

УДК 549.642 : 544.021 : 553.22 (477)

Синицин В.О., Михальченко І.І., Шевела А.Ю.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД ПІРОКСЕНІВ З АЛЬБІТИТІВ ЗОНИ АДАБАСЬКОГО РОЗЛОМУ (НОВОУКРАЇНСЬКИЙ МАСИВ, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Наведені вперше одержані методом локального рентгеноспектрального аналізу дані про хімічний склад піроксенів з апогранітних альбітитів зони Адабаського розлому (Новоукраїнський гранітоїдний масив Кіровоградського мегаблоку Українського щита). Одержані результати порівняні з відомими даними про хімічний склад піроксенів цієї формації з інших об'єктів Українського щита. Показано, що досліджені моноклінні піроксени відносяться до кальцієвих і кальцієво-натрієвих. Виходячи з їх складу, стверджується, що піроксен-вмісні альбітити утворювались за умов широкого діапазону термобаричних параметрів, які відповідають середньо- і високотемпературним фаціям натрієвих лужних метасоматитів. Автори припускають, що специфікою умов утворення досліджених альбітитів пояснюється їх торій-уранова спеціалізація, яка відрізняє їх від інших урановорудних об'єктів Українського щита формації лужних натрієвих метасоматитів.

Постановка проблеми. З формацією лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів у породах кристалічних фундаментів докембрійських платформ (окрім Антарктиди) генетично пов'язані утворення уранових, торій-уранових, скандій-ванадієвих, рідкіснометальних рудних об'єктів [2, 3]. Піроксени відносяться до головних породотвірних мінералів, зокрема, тилових зон метасоматичних колонок окремих частин "вертикальної" метасоматичної зональності лужних натрієвих метасоматитів (ЛНМ). У кристалічному фундаменті центральної частини Українського щита (УЩ) різноманіття мінерального складу ЛНМ визначається як досить строкатим складом вихідних порід (граніти, мігматити, гнейси, кумінгтонітові, актинолітові сланці, залістисті і діопсидові кварцити, доломіти, а також породи основного складу) [1, 2, 8], так і широким діапазоном фізико-хімічних умов формування [2, 11, 12]. Актуальність дослідження хімічного

складу піроксенів ЛНМ обумовлена, в тому числі, можливістю оцінки з використанням цієї ознаки фізико-хімічних параметрів гідротермально-метасоматичного породотворення [2, 12].

Зв'язок роботи з науковими планами, темами. Дослідження пов'язане з виконанням наукових робіт науково-навчального Інституту геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка за темою «Створення геологічного депозитарію північно-західної та центральної частин Українського щита», наукових робіт Інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення ім. М.П.Семененка НАНУ за темами «Хроностратиграфія та геодинаміка мегаблоків Українського щита» та «Генезис уранових родовищ центральної частини Українського щита», а також геологорозвідувальних робіт казенного підприємства (КП) «Кіровогеологія».

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Вірогідно, перше повідомлення про хімічний склад егірину з гідротермально-метасоматичних порід кристалічного фундаменту центральної частини УЩ (район річки Жовтої, зона Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому) було наведено М.Г.Світальським у 1927 р. [10]. Починаючи з 50-х років минулого сторіччя (після відкриття Жовторіченського, Ганнівського та Первомайського уранових родовищ), хімічний склад піроксенів ЛНМ зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому (Криворізько-Кременчуцька металогенічна зона) досліджувався, зокрема, методом хімічного аналізу монофракцій [4, 5, 9, 13]. З кінця 70-х років минулого сторіччя вивчення хімічного складу мінералів ЛНМ виконувалось, переважно, із застосуванням методу локального рентгено-спектрального (мікрозондового) аналізу. Цим методом дослідження були проведені для ЛНМ центральної частини УЩ в межах Центральноукраїнського (ураноносні апогранітні альбітити Новокосянтинівської та Глодоської зон розломів) та Кіровоградського (ураноносні апогнейсові та апогранітні альбітити зони Кіровоградського розлому) рудних районів [2, 7, 12, 14], а також для ЛНМ з U- та V-Sc-мінералізацією в межах Жовторіченського, Ганнівського, Первомайського родовищ (вихідні породи – залістисті кварцити і кристалосланці, кристалосланці актинолітового горизонту, діопсидові кварцити, доломітові породи) [1, 4, 12].

З аналізу даних, які наведені в цих роботах, випливає, що піроксени ЛНМ центральної частини УЩ представлені, кальцієвими, кальцій-натрієвими та натрієвими, переважно, безглиноземними або низькоглиноземними відмінами. Таким чином, склад піроксенів з ЛНМ може бути виражений співвідношеннями діопсидового, геденбергітового та егіринового компонентів. Головними параметрами складу цих мінералів є атомне співвідношення $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$ та $\text{Fe}^{+3}/(\text{Fe}^{+3}+\text{Fe}^{+2})$. Величина атомного співвідношення $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ піроксенів (як і амфіболів) досліджених ЛНМ УЩ змінюється в діапазонах від 0 до 0,5 та від 0,75 до 1. Емпіричні дані свід-

чать, що в індивідуальних тілах ЛНМ з глибиною (тобто зі збільшенням температури і тиску) зростає величина $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ метасоматичних амфіболів та піроксенів [2, 11, 12]. Магнетизальність та ступінь окиснення заліза для піроксенів змінюється в широких межах і, вірогідно, залежить від складу вихідних порід.

Слід зазначити, що піроксени (акміти) з ЛНМ, які утворилися по безглиноземних і беззалістистих вихідних породах (діопсидові кварцити, доломіти) зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому іноді вирізняються високим вмістом V_2O_5 – до 9 мас.% і вище. Подібні закономірності властиві також амфіболам з ЛНМ [1]. В роботі [4] відзначається наявність значної домішки Sc в складі піроксенів цих ЛНМ.

