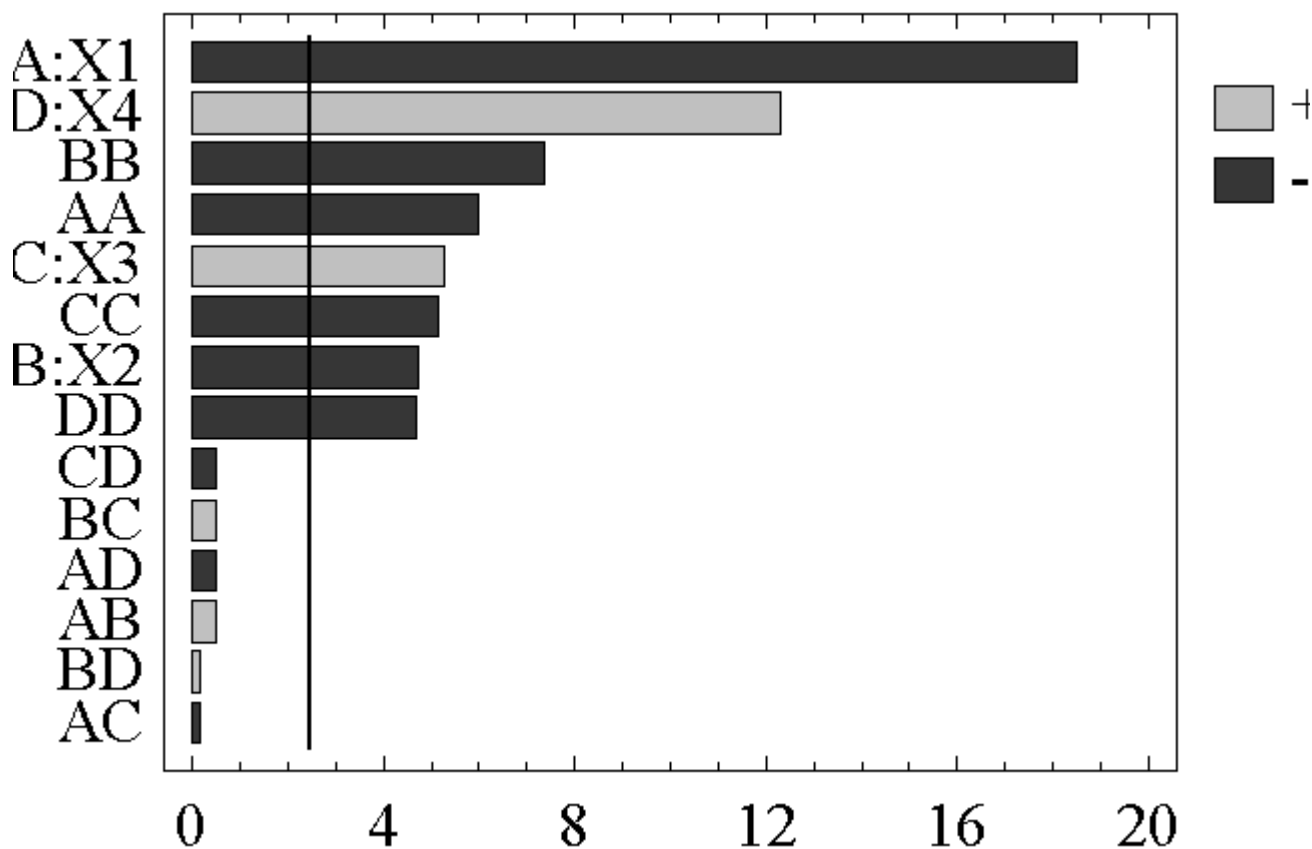


Рисунок 1. Парето-карта коефіцієнтів моделі

Як видно з паретто-графіка (див. рис. 1) статистично значимими є коефіцієнти при лінійних та квадратичних членах рівняння регресії. Тобто одержана модель є моделлю другого порядку. Коефіцієнти, які враховують ефекти парних взаємодій, статистично незначимі. Крім того, з рис. 1 видно, що

найбільш значимими з досліджених параметрів є тривалість промивки  $X_1$ , далі за значимістю фактори знаходяться в ряду:  $X_4$ ,  $X_3$ ,  $X_2$ .

