

УДК 666.596:66-911.48

Черняк Л.П.

Національний технічний університет України “КПІ ім. І. Сікорського”, м. Київ

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ТА ВЛАСТИВОСТІ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

Наведені результати досліджень властивостей порід вулканічного походження – базальту та андезиту (родовищ Західної України) як потенційної сировини для силікатних виробництв. Показані особливості їх вихідного хіміко-мінералогічного складу, що пов’язані з відмінностями генезису, та залежність фізико-механічних властивостей від ступеня спікання та структурних перетворень при випалі.

Приведены результаты исследований свойств пород вулканического происхождения - базальта и андезита (месторождений Западной Украины) как потенциального сырья для силикатных производств. Показаны особенности их исходного химико-минералогического состава, связанные с различиями генезиса, и зависимость физико-механических свойств от степени спекания и структурных преобразований при обжиге.

Results over of researches of properties materials of volcanic origin - basalt and andesite of deposits of Western Ukraine as potential raw material for silicate productions are presented. The features of their weekend of chemical and mineralogical composition, related to the differences of genesis, and dependence of physical and mechanical properties, from the degree of спікання and structural transformations at burning are shown.

Вступ

Розширення і ефективне використання сировинної бази є передумовою розвитку виробництва силікатних матеріалів різного призначення [1, 2]. При цьому значна увага приділяється магматичним породам, які складають превалюючу частку літосфери, в тому числі в Україні [3-6]. Для визначення напрямків застосування і оптимізації технологічних параметрів силікатних виробництв при застосуванні магматичних порід як вихідної сировини слід враховувати особливості їх складу та властивостей, що суттєво залежать від генезису, способу підготовки та формування, ступеня термічної обробки, що є предметом численних досліджень [7-11], зокрема в поданій роботі щодо родовищ Західної України.

Характеристика об'єктів дослідження

Об'єктами дослідження стали базальт Берестовецького родовища Рівненської області та андезит Закарпатської області [12-14].

Встановлено, що досліджувані магматичні породи характеризуються суттєвими відмінностями хіміко-мінералогічного складу.

За хімічним складом (табл. 1) проба базальту відрізняється від андезиту більшим вмістом TiO_2 , CaO , MgO , наявністю 0,42 мас. % P_2O_5 . В свою чергу андезит містить більшу кількість Al_2O_3 - 17,81 мас. %.

Згідно з прийнятою класифікацією, базальт і андезит по відносній глибині кристалізації відносяться до екструзивних вулканічних порід, що застигли на поверхні (вулканіти) або поблизу неї (субвулканіти), при цьому за вмістом кремнезему проба базальту входить у групу базитових (45-55 мас. %), проба андезиту – у групу середніх (55-60 мас. %).

Таблиця 1.

Хімічний склад проб магматичних порід

Проба	Вміст оксидів, мас. %												
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	CaO	MgO	MnO	SO_3	P_2O_5	Na_2O	K_2O	в.п.п.
Базальт	50,40	12,88	3,97	10,17	3,12	9,24	5,51	0,20	0,15	0,42	2,60	0,80	2,50
Андезит	57,7	17,81	4,65	4,36	0,86	5,04	2,45	0,16	0,17	0,20	2,48	1,78	2,54

Базальти та андезити характеризуються значним розвитком кристалічних фаз. За даними петрографічного та рентгенофазового аналізів проба базальту містить піроксен (авгіт), плагіоклаз (лабрадор), рудний мінерал (магнетит), що розподілені у склофазі (рис. 1). Андезит відзначається наявністю піроксену (авгіту), плагіоклазу (андезину), хлориту, рудного мінералу (магнетиту), розподілених у склофазі (рис. 2). При цьому базальт містить суттєво більше магнетиту та піроксену (авгіту), ніж андезит.