ЛНМ розломних зон, які перетинають Новоукраїнський масив (Кіровоградський мегаблок УЩ) утворились, переважно, по гранатбіотитових гранітах новоукраїнського комплексу ($\text{PR}_{1\text{ни}}$), які мають досить однорідний хімічний і мінеральний склад. У літературі [2, 11, 12] наводяться результати дослідження хімічного складу піроксенів апогранітних альбітитів Глодоської та Новокосянтинівської зон розломів у межах цього масиву (Новокосянтинівський рудний вузол). Ці дані свідчать про наявність у метасоматитах клінопіроксенів, що належать до егіринів, егірин-діопсидів, салітів та діопсидів. Кальцієві різновиди подекуди асоціюють з воластонітом [2, 11]. Літературні дані про хімічний склад піроксенів з альбітитів Адабаської зони розломів (Партизанський рудний вузол) наразі не відомі. В цій зоні попередниками (М.Ф.Сиродоев та ін., 1978-1984 рр.) була виявлена низка торій-уранових рудних об'єктів, пов'язаних з формацією ЛНМ, на відміну від рудних альбітитів Новокосянтинівської й Глодоської зон розломів, які мають, переважно, монометальну уранову рудну спеціалізацію. Вказана особливість обумовлює інтерес до дослідження альбітитів Адабаської зони розломів, зокрема породотвірних піроксенів, хімічний склад яких є одним з індикаторів фізико-хімічних умов формування ЛНМ [2, 11, 12].

Об'єкт дослідження – ЛНМ зони Адабаського розлому (ЗАР).

Предмет дослідження – хімічний склад піроксенів апогранітних альбітитів ЗАР.

Мета дослідження – визначити головні характеристики хімічного складу піроксенів апогранітних альбітитів ЗАР.

Послідовність виконання дослідження для досягнення поставленої мети включала: збір та аналіз наявних результатів геологічного вивчення об'єкту досліджень; документацію керну свердловини з відбором зразків; макроскопічний опис зразків; петрографічне дослідження прозорих шліфів та електронно-мікроскопічне дослідження прозорополірованих шліфів; визначення хімічного складу породотвірних мінералів з використанням електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-202М з енергодисперсійним спектрометром (науково-дослідна лабораторія мінералого-геохімічних досліджень Інституту геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка); узагальнення, аналіз та інтерпретацію отриманих результатів. Класифікацію піроксенів проведено за [19].

Геологічна будова. Ділянка дослідження знаходиться в центральній частині складного поліфазового інтрузивного Новоукраїнського масиву. В розрізі верхньої частини земної кори тут виділяється два структурних яруси. Нижній складений докембрійськими утвореннями фундаменту, на ньому горизонтально залягають палеогенові, неогенові та четвертинні рихлі утворення верхнього ярусу.

Новоукраїнський масив складений основними, середніми та кислими (переважають) магматичними породами одноіменного комплексу (PR_{1nu}). Серед кислих порід у межах ділянки досліджень (як і всього масиву) переважають порфіробластові, часто трахітоїдні, альмандин-біотитові граніти. Монцоніти (іноді кварцові) та альмандин-біотит-гіперстеневі граніти зустрічаються тут у вигляді окремих невеликих тіл неправильної форми. Жильна фаза комплексу представлена середньо та дрібнозернистими лейкократовими гранітами. Зустрічаються ксеноліти метаморфічних і ультраметаморфічних порід.

Партизанське рудне поле було виявлене наприкінці 70-х років минулого сторіччя гео-

логами пошуково-знімальної експедиції (ПЗЕ) №46 казенного підприємства «Кіровогеологія» (сучасні назви) в області перетину північно-західної Войновської і північно-східної Адабаської зон розломів. Перша зона розломів представлена швами бластомілонітів, катаклазитів, жилами гранітів та дайками основних і ультраосновних порід северинського комплексу (PR_{1sv}) (назва комплексу за О.М.Сухініним, 1984 р.), друга – швами бластомілонітів, бластокатаклазитів, мілонітів, катаклазитів, зонами розсланцювання, тріщинуватості та брекчіювання.

Головним диз'юнктивним порушенням у межах ділянки досліджень є Адабаський розлом північно-східного простягання та північно-західного падіння, який складається зі швів бластомілонітів, бластокатаклазитів, мілонітів, катаклазитів, зон розсланцювання, тріщинуватості та брекчіювання загальною потужністю від 20 до 160 м. Поблизу цієї розривної структури встановлені дрібніші розломи того ж простягання, які разом утворили зону, в якій відбулись інтенсивні гідротермально-метасоматичні перетворення усіх зазначених вище вихідних магматичних і метаморфічних порід. Гідротермально-метасоматичні породи представлені формацією ЛНМ зон глибинних розломів (PR_{1mt}), а також зонами епідотизації та окварцування вмісних гірських порід.

Гідротермально-метасоматичні перетворення гранітоїдів відбулися в дві стадії: ранню прогресивну (альбітиту) і завершальну споріднену (постальбітиту). «Горизонтальна» зональність метасоматичних тіл ранньої стадії в узагальненому вигляді має такий вигляд: незмінений граніт (нульова зона) → «діафторований» граніт (передова зона) → альбіт-мікрокліновий або мікроклін-альбітовий метасоматит, який часто на практиці іменують «сієнітом» (проміжна зона) → альбітит (тилова зона). В цілому така будова метасоматичних ореолів характерна для ЛНМ по алюмосилікатних породах [2, 11]. «Вертикальна» зональність ранньої стадії на метасоматичних об'єктах Адабаської зони розломів до останнього часу залишалась дослідженою недостатньо. Зокрема, це пов'язано з відсутністю аналітичних даних щодо складу темноколірних

мінералів тилкових зон метасоматичних тіл. За мінералого-петрографічними даними, в цих зонах переважають Na-Ca-піроксени, що за схемою [11] має вказувати на належність альбітитів Адабаської зони розломів, переважно, до середньо- або високотемпературної фації ЛНМ.

