

УДК 666.19.

Ю.М.Чувашов, О.М. Ященко, С.Д.Черюканов, М.А. Скорик  
 Інститут проблем матеріалознавства НАН України  
 ТОВ «Наномедтехніка»

### ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОКОН З ГІРСЬКИХ ПОРІД

Вивержені гірські породи – це фізико-хімічні системи отримані в результаті фізико-хімічних процесів, що відбувалися при застиганні та кристалізації розплавлених силікатних мас – магми. Вони складаються, головним чином, із мінеральних сполук – силікатів. Компонентами при плавленні гірських порід та перетвореннях, які при цьому відбуваються, є сполуки: альбіт  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , анортит  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$  або  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , діопсид  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , олівін  $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ , авгіт  $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al})[(\text{Si, Al})_2\text{O}_6]$  або  $\text{Ca}(\text{Mg, Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$  та ін. [1-4].

Розповсюджені на території України гірські породи типу базальту, амфіболіту та діабазу мають відносно низькі температури плавлення, що дає можливість їх використання для виробництва волокон по спрощеній технологічній схемі без підготовки шихти. Плавлення цих порід відбувається без стадії силікато-, склоутворення та висвітлення. Сполуки в процесі отримання рівноважного розплаву окремо переходять з однієї фази в іншу.

Основні елементи складу магматичних гірських порід: С, О, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Н. Ці елементи є породоутворюючими і обумовлюють фазовий склад породи. Хімічний склад даних систем змінюється в широких межах.

Для отримання неперервних волокон, в основному, використовують гірські породи наступного хімічного складу ( мас. %):  $\text{SiO}_2$  (47,5 -52,5);  $\text{TiO}_2$  (0,2 -2,0);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14,0 -18,0);  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  (7,0 -13,5);  $\text{CaO}$  (8,0 -11,0);  $\text{MgO}$  ( 3,5 -8,5);  $\text{Mn} < 0,2$ ;  $\text{R}_2\text{O}$  (2,5 -6,0);  $\text{SO}_3 < 0,2$ ; інше  $< 0,4$  [4].

Вказана сировина для виробництва волокон дозволяє отримувати базальтові волокна діаметром 7 – 18 мкм. Однак, як показують дослідження, спостерігаються відхилення у фізико-механічних властивостях волокон навіть з однієї партії. Причини мінливості характеристик трактують по-різному і до кінця не виявлені.

**Мета роботи** – дослідження складу зразків породи, еркульозу та отриманих волокон в межах однієї плавки.

#### Методи досліджень

Аналіз мікроморфології зразків і кількісний мікроаналіз проводили з використанням растрового електронного мікроскопу Tescan Mira 3 LMU (Tescan, Чехія) та енергодисперсійного спектрометру Oxford Instruments X-Max 80mm2 SDD (Oxford Instruments, Великобританія). Мікроморфологія зразків досліджувалась за допомогою реєстрації вторинних (детектори SE та InBeam) та пружно відбитих електронів (детектор BSE). Визначення елементного складу проводились в режимах Point ID та Аналізатор програмного забезпечення INCA.

#### Основна частина

В даній роботі зроблена спроба проаналізувати та покращити накопичений досвід отримання волокон і визначити зміни складу сировини гірської породи з однієї відібраної проби, еркульозу та отриманих волокон в межах однієї плавки.

На рис. 1 представлені фотографії проб базальту, використаного для виготовлення еркульозу та волокон.

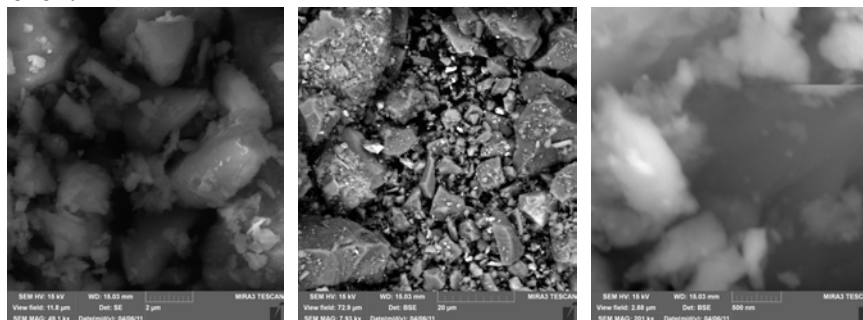


Рисунок 1 - Мікрофотографії проб базальту:  
 а) базальт (крошка, фракція 8 x 12мм; б) порошок, фракція  $\leq 1,8$  мм