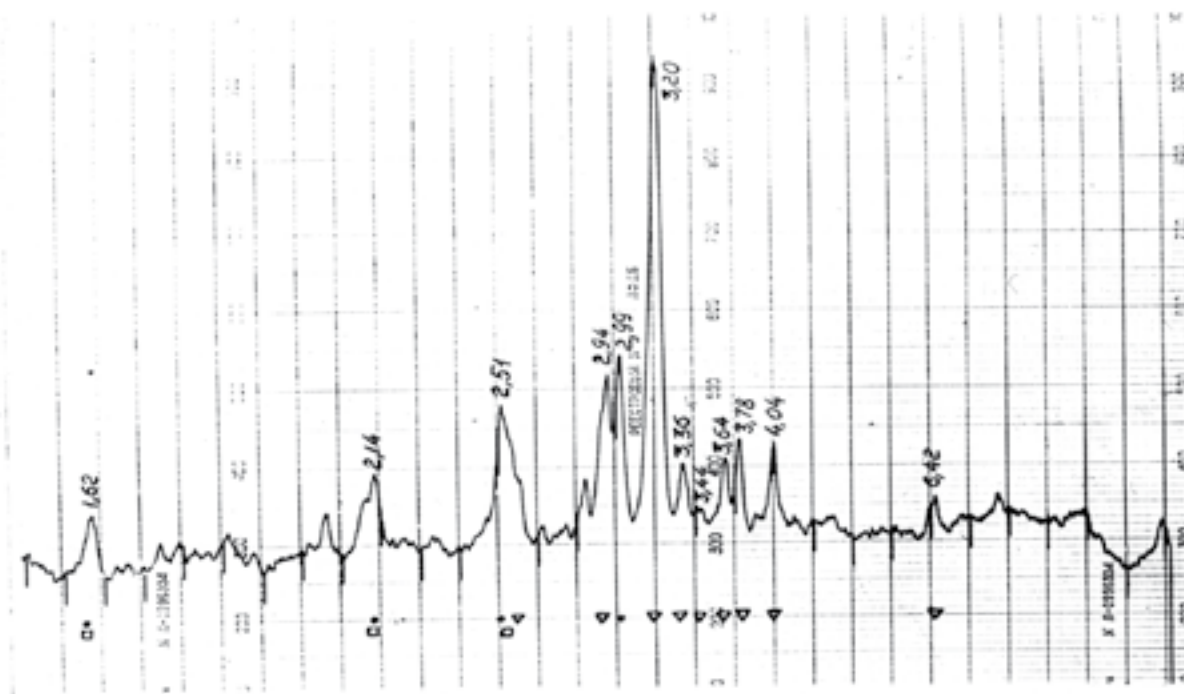


Рис. 1. Дифрактограма проби базальту

Позначення: ▽ плагіоклаз – лабрадор, ● піроксен – авгіт, □ магнетит.