На рівні ерозійного зрізу фундаменту в Адабаській зоні розломів найбільшу площу займають ареали зони передового гідротермального метаморфізму, який ідентифікується за хлоритизацією та епідотизацією вихідних порід. Мікроклін-альбітові метасоматити й альбітити тяжіють до осьових частин різнорангових зон розломів. Характерною особливістю структури Партизанського рудного поля є те, що інтенсивні гідротермально-метасоматичні перетворення вихідних порід відбулись, переважно, в лежачому боці Адабаського розлому.

Матеріал дослідження. Був визначений хімічний склад 28 піроксенів з п'яти зразків керну свердловини пошуково-зйомочної експедиції (ПЗЕ) №46 КП «Кіровгеологія» (2010 р.) – наскрізного перетину апогранітних альбітитів, які утворились у лежачому боці Адабаського розлому. Нижче наведені короткі петрографічні описи зразків.

Зразок № 13. Альбітит піроксеновий, окварцований, хлоритизований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (дрібно-гігантозернистий), однорідний. Мінеральний склад: альбіт (ab) 40%, піроксен (px) 15%, кварц (q) 40%; другорядні мінерали: сидерит (sr) до 5%; акцесорні мінерали: апатит (ap), рудні мінерали.

Зразок № 14. Альбітит піроксеновий, окварцований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (дрібно-крупнозернистий), однорідний. Мінеральний склад: ab 60, px 10, q 30; акцесорні: ap.

Зразок № 24. Альбітит піроксеновий, окварцований, катаклазований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (дрібно-гігантозернистий), плямистий. Мінеральний склад: ab 50, px 40, q 10; акцесорні: ap, сфен (sph).

Зразок № 25. Альбітит піроксеновий, окварцований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (дрібно-

гігантозернистий), плямистий. Мінеральний склад: ab 65, px 20, q 15; акцесорні: ap, sph.

Зразок № 26. Альбітит піроксеновий, окварцований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (дрібно-гігантозернистий), плямистий. Мінеральний склад: ab 80, px 3, q 7; акцесорні: sph.

Зразок № 27. Альбітит гранат-піроксеновий, окварцований, хлоритизований, повнокристалічний, алотріоморфнозернистий, нерівномірнотернистий (переважно, крупно-гігантозернистий), однорідний. Мінеральний склад: ab 80, гранат 3, px 7%; акцесорні: sph, рудний мінерал.

Результати дослідження. Результати визначення хімічного складу піроксенів з альбітитів ЗАР наведені в табл. 1, а розраховані значення коефіцієнтів (формульних одиниць) кристалохімічних формул – у табл. 2. На рис. 1 склад піроксенів показаний з використанням класифікаційної діаграми для Ca-Mg-Fe- та Na-піроксенів [19]. Координатами діаграми є Aeg та Jd, відповідно, мольний вміст егіринового та жадеїтового мінералів, а також Q – сума значень мольного вмісту воластонітового (W[?]-o), енстатитового (En) та феросилітового (Fs) компонентів.

Класифікаційними полями діаграми є егірин (aegirine), жадеїт (jadeite), омфацит (omphacite), егірин-авгіт (aegirine-augite) та Ca-Mg-Fe піроксен (Quad). Зважаючи на те, що всі досліджені піроксени ЛНМ належать до натрієвих, кальцій-натрієвих або кальцієвих клінопіроксенів, координата Q барицентричного трикутника відповідає мольному вмісту кальцієвих піроксенів – Ca(Mg,Fe)Si₂O₆, а поле Quad діаграми обмежує склад мінералів діопсид-гіденбергітового ряду. Крім піроксенів з альбітитів ЗАР, досліджених у цій роботі (рис. 1г), за результатами перерахунку літературних даних на рисунках 1а, 1б та 1в показано фігуративні точки складу піроксенів з ЛНМ інших районів їх поширення – Новоколятинівської, Глодоської та Криворізько-Кременчуцької зон розломів.

Обговорення результатів. За даними хімічних аналізів, піроксени з альбітитів ЗАР відносяться до кальцієвих і кальцій-натрієвих відмін. Атомне співвідношення Ca/(Ca+Na) у

їх складі змінюється в діапазонах від 0,2 до 0,5 та від 0,8 до 0,95 (рис. 1г). Набір визначених за співвідношенням Ca/(Ca+Na) відмін піроксенів з альбітитів ЗАР у цілому подібний до піроксенів альбітитів Новокостянтинівського

рудного вузла і відрізняється лише відсутністю егіринів, та наявністю в складі окремих мінералів значно більшого вмісту глинозему.

Таблиця 1.

Хімічний склад піроксенів з альбітитів зони Адабаського розлому
(за результатами локального рентгеноспектрального (мікрозондового) аналізу)