З урахуванням цього одержаний поліном (рівняння регресії) має вигляд:

$$Y = 0,4443 - 0,0571 \cdot X_1 - 0,0146 \cdot X_2 + 0,0163 \cdot X_3 + 0,0379 \cdot X_4 - \\ - 0,01701 \cdot X_1^2 - 0,0208 \cdot X_2^2 - 0,0146 \cdot X_3^2 - 0,0133 \cdot X_4^2$$

Проаналізуємо одержаний вираз. На рис. 2 та 3 відповідно показано тривимірні перетини гіперповерхні  $Y(X_n)$  та контурні криві цих поверхонь.

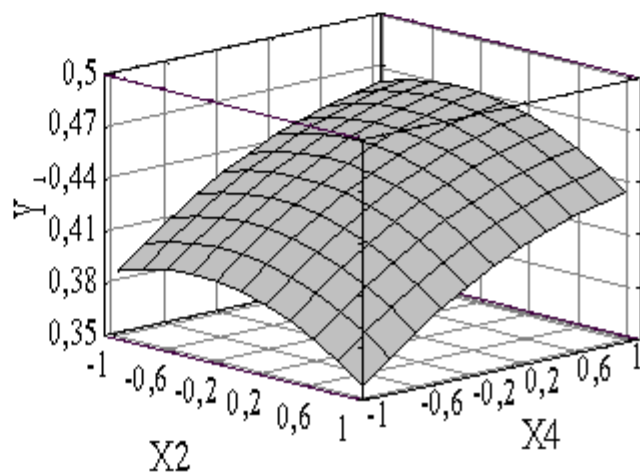
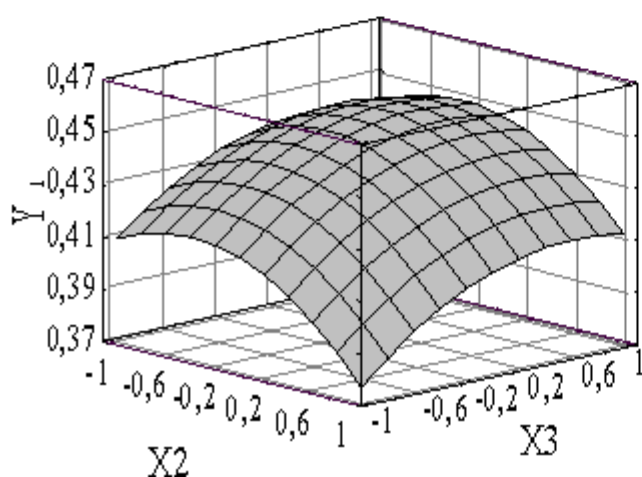
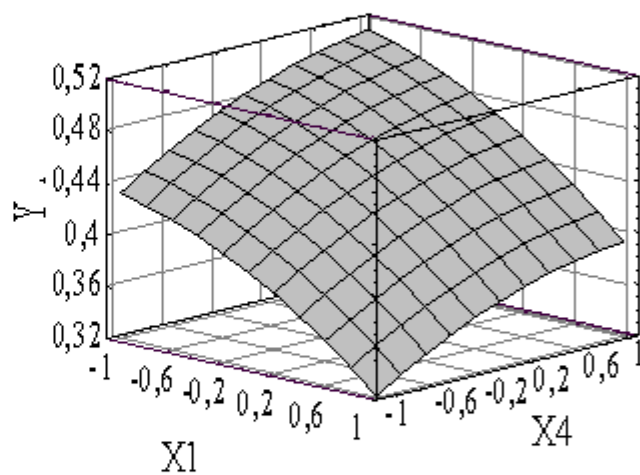
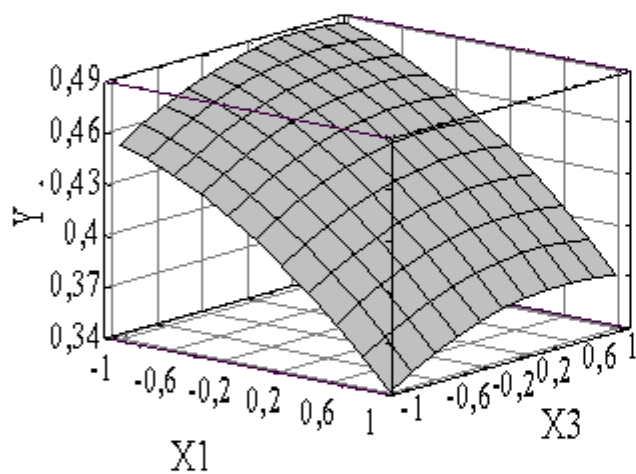
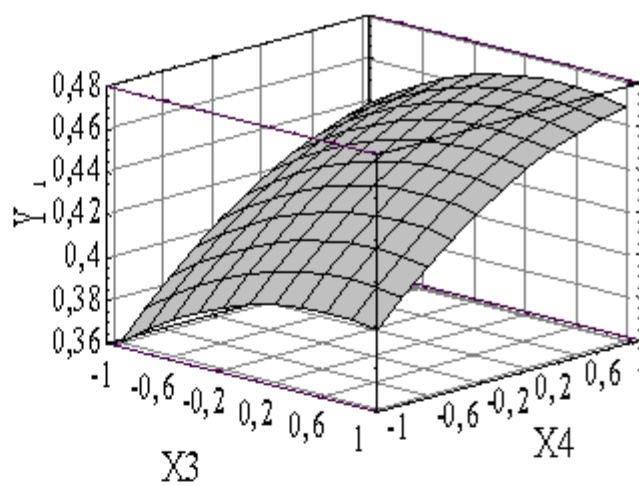
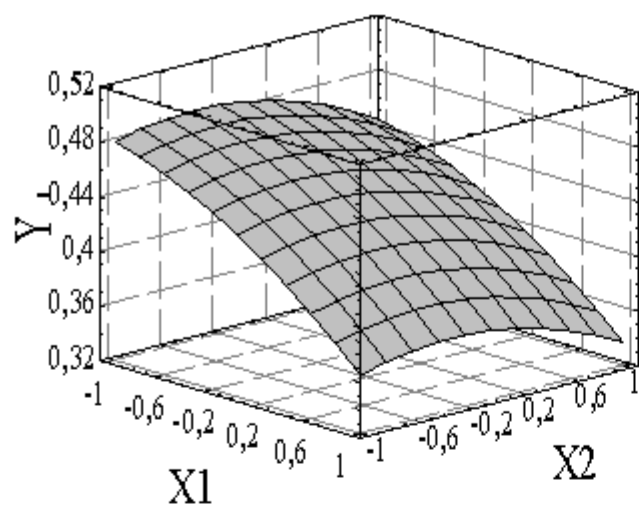