Результати досліджень (рис. 1) вказують на зовнішню неоднорідність складу сировини в межах однієї проби, що підтверджується даними представленими в таблиці 1, т. я. мінеральні форми базальтів залежать від елементного складу та умов кристалізації системи: тиск –

Таблиця 1

Елементний склад гірської породи

Елемент	Порода базальт (крихта, фракція 8 x 12мм)		Порода базальт (порошок, фракція ≤1,8 мм)	
	Ваговий, %	Атомний, %	Ваговий, %	Атомний, %
C K	3.76	6.54		
O K	47.87	62.56	55.00	69.94
Na K	1.87	1.70	2.80	2.48
Mg K	2.17	1.86	1.58	1.32
Al K	5.96	4.62	9.05	6.82
Si K	20.06	14.94	19.47	14.10
K K	0.51	0.27	0.22	0.11
Ca K	5.43	2.83	6.11	3.10
Ti K	0.58	0.25	0.28	0.12
Fe K	11.80	4.42	5.50	2.00
Всього	100.00		100.00	

Стекля (еркльоз) отримували швидким охолодженням розплавів базальтів виготовлених в лабораторних електричних печах прямого нагріву при температурі 1450 °С з витримкою при даній температурі 6 год..

Базальтове скло при розгляді в оптичний мікроскоп та при не дуже великому збільшенні в електронний має вигляд доволі однорідного (рис. 2, 3).

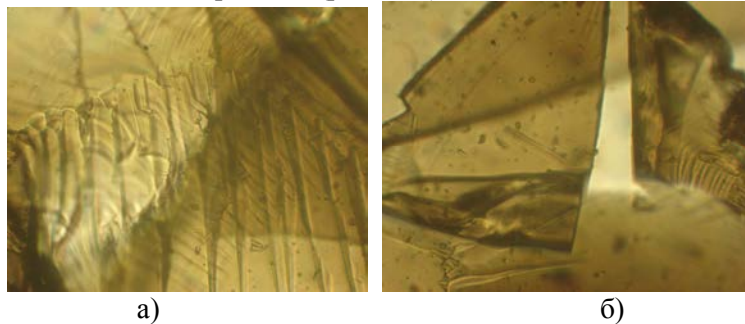


Рисунок 2 – Скло з розплавів гірських порід базальтоподібного складу  
а) – прозоре скло; б) – скло з мікрровключеннями кристалів

Але при подальшому збільшенні в ньому спостерігаються більш темні та світлі ділянки, які відрізняються за складом. Очевидно, це пов'язано з неповною дегазацією та гомогенізацією під час плавки при вказаній температурі.

Порівняльний аналіз базальтових стекол також відрізняється за елементним складом, особливо вмістом заліза, однак спостерігається наявна тенденція до зниження різниці в складі порошкоподібного еркльозу та вироблених волокон (таблиця 2).