№№	Індекси вимірів	Вміст хімічних компонентів, мас.%								
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
1	13_01	54,88	1,14	1,09	21,70	0,78	3,95	8,59	0,02	7,85
2	13_03	55,86	0,91	1,18	21,35	0,64	3,82	7,97	0,03	8,24
3	14_01	55,61	4,81	1,06	24,44	0,47	1,96	1,08	0,06	10,51
4	14_02	51,55	2,04	1,51	18,75	0,49	6,74	11,58	0,05	7,30
5	14_03	50,55	0,02	1,32	25,46	1,14	2,76	10,31	0,01	8,43
6	14_04	53,33	0,59	1,29	26,49	0,5	3,04	5,08	0,00	9,68
7	14_05	53,39	0,85	1,19	25,16	0,62	2,85	5,21	0,00	10,73
8	14_06	53,80	1,81	1,02	24,60	0,53	2,97	5,31	0,01	9,95
9	24_01	53,04	0,53	2,30	26,57	0,68	2,14	4,60	0,09	10,06
10	24_02	53,83	1,35	1,95	25,25	0,41	2,98	5,13	0,00	9,09
11	24_03	52,90	2,69	1,04	21,71	0,73	5,07	7,44	0,11	8,33
12	24_04	52,63	1,76	0,97	20,79	1,13	4,73	10,29	0,00	7,69
13	24_05	52,42	1,66	0,93	24,47	0,55	3,22	7,00	0,08	9,66
14	24_06	51,24	0,52	1,06	20,49	0,70	5,79	12,98	0,11	7,11
15	24_08	53,28	0,00	1,29	27,73	0,6	2,14	5,73	0,03	9,20
16	24_09	51,20	0,85	1,60	24,70	0,53	3,41	8,85	0,25	8,60
17	25_02	51,09	0,62	1,37	23,35	0,47	4,10	10,93	0,05	8,02
18	25_03	53,47	2,80	1,04	21,64	0,81	4,11	6,88	0,00	9,26
19	25_04	51,94	0,44	2,06	26,20	0,55	2,90	6,36	0,08	9,47
20	25_05	49,46	0,00	0,93	23,86	0,75	4,50	13,64	0,06	6,81
21	25_06	50,41	0,04	1,20	23,01	0,87	4,85	13,41	0,00	6,21
22	25_07	49,95	3,20	1,24	22,94	0,45	3,79	10,78	0,00	7,65
23	25_08	50,38	0,49	1,20	23,55	0,63	4,77	11,29	0,06	7,63
24	26_02	49,67	1,49	1,21	20,93	0,61	5,64	13,20	0,05	7,21
25	27_02	50,36	0,00	1,54	19,08	0,95	7,17	19,72	0,01	1,17
26	27_03	51,94	0,08	1,07	17,04	0,76	8,76	18,46	0,00	1,89
27	27_06	51,87	0,00	1,39	16,51	1,07	8,44	19,83	0,00	0,88
28	27_08	52,07	0,00	1,05	18,45	0,67	8,05	17,51	0,02	2,17

Загальний вміст хімічних компонентів приведений до 100,00 мас. %.

Загальний вміст заліза перерахований на вміст FeO.

Піроксени з альбітитів ЗАР: 1, 2 – голчасті кристали у виділеннях епігенетичного кварцу; 3-8 – табличчасті та призматичні кристали у виділеннях епігенетичного кварцу, 9, 10 – сплутано-волокнистий агрегат у виділеннях альбіту; 11-14 – тонко-голчасті кристали в асоціації зі сфеном і апатитом у виділеннях епігенетичного кварцу; 15, 16 – голчасті агрегати у виділеннях альбіту, 17-19 – сплутано-волокнисті агрегати у виділеннях альбіту; 20, 21 – окремі індивіди неправильної форми у виділеннях епігенетичного кварцу; 22, 23 – сплутано-волокнисті агрегати на межі виділень альбіту та кварцу; 24 – сплутано-волокнистий агрегат у виділеннях альбіту, 25, 26 – крупні індивіди у виділеннях альбіту, 27, 28 – агрегат окремих індивідів у виділеннях епігенетичного кварцу.

Присутність у одному перетині тилової зони ЛНМ піроксенів з різним хімічним складом є свідченням еволюції фізико-хімічних умов утворення ЛНМ за ранньої (альбітитової) стадії породоутворення. Це проявлене зміною діоксидових альбітитів (високотемпературна фація за [11]) з часом метасоматитами з кальцій-натрієвими піроксенами (середньотемпературна фація).

Відомо, що склад Na-Ca піроксенів є індикатором фізико-хімічних умов породоутворювальних процесів. Зокрема, вміст жадеїтового компоненту в складі клінопіроксенів є показником термобаричних параметрів формування мінеральних парагенезисів [15-17], що вико-

ристовується при петрогенетичному аналізі продуктів метаморфічних процесів [17, 18]. Графічне представлення залежності вмісту жадеїту в складі Na-Ca-піроксенів від загального тиску і температури було запропоноване [15] і використане [12] для оцінки тиску при формуванні піроксен-вмісних мінеральних асоціацій ЛНМ Криворізько-Кременчуцької, Новокосянтинівської та Глодоської зон розломів. Необхідні значення температури були прийняті відповідно до імперичних температурних залежностей вмісту кальцієвого міналу в складі піроксенів апогранітоїдних альбітитів [1, 11].

Таблиця 2.

Коефіцієнти (формульні одиниці) кристалохімічних формул піроксенів з альбітитів ЗАР