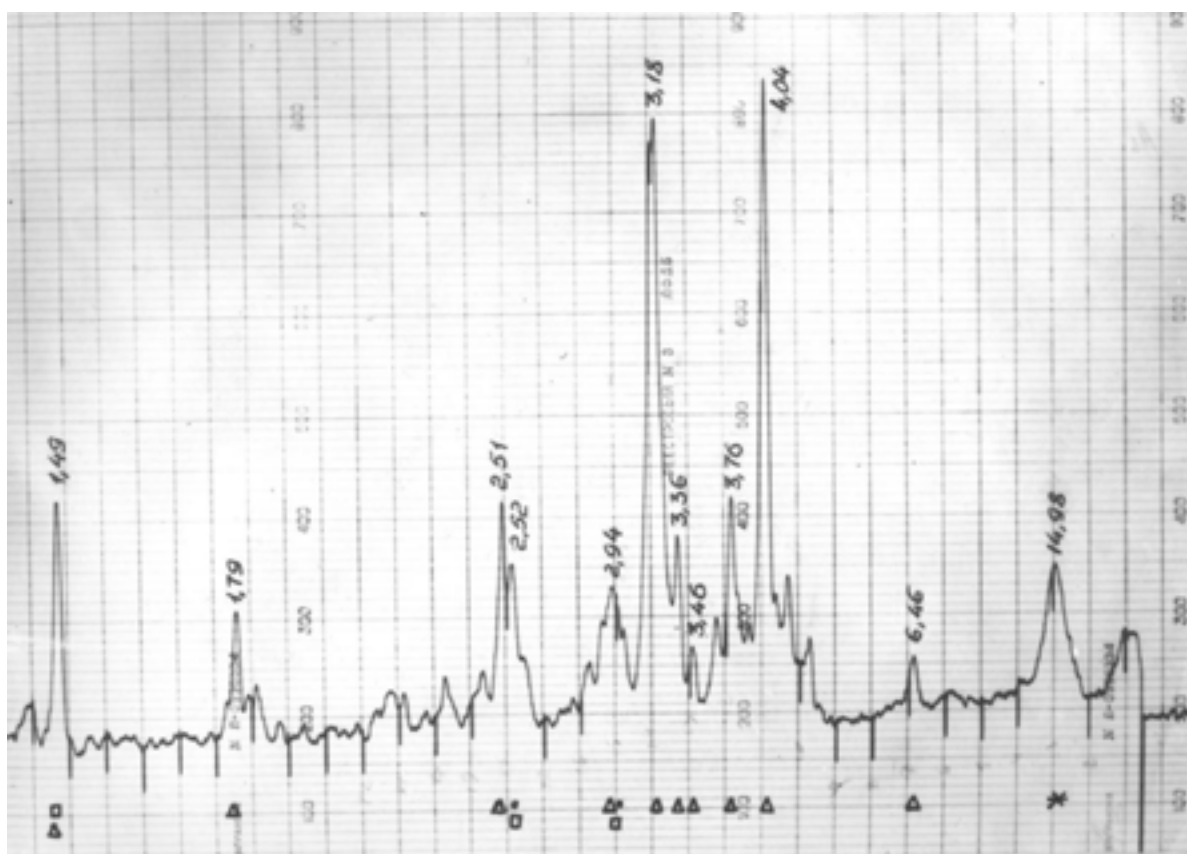


Рис. 2. Дифрактограма проби андезиту

Позначення: Δ плагіоклаз – андезин, ● піроксен – авгіт, □ магнетит, * хлорит.

Аналіз топкості, проведений за допомогою нагрівального мікроскопу МНО-2, показав, що області розм'якшення (1142-1184°C) і топлення (1184-1258°C) базальту знаходяться у межах суттєво менших температур випалу, ніж андезиту, відповідно до 1183-1279 і 1279-1316°C.

Властивості порід при випалі

Вказані особливості хіміко-мінералогічного складу досліджуваних магматичних порід визначають відмінності структурних перетворень при їх випалі в процесі силікатних виробництв та відповідно до властивостей матеріалу.

Для оцінки таких відмінностей шляхом тонкого помелу (залишок 4 - 6 % на ситі 10000 отв./см²) досліджуваних порід і пресування (питомий тиск 24 МПа) готували зразки розміром 80x40x6 мм, які випалювали в інтервалі максимальних температур 1000-1150°C з витримкою 1 година. Зразки, показники яких порівнювались, випалювали спільно, аби унеможливити різницю у ступені термічної обробки.

Як свідчать результати тестувань (табл. 1), досліджувані породи суттєво відрізняються по залежності фізико-механічних показників від ступеня термічної обробки. Зразки базальту і андезиту практично не змінюють показники в інтервалі максимальних температур випалу від 1000 до 1050°C. При подальшому збільшенні ступеню термічної обробки має місце інтенсифікація спікання з відповідною зміною показників властивостей матеріалу. При цьому спостерігається відносно більша інтенсивність спікання зразків базальту у порівнянні з андезитом. В інтервалі максимальних температур випалу 1050-1150°C це проявляється у збільшенні зсідання у випадку базальту – від 0,4 до 10,9 % проти від 0,3 до 7,2 % та густини від 1,79 до 2,55 г/см³ проти від 1,87 до 2,38 г/см³ (рис. 3).