Рисунок 2. Тривимірні перетини гіперповерхні  $Y(X_n)$ .

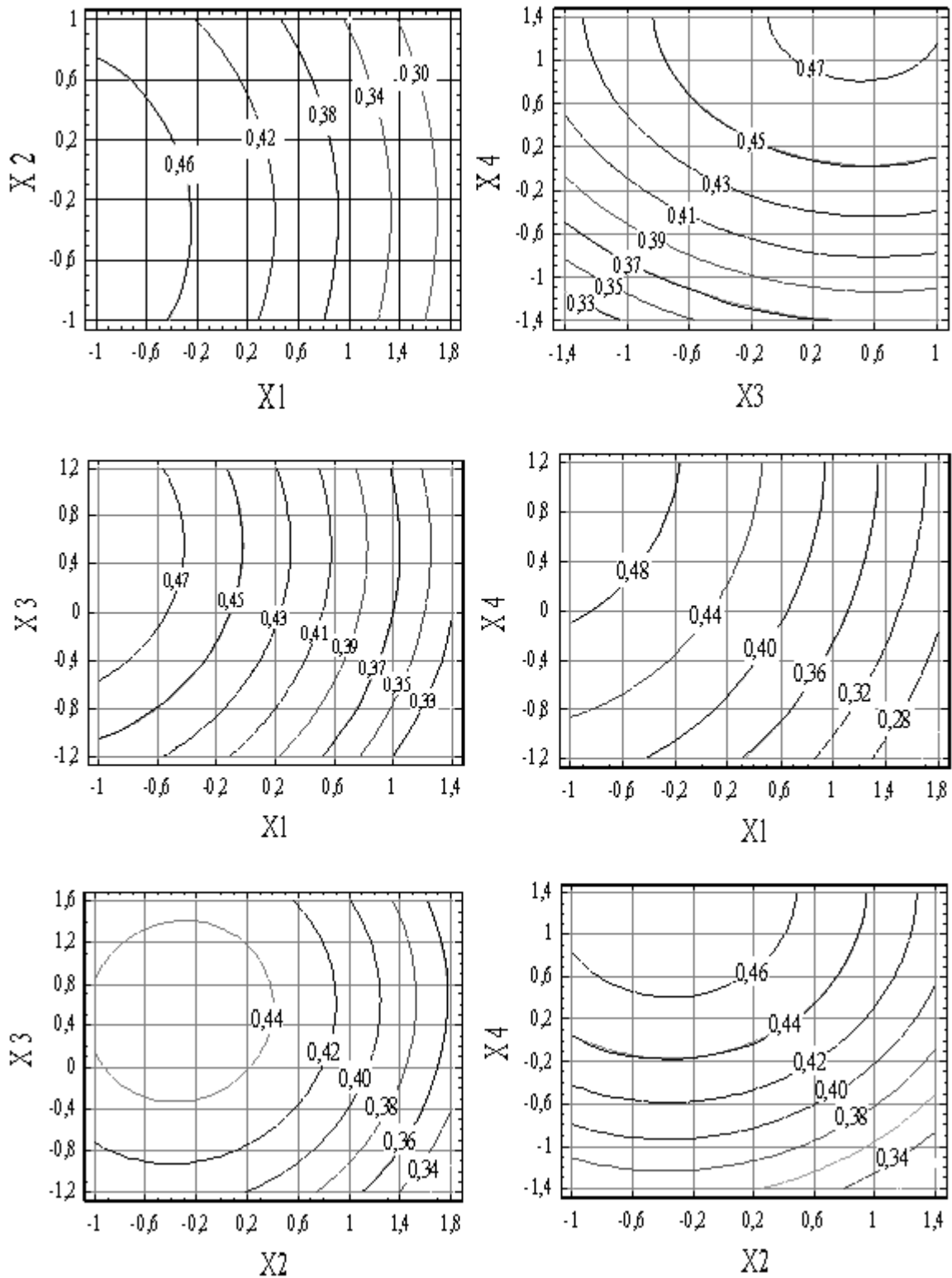


Рисунок 3. Контурні криві поверхонь.

Як бачимо, при збільшенні тривалості агітації гідросуміші (X1) та інтенсивності перемішування (X2) спостерігається зменшення залишкової концентрації Na<sub>2</sub>O у вугіллі. Залежність цієї концентрації від факторів густина пульпи (X3) та і витрат масляного агента-зв'язуючого (X4) пряма – зі збільшенням цих параметрів збільшується і залишкова концентрація Na<sub>2</sub>O у

вугіллі. Це загалом відповідає описаному в [3] механізму процесу знесолення вугілля.

Одержана модель може бути використана при розробці промисло-вих технологій облагороджування солоного вугілля Західного та Північно-Східного Донбасу.

#### Література

1. Никитин И.Н. Разработка флокуляционно-флотационного способа обогащения угольных шламов с применением латексного флокулянта. – Автореф. дисерт. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Люберцы: ИОТТ, 1986. - 16 с.
2. Залевський В.І. Селективна флокуляція вугільних шламів синтетичними латексами. - Автореф. дисерт. на здоб. вчен. ступ. канд. техн. наук. - Дніпропетровськ: ДНГА, 2001. - 20 с.
3. Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. – М.: Недра, 1983. – 288 с.