

### 3. Висновки

1. Виявлено, що модифікація діатоміта золев кремнієвої кислоти сприяє підвищенню дії пластифікуючих добавок при введенні їх в рецептуру вапноводіатомітових складів.

2. Встановлено, що вапняно-діатомітові склади при введенні в рецептуру пластифікуючої добавки С-3 мають достатню водоутримуючу здатність.

Робота виконувалася в рамках держконтракту з Міністерством освіти та науки РФ № 13.G25.31.0092.

*Повідомляються результати вивчення збагачуваності кварц-польовошпатової сировини різних геохімічних типів. Обговорюється питання щодо перспективи їх використання при виготовленні керамічних виробів різного функціонального призначення*

*Ключові слова: кварц-польовошпатові матеріали, збагачення, технологія кераміки*

*Сообщаются результаты изучения обогатимости кварц-полевошпатового сырья разных геохимических типов. Рассматривается вопрос о перспективе их использования в производстве керамических изделий разного функционального назначения*

*Ключевые слова: кварц-полевошпатовые материалы, обогащение, технология керамики*

*The results of enriching study of quartz-feldspar raw materials of different geochemical types are reported. The question about their use prospects in the production of different functional setting ceramic wares is considered.*

*Keywords: Quartz-feldspar raw materials, enriching, ceramic technology*

### Аналіз проблеми та постановка задачі досліджень

В тонкокерамічному виробництві до якості сировинних матеріалів висуваються жорсткі вимоги щодо вмісту забарвлюючих домішок, оскільки їх присутності погіршує білизну виробів, викликає появу дефектів у вигляді мушки та виплавок, знижує діелектричні властивості фарфорових ізоляторів. Як відомо, вміст оксидів заліза у складі кварц-польовошпатових матеріалів (КПШМ), придатних для виробництва фарфору, не повинен перевищувати 0,3 % [1]. Досвід виробництва вказує на те, що збільшення вмісту цих оксидів понад зазначеної норми лише на 0,1 % спричиняє зниження білизни виробів приблизно на 3 %. Стандартом також регламентується кількість вільного кварцу у складі КПШМ (не більше 30 %). Тому основною зада-

### Література

1. Логанина, В.І. Вплив активації діатоміту на властивості вапняних композицій / В.І. Логанина, О.А. Давидова, Симонов Е.Е. // Вісті вузів. Будівництво, 2011, № 3, С.20-24.
2. ГОСТ 31357-2007. Суміші сухі будівельні на цементному в'язучому. Загальні технічні умови.[Текст]. - Введ. 2009-01-01.-М.: ІВК вид-во стандартів, 2008.-10с.

УДК 622.772

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧУВАНOSTI КВАРЦ- ПОЛЬОВОШПАТОВОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

**О.Ю. Федоренко**

Кандидат технічних наук, доцент, професор  
Кафедра технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002  
Контактні телефони: 707-64-82; 050-713-03-35  
E-mail: fedorenko\_e@ukr.net

чею при збагаченні кварц-польовошпатової сировини є видалення забарвлюючих домішок і темноколірних слюд, а також відокремлення кварцу від польових шпатів.

Слід зазначити, що задача відокремлення кварцової складової КПШМ від польових шпатів є нелегкою, оскільки фізичні властивості кварцу та польовошпатових мінералів є близькими: щільність кварцу 2,65 г/см<sup>3</sup>, ортоклазу – 2,55 г/см<sup>3</sup>; обидва мінерали є немагнітними та мало відрізняються за електрофізичними властивостями.

Придатність КПШМ до використання в склокерамічних технологіях залежить не лише від кількісного вмісту сполук заліза і титану, а й від їх геохімічної форми. В більшості природних лужних алюмосилікатів титан присутній переважно у вільній формі двоокису, тоді

як залізо може знаходитись як у вільній, так і у зв'язаній формі. Зазвичай у складі КПШМ зустрічаються наступні мінерали, які представляють вільну форму існування сполук заліза: магнетит, що має магнітні властивості, помірно магнітні ільменіт та біотит, слабомагнітні гематит, гетит, гідрогетит, лімоніт та сидерит, а також пірит, який є немагнітним. Важкорозчинні сполуки титану, зокрема рутил та лейкокосеновий анатаз також не виявляють магнітних властивостей. Зв'язана форма представлена іонами  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ti^{4+}$ , що входять до складу породоутворюючих мінералів (переважно слюд, рогової обманки тощо). Іон  $Fe^{3+}$  найчастіше ізоморфно замінює іон  $Al^{3+}$  в кристалічних ґратках польових шпатів. До зв'язаних форм заліза також відносять гематитові плівки, які вкривають поверхню мінералу [2]. Залізисті плівки виявляють високу стійкість до дії агресивних реагентів, тому повне видалення цих небажаних домішок практично неможливо без використання хімічного збагачення, яке для масового керамічного виробництва є економічно не вигідним [3].