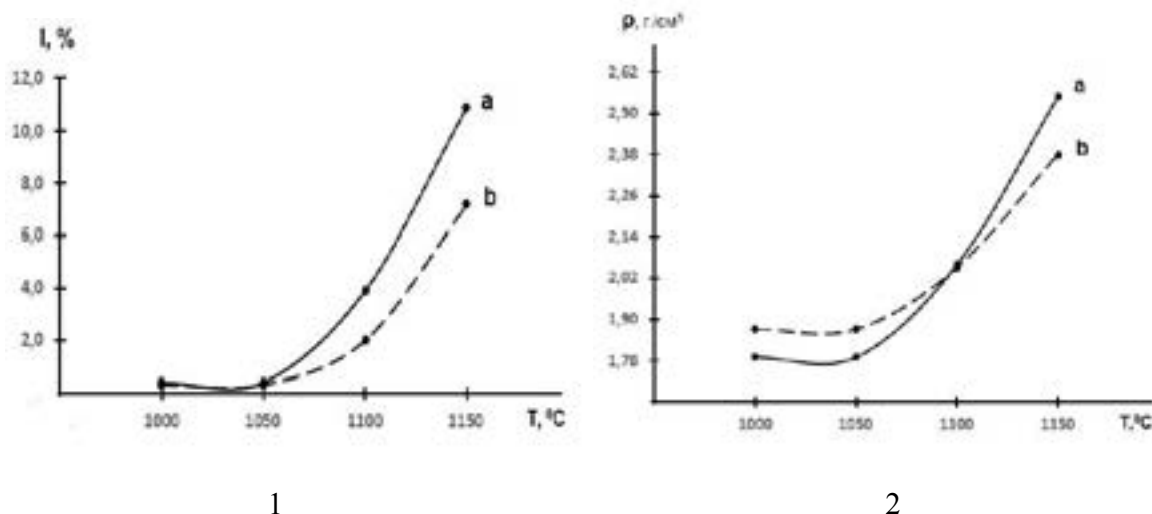


Рис. 3. Залежність зсідання (1) та густини (2) від максимальної температури випалу базальту (а) і андезиту (б)

Залежність водопоглинання та міцності на згин зразків від максимальної температури випалу для обох порід аналогічна зсіданню та густині: практична відсутність змін в інтервалі 1000-1050°C і поступове зменшення водопоглинання та зростання міцності в інтервалі 1050-1150°C (рис. 4). При цьому інтенсивність цих змін також суттєво вища у випадку базальту – від 20,1 до 0,0 % проти від 15,7 до 3,2 % для андезиту та від 6,5 до 57,1 МПа (у 10 раз) проти від 7,3 до 22,1 МПа (у 3 рази).

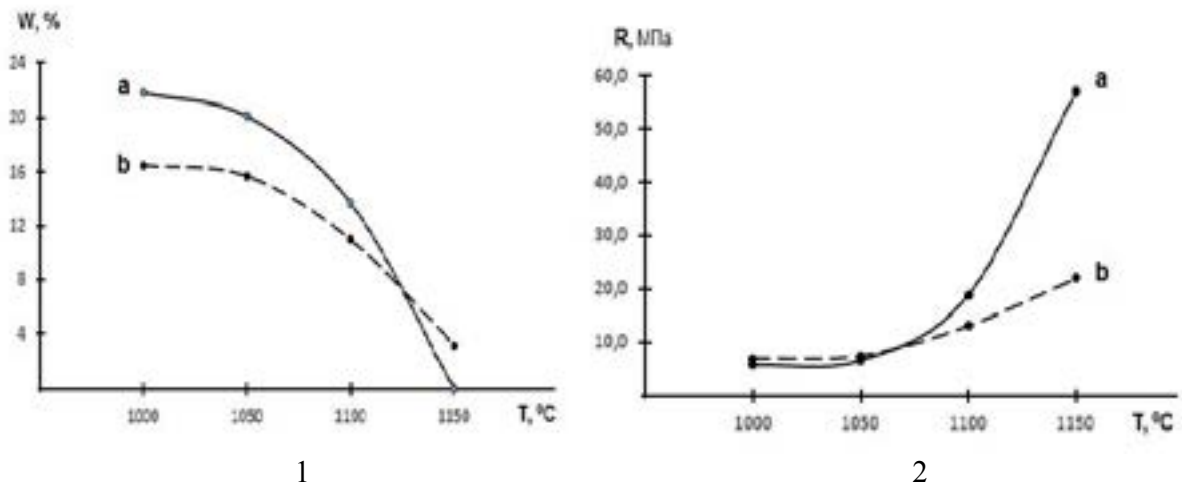


Рис. 4. Залежність водопоглинання (1) і міцності на згин (2) від максимальної температури випалу базальту (а) і андезиту (b)

Крім водопоглинання та міцності як експлуатаційних характеристик, слід відзначити відмінності у хімічній стійкості досліджуваних порід. Так, аналіз зразків показав (табл. 2), що із збільшенням максимальної температури випалу з 1050 до 1150°C кислотостійкість базальту зростає з 90,98 до 99,13%, а андезиту - з 95,96 до 98,35%.