№№	Індекси вимірів	Si	Ti	Al (T)	Al (M1)	Fe ³⁺ (T)	Fe ³⁺ (M1)	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na
1	13_01	2,07	0,03	0,00	0,05	0,00	0,33	0,36	0,02	0,22	0,35	0,57
2	13_03	2,10	0,03	0,00	0,05	0,00	0,30	0,37	0,02	0,21	0,32	0,60
3	14_01	2,10	0,14	0,00	0,05	0,00	0,25	0,52	0,02	0,11	0,04	0,77
4	14_02	1,92	0,06	0,07	0,00	0,02	0,50	0,07	0,02	0,37	0,46	0,53
5	14_03	1,91	0,00	0,06	0,00	0,03	0,71	0,07	0,04	0,16	0,42	0,62
6	14_04	2,00	0,02	0,00	0,06	0,00	0,61	0,22	0,02	0,17	0,20	0,70
7	14_05	1,98	0,02	0,02	0,04	0,00	0,71	0,08	0,02	0,16	0,21	0,77
8	14_06	2,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,55	0,22	0,02	0,17	0,21	0,72
9	24_01	1,99	0,01	0,01	0,09	0,00	0,63	0,21	0,02	0,12	0,18	0,73
10	24_02	2,03	0,04	0,00	0,09	0,00	0,44	0,35	0,01	0,17	0,21	0,66
11	24_03	1,98	0,08	0,02	0,03	0,00	0,45	0,23	0,02	0,28	0,30	0,61
12	24_04	1,98	0,05	0,02	0,02	0,00	0,46	0,19	0,04	0,27	0,41	0,56
13	24_05	1,91	0,01	0,05	0,00	0,04	0,62	0,02	0,02	0,32	0,52	0,51
14	24_06	1,91	0,01	0,05	0,00	0,04	0,58	0,02	0,02	0,32	0,52	0,51
15	24_08	2,02	0,00	0,00	0,06	0,00	0,59	0,29	0,02	0,12	0,23	0,68
16	24_09	1,93	0,02	0,07	0,00	0,00	0,67	0,11	0,02	0,19	0,36	0,63
17	25_02	1,92	0,02	0,06	0,00	0,02	0,63	0,08	0,01	0,23	0,44	0,58
18	25_03	2,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,47	0,20	0,03	0,23	0,28	0,67
19	25_04	1,95	0,01	0,05	0,04	0,00	0,68	0,14	0,02	0,16	0,26	0,69
20	25_05	1,87	0,00	0,04	0,00	0,09	0,63	0,04	0,02	0,25	0,55	0,50
21	25_06	1,91	0,00	0,05	0,00	0,03	0,54	0,15	0,03	0,27	0,54	0,46
22	25_07	1,90	0,09	0,06	0,00	0,05	0,48	0,19	0,01	0,21	0,44	0,56
23	25_08	1,89	0,01	0,05	0,00	0,05	0,64	0,05	0,02	0,27	0,45	0,56
24	26_02	1,86	0,04	0,05	0,00	0,09	0,58	0,00	0,02	0,31	0,53	0,52
25	27_02	1,96	0,00	0,04	0,03	0,00	0,11	0,51	0,03	0,41	0,82	0,09
26	27_03	1,99	0,00	0,01	0,03	0,00	0,12	0,43	0,02	0,50	0,76	0,14
27	27_06	2,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,53	0,03	0,49	0,82	0,07
28	27_08	2,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,47	0,02	0,46	0,72	0,16

Зважаючи на низький вміст глинозему в складі піроксенів, у роботі [12] був зроблений висновок, що тиск при утворенні ЛНМ названих об'єктів не досягав 500 МПа (рис. 2). З використанням вказаного підходу оцінки темпе-

ратури за даними, отриманими при виконанні цієї роботи, на рис. 2 також окреслено поле, що показує досить широкий діапазон зміни температури і тиску при утворенні піроксенів з альбітитів ЗАР. Оцінки мінімальних значень

температури формування альбітитів ЗАР (рис. 2) є дещо вищими в порівнянні з оцінками температури породотворення ЛНМ Криворізько-Кременчуцької та Новокостянтинівської зон

розломів, які були досліджені раніше і для яких була встановлена наявність суттєво натрієвих (егіринових) різновидів піроксенів (див. рис. 1а, б).

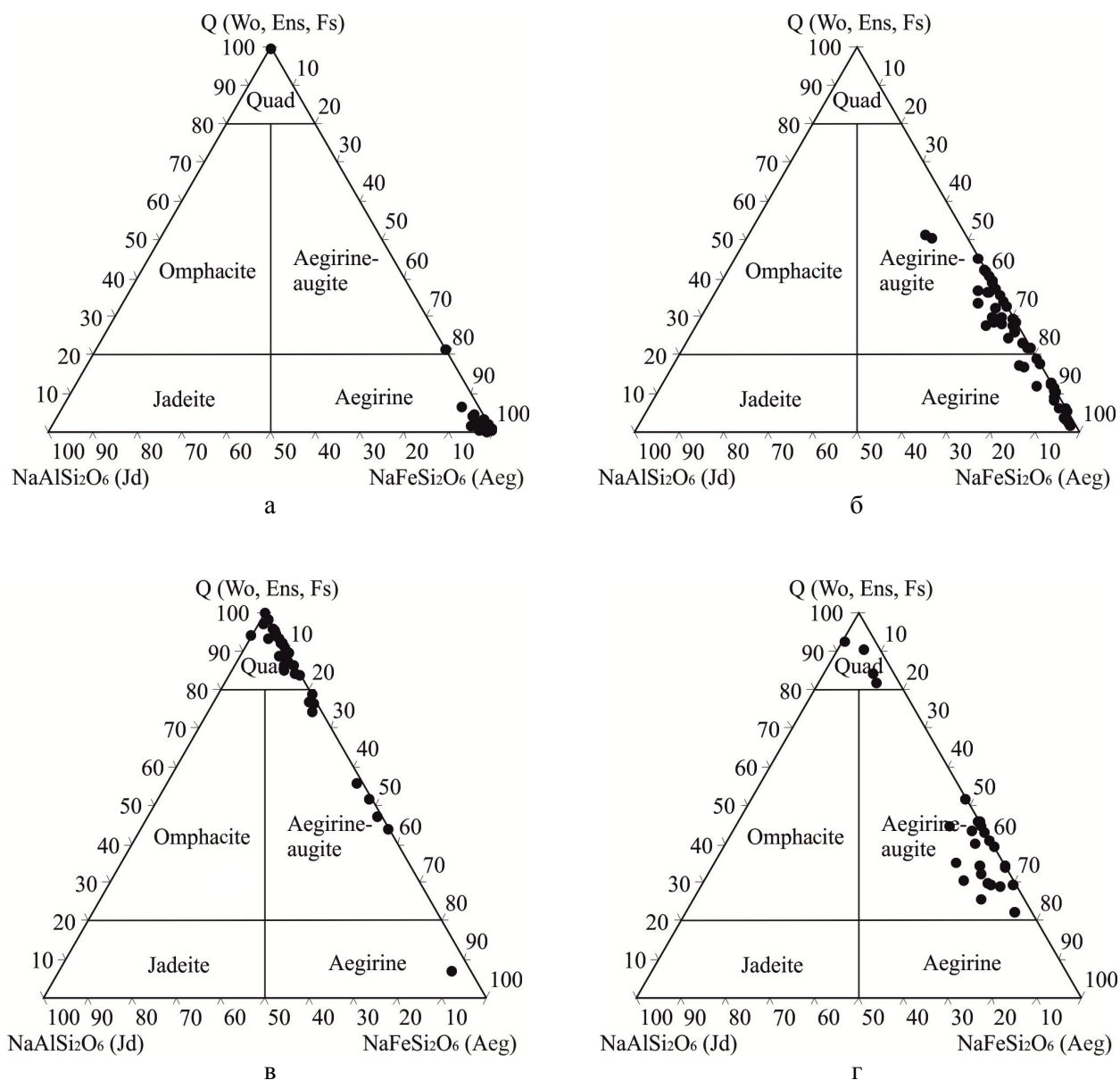


Рис. 1. Положення фігуративних точок хімічного складу піроксенів ЛНМ на класифікаційній діаграмі для Ca-Mg-Fe та Na піроксенів [19].