Метою дослідження збагачуваності різних геохімічних типів вітчизняних КПШМ було визначення можливості зниження кількості залізовмісних домішок з використанням електромагнітної сепарації як найбільш доступного і простого для реалізації методу збагачення.

### Експериментальна частина

Дослідження проводились за допомогою електромагнітного сепаратора, призначеного для розподілу мінеральних сумішей на магнітну та немагнітну фракції. Така технологія дозволяє не лише видаляти темнозабарвлені залізовмісні домішки, які погіршують якість КПШС, але й отримувати продукти із заданим мінеральним складом (рис.1).

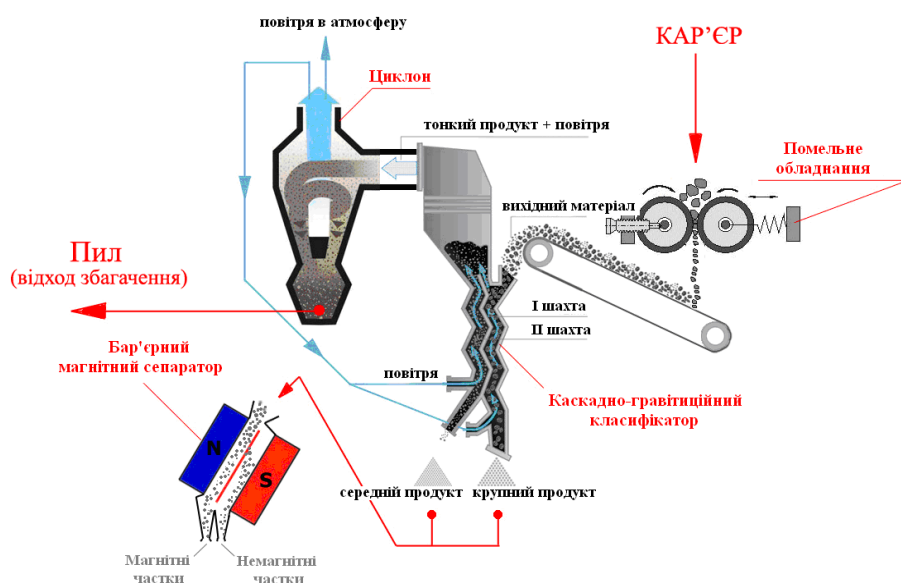


Рис.1. Принципова схема роботи електромагнітного сепаратора

Первинна переробка кварц-польовошпатових порід передбачає усереднення, ручну рудорозборку,

подрібнення і класифікацію матеріалу за крупністю та наступну магнітну сепарацію для видалення магнітних домішок [4]. Технологічна схема наступного збагачення наведена на рис. 2. Технологія збагачення включає дроблення та тонке подрібнення КПШМ, повітряну сепарацію для видалення домішок легких фракцій (мусковіт), класифікацію за крупністю, електричну сепарацію для одночасного видалення вільного кварцу та регулювання калієвого модуля продукту збагачення, а також магнітну сепарацію з сильним полем, яке характеризується щільністю магнітного потоку  $B \sim 1,4 T$ , що дозволяє видаляти слабомагнітні фермічні мінерали (гематит, гетит, біотит тощо).

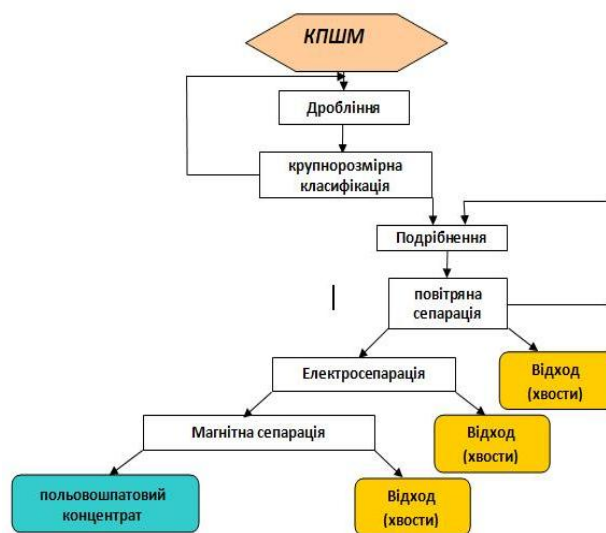


Рис. 2. Технологічна схема збагачення КПШМ

### Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження впливу технологічних параметрів збагачення (ступеню подрібнення КПШМ перед збагаченням та напруженості магнітного поля) на якість продуктів збагачення дозволили визначити оптимальні умови ведення процесу збагачення. Ефективність збагачення оцінювали за наступними критеріями: вмістом  $Fe_2O_3$  та вільного кварцу, сумарною кількістю лужних оксидів та їх співвідношенням, а також сумою оксидів кальцію та магнію, які є основними класифікаційними ознаками якості КПШМ згідно діючого стандарту [1].