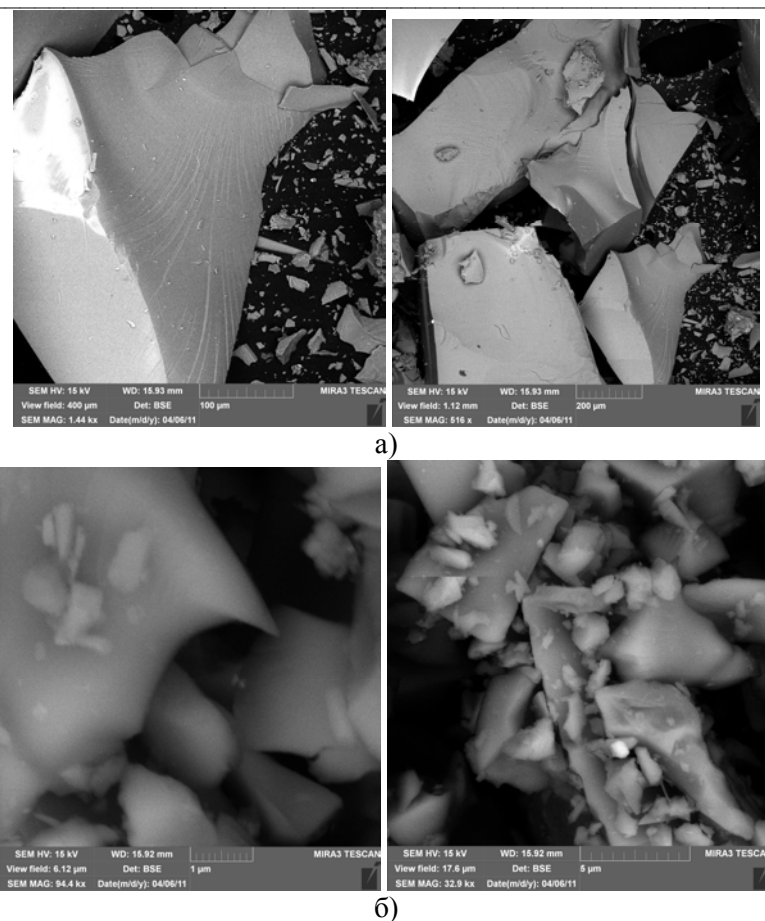


Рисунок 3. Мікрофотографії ерклёзу: а) ерклёз (масивне скло; б) (ерклёз) (порошок)

Таблиця 2

Елементний склад ерклёзу та порошку неперервних волокон

Елемент	Масивне скло (ерклёз)		Масивне скло (ерклёз) (порошок)		БНВ (порошок)	
	Ваговий, %	Атомний, %	Ваговий, %	Атомний, %	Ваговий, %	Атомний, %
С К	1.11	1.73	3.13	5.49	3.49	6.17
О К	64.72	75.74	48.18	63.55	47.30	62.75
Na К	2.17	1.77	1.55	1.42	1.58	1.46
Mg К	3.02	2.32	2.50	2.17	2.33	2.04
Al К	5.92	4.11	5.20	4.06	4.92	3.87
Si К	18.66	12.44	19.63	14.75	19.14	14.47
К К	0.30	0.14	0.61	0.33	0.66	0.36
Ca К	2.58	1.20	5.86	3.08	6.30	3.33
Ti К	0.58	0.23	1.53	0.67	1.87	0.83
Fe К	0.95	0.32	11.83	4.47	12.40	4.71
Всього	100.00		100.00		100.00	

Аналогічна та більш виражена картина спостерігається при дослідженні неперервних волокон (Рис. 4,5).