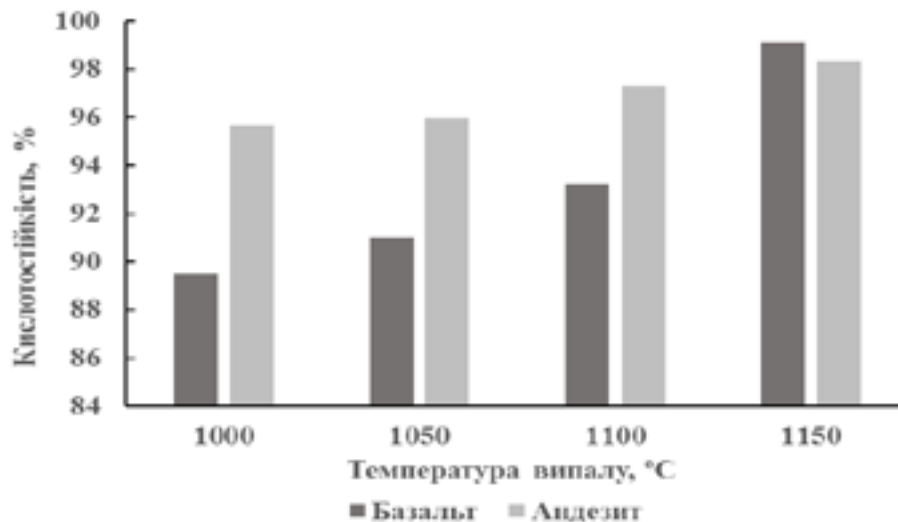


Рис. 5. Кислотостійкість зразків порід після випалу

Особливості структуроутворення порід при випалі

Викладені вище зміни показників властивостей досліджуваних магматичних порід пов'язуються з особливостями їх структуроутворення при випалі. Так, відзначені більша топкість базальту поряд з інтенсифікацією спікання супроводжуються зменшенням відкритої пористості продукту випалу у порівнянні з андезитом (табл. 2). Після випалу при максимальній температурі 1150°C зразки базальту характеризуються відсутністю відкритої пористості проти 7,6 % її у випадку андезиту.

Вказані відмінності в пористості випалених зразків досліджуваних порід корелюються з результатами їх петрографічного аналізу. Встановлено, що ідентичними ознаками випалених зразків базальту і андезиту є наявність залишкових частинок основних породоутворюючих мінералів - плагіоклазу, піроксену, магнетиту, кородованих, аморфізованих і розподілених у склофазі. При цьому відзначається, що структура зразків базальту відрізняється від андезиту значно більшим ступенем рівномірності розподілу частинок кристалічних фаз у склофазі, а також більшою кількістю гематиту, що утворився за рахунок піроксену та магнетиту.

Таблиця 2.

Пористість зразків порід після випалу

Порода	Температура випалу, °C	Різновид пористості, %		Питома частка закритих пор, %
		відкрита	загальна	
Базальт	1000	39,0	40,0	2,5
	1050	38,0	40,0	5,0
	1100	28,2	29,0	2,8
	1150	0,0	7,0	100,0
Андезит	1000	30,8	34,4	10,5
	1050	29,4	32,4	9,3
	1100	22,6	24,1	6,2
	1150	7,6	9,8	22,4

Рентгенофазовий аналіз дозволив встановити деякі особливості фазових перетворень при випалі досліджуваних магматичних порід (рис. 6).

Для базальту із збільшенням ступеню термічної обробки характерні наявність і зростання інтенсивності рефлексів гематиту $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ за рахунок магнетиту і піроксену (авгіту), інтенсивність рефлексів яких відповідно зменшується. Зміна співвідношення інтенсивності характерних рефлексів нульового шпату (лабрадору) вказує на його структурну перебудову при випалі.

У випадку андезиту утворення при випалі гематиту по магнетиту і піроксену відзначається в суттєво меншому ступені, ніж для базальту. Аналогічно базальту

спостерігається структурна перебудова польового шпату (андезину), крім того, характерне руйнування ґратки хлориту.