Зони розломів: а – Криворізько-Кременчуцька (за даними [1] та даними авторів – див. посилання в роботі [12]); б – Новокостянтинівська (за даними [7, 14] та авторів – див. посилання в роботах [1, 12]); в – Глудоська (за даними авторів – див. посилання в роботах [1, 12]); г – зона Адабаського розлому (дані табл. 1, 2). Пояснення в тексті.

В той же час максимальні температури, які, вірогідно, перевищують 550°C, оцінені лише для альбітитів Глодоської зони розломів та ЗАР. Серед усіх об'єктів, що згадані у цій роботі, альбітити ЗАР вирізняються тим, що в їх складі виявлені Na-Ca піроксени з аномально високим вмістом глинозему, який відповідає високим оціненим значенням загального тиску (понад 500 МПа – рис. 2).

Зважаючи на широкий діапазон значень вмісту Al_2O_3 в складі досліджених піроксенів (рис. 1г), слід зробити висновок, що вказані максимальні величини тиску досягались лише в межах окремих локальних ділянок або лише

в певні періоди формування ЛНМ ЗАР. Оскільки високі значення вмісту глинозему (від 2 мас.% і вище – табл. 1) встановлені для піроксенів, які асоціюють з альбітом прогресивної стадії метасоматозу, саме до цієї ранньої його стадії можна віднести максимально високі оцінки значень загального тиску породотворення (понад 500 МПа).

У складі піроксенів, які асоціюють з епігенетичним кварцом (табл. 1), показники вмісту Al_2O_3 не досягають вказаних високих значень. Це свідчить, що більш пізній процес утворення кварцу відбувався в умовах зниження загального тиску.

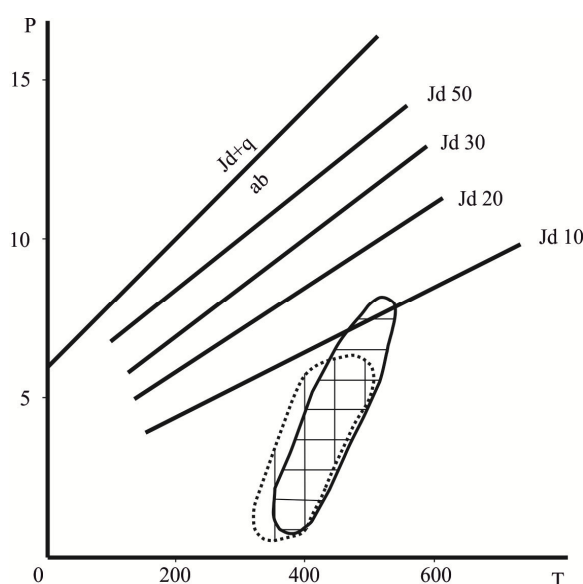


Рис. 2. Оцінка діапазонів зміни температури (T – °C) і загального тиску (P – 100 МПа) утворення піроксенів на діаграмі [15].

Пунктирний контур з вертикальною штриховкою – ЛНМ Криворізько-Кременчуцької, Новокосятинівської та Глодоської зон розломів (за літературними даними); суцільний контур з горизонтальною штриховкою – альбітити Адабаської зони розломів (за даними табл. 1, 2).

Скорочені назви мінералів: Jd – жадеїт, q – кварц, ab – альбіт.

Лінії – положення мінеральної реакції $Jd + q = ab$ та ізоплети частки жадеїтового компоненту в складі Ca-Na-піроксенів (мольні %).

Висновки. 1. За визначеннями хімічного складу піроксенів з альбітитів ЗАР установлена наявність їх кальцієвих і кальцій-натрієвих відмін. Значення атомного співвідношення $Ca/(Ca+Na)$ в складі досліджених піроксенів змінюється від 0,2 до 0,5 та від 0,8 до 0,95.

2. Набір визначених за співвідношенням $Ca/(Ca+Na)$ відмін піроксенів з досліджених альбітитів ЗАР відрізняється від піроксенів з альбітитів Новокосятинівського рудного вузла відсутністю егіринів стехіометричного

складу, а також наявністю окремих кристалів з підвищеним вмістом глинозему.

3. Присутність у одному перетині альбітитів піроксенів з різним хімічним складом свідчить про зміни фізико-хімічних умов утворення ЛНМ протягом періоду їх формування. На ранній (альбітитовій) стадії високотемпературні асоціації апогранітних метасоматитів з кальцієвими піроксенами змінювалися у часі середньотемпературними з кальцій-натрієвими піроксенами.

4. Підвищені значення вмісту глинозему в складі піроксенів з тиллових зон ЛНМ слід інтерпретувати як свідчення наявності локальних ділянок підвищеного тиску протягом ранньої (альбітитової) стадії породотворення. Більш пізні процеси утворення епігенетичного кварцу відбувались в умовах зниження загального тиску.

5. Вірогідно, аномальні термобаричні умови утворення альбітитів зони Адабаського розлому були однією з причин їх своєрідної торій-уранової рудної спеціалізації.