В таблиці 1 представлені результати досліджень, спрямованих на визначення оптимального режиму

збагачення на прикладі Лозуватського пегматиту. Отримані дані свідчать про те, що із збільшенням напруженості магнітного поля не залежно від класу подрібнення кількість магнітної фракції, що виділяється з матеріалу, збільшується. Підвищення ступеню подрібнення також позитивно позначається на видаленні магнітних включень.

Слід зазначити, що за класифікаційними ознаками якості КПШМ продукти збагачення пегматитів (ПШМ і КПШМ) задовольняють вимоги тонкокерамічних виробництв до кварц-польовошпатових матеріалів та можуть використовуватись для приготування мас та полив в технології фарфорових, напівфарфорових та фаянсових виробів.

Таблиця 1

Результати збагачення лозуватського пегматиту за різних умов ведення процесу

Клас подрібнення	Вміст компонентів продукту збагачення, мас. % при напруженості магнітного поля (H)								
	175 А/м			200 А/м			225 А/м		
	магнітна фракція	немагнітна фракція	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в НМФ	магнітна фракція	немагнітна фракція	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в НМФ	магнітна фракція	немагнітна фракція	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в НМФ
2 – 0 мм	0,33	99,67	0,38	0,39	99,61	0,22	0,42	99,58	0,13
1 – 0 мм	0,21	99,79	0,36	0,24	99,76	0,20	0,29	99,88	0,11
0,5 – 0 мм	0,10	99,90	0,35	0,13	99,87	0,17	0,14	99,88	0,10

Із збільшенням ступеню подрібнення пегматиту та підвищенням напруженості магнітного поля вміст оксиду заліза у складі немагнітної фракції (НМФ) продуктів збагачення зменшується і досягає 0,1 % для матеріалу, подрібненого до розмірів часток 0ч0,5 мм при напруженості поля 225 А/м.

В процесі електромагнітної сепарації можна також виділити з матеріалу кварцову та польовошпатову складові, що дозволяє регулювати їх співвідношення та калієвий модуль продукту збагачення згідно до вимог замовника. Так, в результаті збагачення Лозуватських пегматитів отримані польовошпатовий концентрат (ПШК), кварц-польовошпатовий концентрат (КПШК) та кварцовий продукт, хімічні склади яких представлені в табл. 2.

Відход збагачення пегматитів, який представляє собою пиловатий матеріал з розміром часток до 0,15 мм та характеризується підвищеним вмістом забарвлюючих оксидів заліза і титану. В той же час за вмістом інших компонентів він мало відрізняється від складу природного пегматиту, що свідчить про можливість його застосування як флюуючого компонента керамічних мас в технології будівельної кераміки (плитки для підлоги, керамограніту тощо), де не обмежується вміст забарвлюючих домішок в сировині. Використання відходу збагачення пегматитів представляє, на наш погляд, особливий інтерес для підприємств по виготовленню клінкерних керамічних матеріалів та черепиці, в технологічних лініях яких не передбачено обладнання для тонкого подрібнення твердих порід.

Таблиця 2

Хімічний склад продуктів та відходу збагачення Лозуватських пегматитів

Матеріал	Хімічний склад, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	в.п.п.
Польовошпатовий концентрат (ПШК)	67,99	18,13	0,10	0,04	0,64	0,21	8,26	3,95	0,52
Кварц-польовошпатовий концентрат (КПШК)	70,56	16,87	0,13	0,04	0,73	0,21	6,79	4,11	0,42
Кварцовий продукт	83,44	9,59	0,11	0,03	0,7	0,17	2,21	3,26	0,41
Відход збагачення	74,50	14,26	0,74	0,08	0,45	0,25	4,40	4,47	0,75

В табл. 3 наведені дані щодо класифікаційних ознак різних за геохімічним типом кварц-польовошпатових порід вітчизняних родовищ та отриманих продуктів їх збагачення.