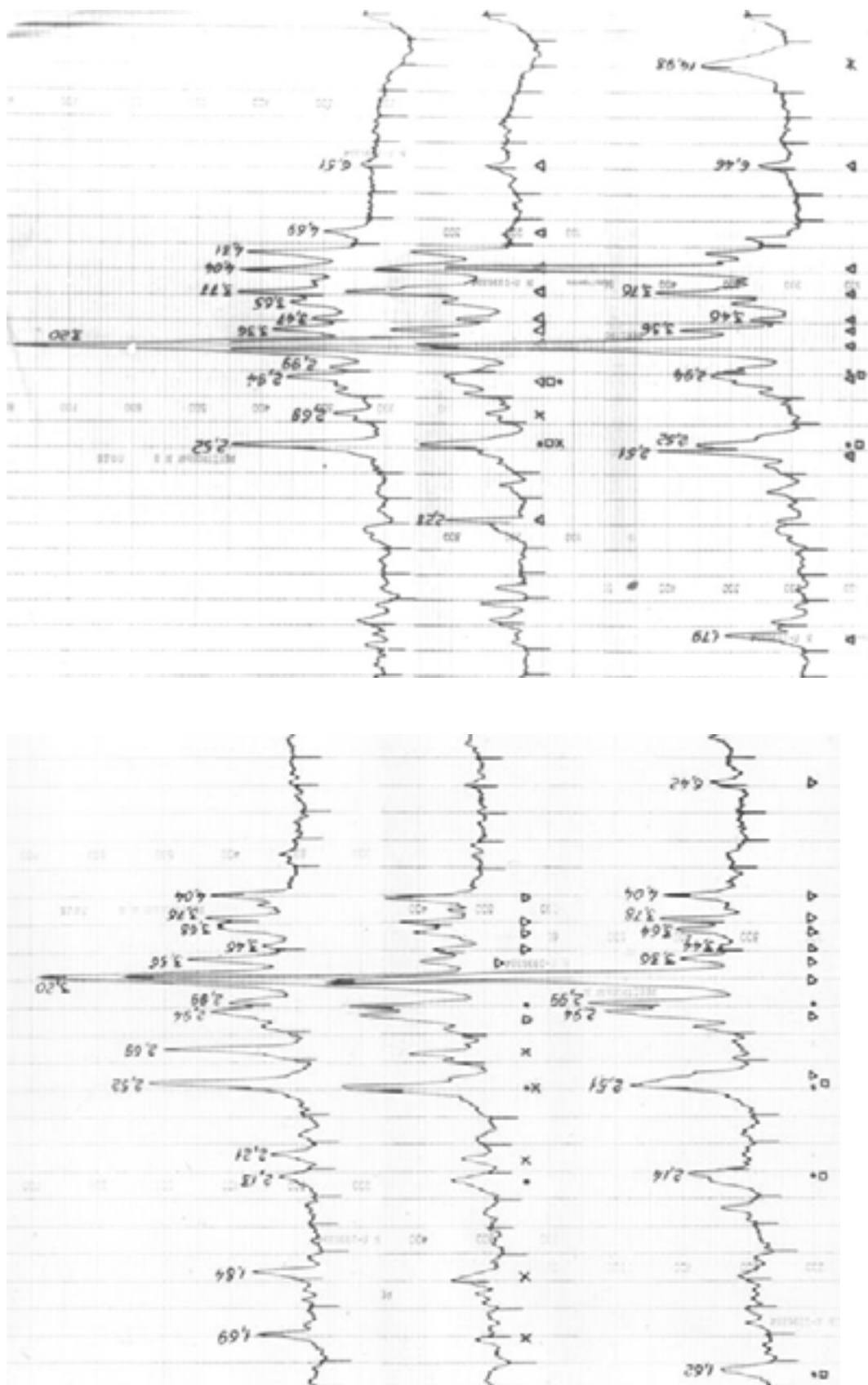


Рис. 6. Дифрактограма зразків андезиту у вихідному стані (а) після випалу на 1000°C (b) і 1150°C (с).
Позначення: ▲ плагіоклаз (андезин), ● піроксен (андезин), ■ магнетит, x хлорит

Висновки

Комплексний аналіз складу, структури та властивостей досліджуваних магматичних порід дозволив виділити ряд закономірностей

Більша інтенсивність спікання базальту, у порівнянні з андезитом в інтервалі максимальних температур випалу 1050- 1150°C, пов'язується з суттєво меншим вмістом Al_2O_3 та каталітичним впливом P_2O_5 на швидкість утворення рідкої фази. В свою чергу, більша ступінь утворення гематиту по магнетиту та піроксену пояснюється не лише їх більш високим, ніж у андезиту, вмістом у вихідному хіміко-мінералогічному складі базальту, але й тим, що цей процес протікає в присутності відносно більшої кількості рідкої фази. Таким чином, при випалі базальту формується відносно більш досконала структура, що відрізняється більшою кількістю кристалічних новоутворень, порівняно рівномірно розподілених у склофазі, та високою густиною.