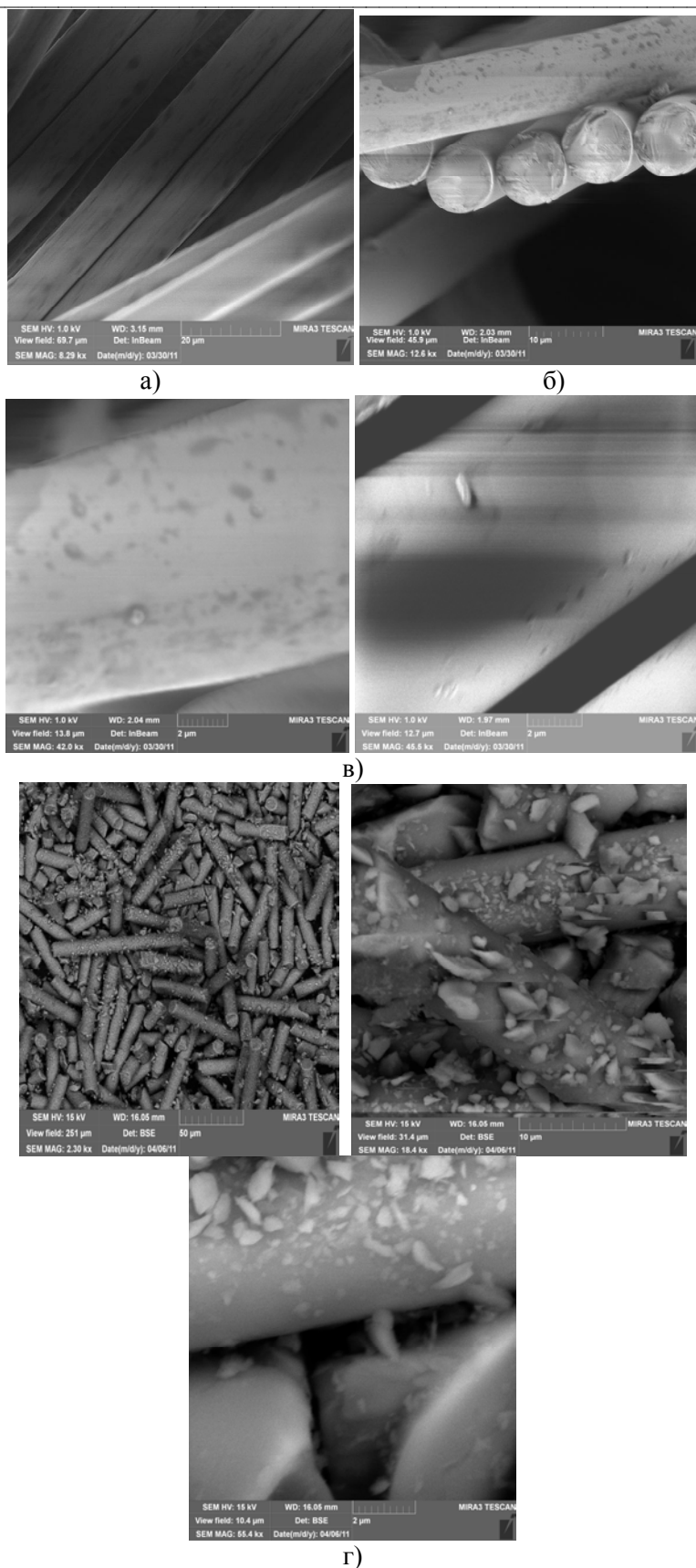


Рисунок 4 – Мікрофотографії неперервних волокон  
 а) неперервні волокна; б) переріз та поверхня волокон;  
 в) поверхня волокон, г) мелені неперервні волокна

Елементний склад еркульозу та порошку неперервних волокон

Елемент	Базальтоне неперервне волокно, ваг. %								
	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Спектр 4	Спектр 5	Макс.	Мін.	Серед.	Станд. відх.
С К	12.67	16.02	7.53	9.08	9.08	16.02	3.41	9.74	4.83
О К	45.95	45.44	45.36	46.93	48.36	48.36	45.36	46.41	1.26
Na К	1.46	1.32	1.41	1.54	1.74	1.74	1.32	1.49	0.16
Mg К	1.95	1.84	2.15	2.22	2.59	2.59	1.84	2.15	0.29
Al К	3.66	3.28	4.43	4.07	4.87	4.87	3.28	4.06	0.62
Si К	12.16	11.00	16.77	13.74	16.39	16.77	11.00	14.01	2.54
К К	0.25	0.21	0.65	0.21	0.29	0.65	0.21	0.32	0.19
Ca К	2.01	1.74	6.72	2.57	2.38	6.72	1.74	3.09	2.06
Ti К	0.41	0.41	1.38	0.56	0.45	1.38	0.41	0.64	0.42
Fe К	19.48	18.75	13.60	19.09	19.53	19.53	13.60	18.09	2.53
Всього	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0			100.00	

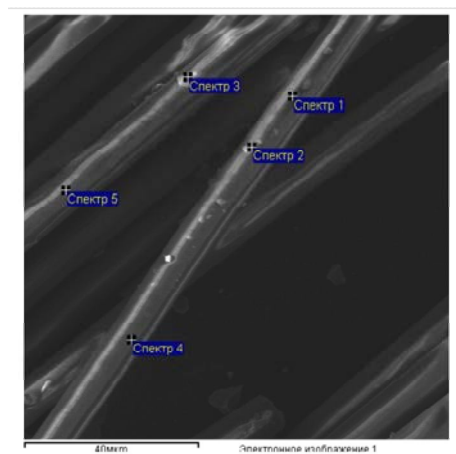


Рисунок 5 – Мікрофотографії неперервних волокон

Такі відхилення у складі досліджуваних зразків зумовлюють появу поверхневих дефектів на волокнах та в подальшому впливають їх на фізико-механічні характеристики.

#### Висновки

Природні гірські породи мають доволі неоднорідну будову, пов'язану з наявністю різного роду вкраплень.

Базальтоне скло також включає деякі вкраплення різного ступеню удосконалення та скритокристалічні фази, очевидно пов'язані з процесами перекристалізації в переохоложеному розплаві.

Відхилення у складі та поверхневі дефекти на волокнах в подальшому впливають їх на фізико-механічні характеристики.

1. Заарицкий А. Н. Избранные труды, Издательство: Академия наук СССР, 1956 г.
2. Кузнецов Е. А., Петрография магматических и метаморфических пород, М., 1956.
3. Батти Х., Принг А. Минералогия для студентов под редакцией канд. геол.-мин. наук С.В. Соколова. // Москва "Мир" 2001.
4. Джигирис Д. Д., Махова М. Ф., Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М., 2002.