Отримані дані свідчать про ефективність використаної технології збагачення для видалення сполук заліза і титану, якщо їх сумарний вміст не перевищує 4 мас. %. Найкраще збагачуються крупнозернисті різновиди КПШМ з максимальним вмістом калієвого польового шпату, які не мають ознак пертитоутворення та характеризуються ідіоморфними (відокремленими) зернами породотворюючих мінералів. В цьому випадку достатнім є подрібнення матеріалу до розмірів часток не більше 2,0 мм. В деяких випадках задовільні результати збагачення були отримані при максимальному ступені подрібнення. Так, при збагаченні дрібнозернистих порід (сієнітів, граносієнітів, дрібнозернистих гранітів), а також порід, в яких наявні

Класифікаційні ознаки якості природної та збагаченої кварц-польовошпатової сировини ряду вітчизняних родовищ

Матеріали		Вміст компонентів, мас. %				
		$\Sigma R_2O$	$K_2O/Na_2O$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	Вільний кварц
Азовські сієніти біотитові лужно-польовошпатові (Донецька обл.)	природні	11,2	1,28	1,28	0,31	8,75
	збагачені	12,3	0,12	0,12	0,12	6,52
Каменецькі апліт-пегматоїдні граніти (Миколаївська обл.)	природні	8,88	3,00	3,00	0,63	39,46
	збагачені	10,05	0,13	0,13	0,04	27,32
Ново-українські трахітоїдні граніти (Кіровоградська обл.)	природні	8,35	3,24	3,24	0,55	21,11
	збагачені	11,86	0,03	0,03	0,03	8,99
Софіївські порфіровидні граніти (Миколаївська обл.)	природні	8,56	3,60	3,60	0,44	32,66
	збагачені	8,96	0,20	0,20	0,16	27,38
Володимирські пегматити (Кіровоградська обл.)	природні	11,1	0,55	0,55	0,05	19,43
	збагачені	9,48	0,16	0,16	0,004	15,75
Лозуватські пегматити (Кіровоградська обл.)	природні	8,34	1,11	1,11	0,10	26,75
	збагачені	12,21	0,10	0,10	0,04	7,58
ГОСТ 7030-75		$\geq 8$	$\geq 2$	$\leq 0,20$		$\leq 30$

пертитові утворення, ступінь подрібнення була збільшена до класу 0,5–0 мм. За результатами хімічного аналізу різних фракцій кварц-польовошпатових матеріалів визначено, що переважна більшість темнозабарвлених мінералів у вигляді гетиту, гідроgetиту та лейкоксену концентрується у найдрібнішому класі (0,125–0 мм).

**Висновки**

Проведені дослідження збагачуваності КПШМ вказують на необхідність визначення оптимального

Таблиця 3 ступеню попереднього подрібнення для кожного окремого матеріалу. Якісне очищення матеріалу досягається за рахунок комплексного стадійного збагачення, яке включає повітряний, електричний та магнітний методи. Визначено оптимальні параметри збагачення (напруженість поля  $H = 200 \text{ ч} 225 \text{ А/м}$ ; щільність магнітного потоку  $B \sim 1,4 \text{ Т}$ ), які дозволяють видаляти маломагнітні включення фемічних (темнозабарвлених) мінералів та отримувати продукти із заданим співвідношенням польовошпатових та кварцової складових.

Доведено, що в разі, якщо сумарна кількість включень заліза і титану не перевищує 4,0 мас. %, метод сухої електромагнітної сепарації дозволяє знизити вміст забарвлюючих оксидів до рівня, який задовольняє вимоги до якості кварц-польовошпатової сировини в технології тонкої кераміки.

Встановлено, що продукти збагачення кварц-польовошпатових матеріалів українських родовищ у вигляді польовошпатових і кварц-польовошпатових концентратів, отримані в результаті збагачення, задовольняють вимоги, що висуваються до кварц-польовошпатової сировини у виробництві господарчо-побутового, санітарно-технічного, хімічно стійкого та електротехнічного фарфору. Обґрунтована можливість використання відходів збагачення кварц-польовошпатової сировини в технології щільноспечених керамічних виробів будівельного призначення.

Література

1. Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для тонкой керамики ТУ 3692: ГОСТ 7030-75 [Текст]. – Введ. в действ. 1977-01-01. – М.: Гос.ком. СССР по стандартизации, 1975. – 17 с.
2. Есипчук К.Е. Гранитоиды Украинского щита: петрохимия, геохимия, рудоносность [Текст] : справочник / К.Е. Есипчук, В.И. Орта, И.Б. Щербаков. – К.: Наукова думка. – 1993. – 232 с.
3. Тохтаев В.С. Минеральное сырье. Сырье полевошпатовое [Текст]: справочник. – М.: Геоинформмарк. – 1997. – С. 33–38.
4. Блискун С.П. Комплексне використання кварц-польовошпатової сировини Лозуватського родовища в керамічному виробництві [Текст] / С.П. Блискун, М.І. Рищенко, О.Ю. Федоренко // Будівельні матеріали та виробн. – 2009. – № 4 (57). – С.19–22.