Подяки. Автори висловлюють подяку керівникам ПЗЕ №46 КП «Кіровгеологія» начальнику експедиції В.М.Сергієнку та головному геологу В.І.Погукаю за можливість використання кам'яного матеріалу, а також співробітникам Інституту геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка О.В.Андрєєву та А.М.Омельченко за допомогу в проведенні мікрозондових вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ванадій в породах і рудах України* / Ред. **Е.Ф.Шнюков** // Київ: Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України, 2009.– 216 с.
2. *Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины* / Ред. **Я.Н.Белевцев, В.Б.Коваль** // Київ: Наукова думка, 1995.– 396 с.
3. **Евтехов В.Д.** Основные закономерности локализации натриевых метасоматитов в железисто-кремнистых формациях докембрия // *Геолого-мінералогічний вісник.*– 2000.– №1-2.– С. 3-11.
4. **Євтехов В.Д., Харитонов В.М., Хартанович П.М., Мядзель В.В.** Типоморфні ознаки скандієносного егірину Первомайського родовища Криворізького басейну // *Геолого-мінералогічний вісник.*– 2000.– №1-2.– С. 88-99.
5. **Елисеев Н.А., Никольский А.П., Кушев В.Г.** *Метасоматиты Криворожского рудного пояса / Труды Лаборатории геологии докембрия АН СССР // Москва-Ленинград: Изд. АН СССР, 1961.– Вып. 13.– 204 с.*
6. **Коваль В.Б.** *Геохимическая модель накопления урана в щелочно-карбонатных метасоматитах докембрия // Киев: Наукова думка, 1980.– 148 с.*
7. **Макарова Т.И.** *Исследование условий образования и изотопная характеристика ураноносных зональных Na-метасоматитов центральной части Украинского щита / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук // Москва: ГЕОХИ АН СССР, 1985.– 20 с.*
8. **Михальченко І.І., Синицин В.О.** *Актинолітова фація апобазитових натрієвих лужних метасоматитів зон глибинних розломів // Геохімія та рудоутворення.*– 2012.– Вып. 31.– С. 77-87.
9. **Половинкина Ю.Ир.** *Эгирини Криворожского железорудного месторождения // Минералогический сборник Львовского геологического общества.*– 1951.– № 5.– С. 167-178.
10. **Святальский Н.И.** *Эгирин из района р. Желтой // Вестник геологического комитета.*– 1927.– Вып. 8-9.– С. 38-39.
11. **Синицын В.А.** *Минеральные реакции и метасоматическая зональность апогранитоидных ураноносных альбититов докембрия // Доклады АН УССР. Серия Б.*– 1991.– №7.– С. 105-108.
12. **Синицин В.О.** *Хімічний склад амфіболів та піроксенів як індикатор умов утворення лужних натрієвих метасоматитів Українського щита // Мінералогія: сьогодні і майбуття. Матеріали VIII наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка. Чинадієво, 11-14 вересня 2014 р. // Львів, 2014.– С. 150-152.*
13. **Стрыгин А.И.** *Петрология и рудные формации докембрия Украинского щита // Киев: Наукова думка, 1978.– 260 с.*
14. **Чухрова О.Ф.** *Вертикальная зональность среднетемпературных ураноносных*

натровых метасоматитов Новокопчанского и Докучаевского месторождений в центральной части Украинского щита // Москва: ИГЕМ АН СССР, 1981.– 132 с.

15. **Essene E., Fyfe W.S.** Omphacite in Californian metamorphic rocks // *Contrib. Mineral. Petrol.*– 1967.– Vol. 15.– P. 1-23.

16. **Holland T.J.B.** The experimental determination of activities in disordered and short-range ordered jadeitic pyroxenes // *Contrib. Mineral. Petrol.*– 1983.– Vol. 82.– P. 214-220.

17. **Kenzo Y.** The system acmite-diopside and its bearing on the stability relation of natural pyroxenes of the acmite-hedenbergite-diopside series // *Amer. Mineralogist.*– 1966.– Vol. 51.– P. 976-1000.

18. **Maruyama S., Liou G.** The stability of Ca-Na-pyroxene in low-grade metabasites of high-pressure intermediate facies series // *Amer. Mineralogist.*– 1985.– Vol. 70.– P. 16-29.

19. **Morimoto N.** Nomenclature of pyroxenes // *Canadian Mineralogist.*– 1989.– Vol. 27.– P. 143-156.

СНИЦИН В.О., МИХАЛЬЧЕНКО І.І., ШЕВЕЛА А.Ю. Хімічний склад піроксенів з альбітитів зони Адабаського розлому (Новоукраїнський масив, Український щит).

Резюме. Апогранітні альбітити зони Адабаського розлому (Новоукраїнський гранітоїдний масив Кіровоградського мегаблоку, Український щит) відносяться до формації лужних натрієвих метасоматитів зон розломів докембрійського фундаменту. Вперше наведені в роботі дані про хімічний склад піроксенів з досліджених альбітитів були одержані методом локального рентгеноспектрального аналізу. Результати аналізів порівнювались з відомими даними про хімічний склад піроксенів інших об'єктів цієї формації, розташованих у межах Криворізько-Кременчуцької, Новокостянтинівської та Глодоської зон розломів (Український щит). Досліджені мінерали належать до кальцієвих і кальцій-натрієвих піроксенів, значення атомного відношення $Ca/(Ca+Na)$ змінюються від 0,2 до 0,5 та від 0,8 до 0,95. За хімічним складом клінопіроксени з альбітитів зони Адабаського розлому відрізняються від піроксенів інших розломних зон відсутністю егіринів, а також присутністю окремих кристалів з підвищеним вмістом глинозему (понад 2 мас. %). Результати петрологічної інтерпретації отриманих результатів дають підставу стверджувати, що досліджені альбітити утворювались за умов широких меж коливання значень термобаричних параметрів, які відповідали середньо- та високотемпературним фаціям натрієвих лужних метасоматитів. Загальний тиск сягав значень понад 500 МПа на ранній (альбітитовій) стадії метасоматозу, утворення епігенетичного кварцу відбувалось в умовах більш низького загального тиску. Автори припускають, що аномальні термобаричні умови формування альбітитів зони Адабаського розлому пояснюють їх своєрідну торій-уранову спеціалізацію, що відрізняє їх від інших урановорудних об'єктів Українського щита, пов'язаних з формацією лужних натрієвих метасоматитів.