Вказані ознаки досконалості структури випалених зразків базальту визначають їх високі фізико-механічні показники. Результатом розподілу оксидів заліза, в том числі у вигляді гематиту, в склофазі є різке зростання кислотостійкості базальту при збільшенні температури випалу від 1000 до 1150°C. Загалом, кислотостійкості випалених зразків досліджуваних порід прямим чином залежить від їх пористості. Як відомо, із зростанням пористості збільшується поверхня контакту матеріалу з агресивним середовищем, що сприяє його розчинності. Особливості структуроутворення та властивостей досліджуваних порід вулканічного походження необхідно враховувати при визначенні технологічних параметрів силікатних виробництв з їх використанням.

Перелік посилань

1. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / Удачкин И.Б., Пащенко А.А., Черняк Л.П., Захарченко П.В., Семидидько А.С., Мясникова Е.А. – К.: Будівельник, 1988. – 104 с.
2. Сальник В.Г. Расширение сырьевой базы для производства санитарно-технической керамики / В.Г. Сальник, В.А. Свидерский, Л.П. Черняк / Стекло и керамика. – 2009. - № 1. – С. 34 – 38.
3. *Pellant Chris*. Rocks and Minerals. Smithsonian Handbooks. - New York: Dorling Kindersley, 2002. – 256 p.
4. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2004—2013.
5. *Козырев В.В.* Вулканические породы как сырье для керамической промышленности / В.В. Козырев, Ю.С. Слепнев, Л.В. Ерохина - М.: ВНИИЭСМ, 1975.- 45 с.
6. Минерально-сырьевая база горных пород Украины для производства волокон / В.И.

- Трефилов, М.Ф. Махова, Д.Д. Джигирис, В.П. Сергеев, Е.С. Мищенко и др.* – М.: Изд. ВНИИЭСМ, 1992. – 90 с.
7. *Мороз Б.И.* Влияние базальта на спекаемость глин различного химико-минералогического состава / *Б.И.Мороз, Л.П. Черняк, М.Х. Лучка* // *Стекло и керамика.* – 1976. - № 8. – С. 23-24.
8. *Гуменюк Е.Л.* Керамические кислотоупорные изделия из масс с добавкой обсидиана / *Е.Л. Гуменюк, Л.П. Черняк* // *ВНИИЭСМ.Сер.Керамическая промышленность.* – М., 1976.–Вып. 6. – С. 14-15.
9. *Гуменюк Е.Л.* Структурообразование и свойства некоторых пород вулканического происхождения / *Е.Л. Гуменюк, Р.М. Зайонц, Л.П. Черняк* // *Труды института НИИстройкерамика. Исследования в области технологии производства новых видов керамических изделий..* – М.: Стройиздат,1980. - С. 109 – 117.
10. *Аблесимов Н. Е.* Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах. Базальты: от извержения до волокна / *Н.В. Аблесимов, А.Н. Земцов* // М.: ИТиГ ДВО РАН, 2010. - 400 с.
11. *Palmieri A.* Basalt fibres: Mechanical properties and applications for concrete structures / *A. Palmieri, S. Matthys, M. Tierens* // Taylor and Francis Group, 2009. Электронный ресурс: <http://www.build-on-prince.com/basalt-fiber.html>
12. *Кожневский С.Р.* Базальт – черное золото Украины. Электронный ресурс: http://vodospad.com/articles/beautiful-places/bazalt_zoloto.html
13. *Поп С.С.* Природні ресурси Закарпаття: навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів і учнів серед, шкіл / *С.С. Поп* – Ужгород: Спектраль, 2003. – 296 с.
14. *Черняк Л.П.* Критерії вибору сировини для сучасного виробництва будівельної кераміки // *Строительные материалы и изделия.*- 2003.- №1 – С. 2-4, №2. - С. 6 - 8.