Ключові слова: Український щит, Кіровоградський мегаблок, апогранітні натрієві метасоматити, піроксени, хімічний склад піроксенів.

СНИЦЫН В.А., МИХАЛЬЧЕНКО И.И., ШЕВЕЛА А.Ю. Химический состав пироксенов из альбититов зоны Адабашского разлома (Новоукраинский массив, Украинский щит).

Резюме. Апогранитные альбититы зоны Адабашского разлома (Новоукраинский гранитоидный массив Кировоградского мегаблока, Украинский щит) относятся к формации щелочных натриевых метасоматитов зон разломов докембрийского фундамента. Впервые приведенные в работе данные о химическом составе пироксенов из изученных альбититов были получены методом локального рентгеноспектрального анализа. Результаты анализов сравнивались с известными данными о химическом составе пироксенов других объектов этой формации, расположенных в пределах Криворизко-Кременчугской, Новокопчанской и Глодосской зон разломов (Украинский щит). Исследованные минералы относятся к кальциевым и кальций-натриевым пироксенам, значения атомного соотношения $Ca/(Ca+Na)$ варьируются от 0,2 до 0,5 и от 0,8 до 0,95. По химическому составу клинопироксены из альбититов зоны Адабашского разлома отличаются от пироксенов других разломных зон отсутствием егиринов, а также присутствием отдельных кристаллов с повышенным содержанием глинозема (более 2 мас. %). Результаты петрологической интерпретации полученных результатов дают основание утверждать, что исследованные альбититы формировались в условиях широкого диапазона значений термобарических параметров, соответствующих средне- и высокотемпературным фациям натриевых лужных метасоматитов. Общее давление достигало значений более 500 МПа на ранней (альбититовой) стадии метасоматоза, образование эпигенетического кварца происходило в условиях более низкого общего давления. Авторы предполагают, что аномальные термобарические условия формирования альбититов зоны Адабашского разлома объясняют их своеобразную торий-урановую специализацию, которая отличает их от других урановых объектов Украинского щита, связанных с формацией лужных натриевых метасоматитов.

тними даними о хімічному складі піроксенів інших об'єктів цієї формації, розположених в межах Криворізько-Кременчузької, Новоконстантинової і Глодоцької зон розломів (Український щит). Изученные минералы принадлежат к кальциевым и кальций-натриевым пироксенам, значения атомного отношения $Ca/(Ca+Na)$ изменяются от 0,2 до 0,5 и от 0,8 до 0,95. По химическому составу клинопироксены из альбититов зоны Адабашского разлома отличаются от пироксенов других разломных зон отсутствием эгиринов, а также присутствием отдельных кристаллов с повышенным содержанием глинозема (более 2 мас.%). Результаты петрологической интерпретации полученных результатов дают основание утверждать, что изученные альбититы образовались в условиях широких пределов колебания значений термобарических параметров, которые соответствовали средне- и высокотемпературным фациям натриевых щелочных метасоматитов. Общее давление достигало значений более 500 МПа на ранней (альбититовой) стадии метасоматоза, образование эпигенетического кварца происходило в условиях более низкого общего давления. Авторы допускают, что аномальные термобарические условия формирования альбититов зоны Адабашского разлома объясняют их своеобразную торий-урановую специализацию, что отличает их от других урановорудных объектов Украинского щита, связанных с формацией щелочных натриевых метасоматитов.

Ключевые слова: Украинский щит, Кировоградский мегаблок, апогранитные натриевые метасоматиты, пироксены, химический состав пироксенов.

SINITSIN V.O., MIKHALCHENKO I.I., SHEVELA A.Yu. Chemical composition of pyroxenes from albitites located in zone of Adabashskiyi fault (Novoukrainskyi massif, Ukrainian Shield).

Summary. Apogranitic albitites located in Adabashskiyi fault zone (Novoukrainskyi granitoid massif of Kirovogradskiyi megablock, Ukrainian shield) refer to formation of alkaline sodium metasomatites of Pre-Cambrian basement faulting zones. Given for the first time ever data of chemical composition of pyroxenes from studied albitites were obtained by local X-ray spectroscopic analysis. Results of the analyses were compared with known data on chemical composition of pyroxenes from other units of this formation located within limits of Kryvorizko-Kremenchutska, Novokostyantynivska and Glodosska fault zones (Ukrainian shield). Studied minerals belong to calcium and calcium-sodium pyroxenes, $Ca/(Ca+Na)$ atomic ratio values range from 0,2 to 0,5 and from 0,8 to 0,95. Clinopyroxenes from albitites located in zone of Adabashskiyi fault differs from one of other faulting zones pyroxenes by absence of aegirines, as well as by presence of separate crystals having increased alumina content (more than 2 mas.%). Results of petrological interpretation for obtained data afford ground to claim the fact that studied albitites were formed under conditions of wide variation range of thermobaric parameters corresponding to medium and high temperature facies of sodium alkaline metasomatites. General pressure reached more than 500 MPa at early (albitite) stage of metasomatosis, epigenetic quartz formation took place under conditions of lower general pressure. Authors assume abnormal thermobaric conditions of formation of albitites located in zone of Adabashskiyi fault to explain their specific thorium-uranium specialization which features them from other uranium ore deposits of Ukrainian shield associated with alkaline sodium metasomatites formation.

Key words: Ukrainian Shield, Kirovogradskiyi megablock, apogranitic sodium metasomatites, pyroxenes, chemical composition of pyroxenes.

Надійшла до редакції 15 листопада 2014 р.
Представив до публікації професор В.Д.Свєтхов.