

УДК 550.4 (477)

М. Толстой, д-р геол.-мінералог. наук, Н. Костенко, пров. інж.

ЕВОЛЮЦІЯ ПЕТРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГРАНІТОЇДІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

На кількісному рівні виділено окремі етапи гранітоутворення на Українському щиті, які маркуються відповідними формациями порід.

At a quantitative level separate stages of formation of granitoids on the Ukrainian Shield which are marked by corresponding formations of breeds are allocated.

Вступ. Відомо, що в докембрійській історії земної кори УЩ від початкових стадій формування і до повної консолідації значна роль належить гранітоїдним породам, на частку яких припадає до 3/4 їхнього об'єму. Це означає, що на території УЩ мав місце велетенський за своєю тривалістю мегаетап гранітоїдного магматизму, який в історії щита більше не повторився. Особливістю цього мегаетапу була зміна хімічного, отже, й речовинного складу порід у часі. Хоча ці зміни й відбувались послідовно, але мали не постійний, а періодичний характер, що визначалось, насамперед, дискретністю протікання самого магматичного процесу.

Мета досліджень. Виклад матеріалу. Вивченню еволюції гранітоїдного магматизму на різних етапах його розвитку, пов'язаних з окремими тектоно-магматичними циклами, присвячене це дослідження. Для цього методом головних компонент у режимі кореляційної матриці (R-метод) досліджувались закономірності розподілу середнього вмісту петрогенних окислів у різних видах гранітоїдів УЩ. До аналізу було залучено оригінальні дані з хімічного складу 13 основних видів гранітоїдів УЩ (табл. 1).

Таблиця 1. Середній хімічний склад основних видів гранітоїдних порід Українського щита, % маси

№ з/п	Породи	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ВПП	Сума
1	Діорити (15)	55,00	1,07	16,30	3,55	5,96	0,17	3,87	6,70	3,46	1,80	0,43	0,11	1,25	99,67
2	Кварцові діорити (14)	60,93	0,63	17,09	2,17	3,93	0,10	2,56	5,08	4,10	1,90	0,23	0,06	1,1	99,87
3	Ендербіти (7)	61,01	0,74	16,34	1,05	5,39	0,12	2,83	5,06	3,90	1,97	0,26	0,13	0,89	98,79
4	Тоналіти (31)	64,94	0,52	16,53	2,00	2,85	0,07	1,73	4,12	4,13	1,95	0,19	0,10	0,10	99,22
5	Плагіограніти (95)	70,03	0,27	15,59	1,10	1,76	0,04	1,08	3,06	4,65	1,53	0,09	0,08	0,66	99,93
6	Гранодіорити (63)	66,26	0,56	15,70	1,27	2,92	0,07	1,58	2,77	3,66	3,82	0,21	0,09	0,99	99,88
7	Чарнокіти (16)	70,27	0,38	14,75	0,79	2,34	0,03	0,90	2,27	3,22	4,00	0,09	0,10	0,78	99,92
8	Нормальні граніти (250)	71,19	0,32	14,39	0,71	1,98	0,04	0,65	1,61	3,30	4,69	0,10	0,13	0,76	99,87
9	Лейкограніти (26)	74,60	0,10	13,74	0,30	1,21	0,03	0,26	1,33	3,30	4,24	0,05	0,10	0,63	99,89
10	Граносієніти (35)	68,17	0,63	13,54	1,94	3,62	0,09	0,63	2,15	3,16	4,76	0,13	0,19	0,83	99,85
11	Граніти рапаківі (24)	71,28	0,33	13,47	1,23	2,40	0,04	0,33	1,52	3,03	5,45	0,09	0,08	0,72	99,20
12	Граніти рапаківіподібні (21)	74,15	0,24	12,35	0,79	2,01	0,03	0,46	1,01	2,86	5,13	0,05	0,09	0,59	99,07
13	Сублужні граніти (86)	73,47	0,22	13,00	1,04	1,69	0,04	0,34	0,85	3,24	5,08	0,08	0,12	0,64	99,80

Примітки: цифри в дужках – кількість аналізів.

Результати математичної обробки петрохімічних даних винесено на факторну діаграму в координатах F₁–F₂ (рис. 1), внесок яких у загальну дисперсію склав, відповідно, 79,3 і 15,0 %. Спосіб графічного зображення у вигляді фігуративних точок хімічного складу порід дозволив розділити гранітоїди УЩ за відмінностями їх кремнекислотності-основності й лужності на три порідних еволюційних ряди. Зокрема, еволюцію кремнекисотно-основних властивостей гранітоїдів характеризує фактор F₁, на що вказує полярна асоціація петрогенних окислів у його складі, а саме: SiO₂ із позитивним факторним навантаженням і, відповідно, CaO, MgO, P₂O₅, MnO, TiO₂, FeO, Fe₂O₃ (наведено у порядку зменшення величини їхнього навантаження) з негативними. Еволюція лужності відобразилась у факторі F₂, де протиставлені такі окисли, як Na₂O, Al₂O₃ (позитивні факторні навантаження) і K₂O з негативним знаком факторного навантаження.

Тим самим на кількісному рівні отримано наглядне підтвердження того, що процес формування гранітоїдів УЩ відбувався не послідовно, а розвивався циклічно. На це вказують виділені еволюційні ряди гранітоїдних порід, які саме й фіксують собою три крупних етапи гранітоутворення на УЩ зі зміною їхнього речовинного складу в часі залежно від характеру вихідного магматизму. Так, для раннього етапу характерним є утворення порід плагіогранітоїдного

ряду, серед яких присутні діорити, ендербіти, кварцові діорити, тоналіти, плагіограніти. Фігуративні точки хімічного складу цих порід послідовно змінюють одна одну, утворюючи єдиний тренд у напрямі позитивного кінця осі F₁. Два наступних ряди порід, які характеризують середній і заключний етапи гранітоутворення на щиті, на відміну від попереднього, представлені кислими гранітоїдами, відповідно, нормальної (гранодіорити, чарнокіти, граніти й лейкограніти) і підвищеної лужності (граносієніти, граніти рапаківі, сублужні граніти, рапаківіподібні граніти).

Як видно, виявлені тренди петрохімічної диференціації порід плагіогранітоїдного ряду й кислих гранітоїдів УЩ відрізняються своєю орієнтацією по відношенню до осі F₁: крутішою для порід першого ряду й майже субпаралельною до неї для останніх двох. Припускається, що така зміна в орієнтації трендів гранітоїдів другого та третього рядів відносно першого пов'язана зі структурною перебудовою земної кори у зв'язку з її синалізацією. Це, зокрема, призвело до розшарування земної кори на два різні за мінеральним складом оболонки, які представлені відповідно гранітоїдами середнього й кислого складу.

На сьогодні не виникає сумніву, що останній етап гранітоутворення на УЩ за своєю природою є інтрузивним і характеризується появою таких сублужних порід, як граносієніти, граніти рапаківі, рапаківіподі-

ні граніти, безпосередньо пов'язаних із процесами тектоно-магматичної активізації. Також є підстави вважати, що з ТМА пов'язане формування низки порід другого петрохімічного тренду. Лише гранітоїди першого еволюційного ряду за своїм походженням є здебільшого ультраметаморфічними утвореннями.

Аналіз геологічної позиції виділених порідних рядів і їхній речовинний склад свідчать, по-перше, що вони є послідовними дериватами, відповідно, основно-середньої, кислої й сублужної вихідних магм; по-друге, про значну роль калію, а також SiO_2 , яка посилюється в часі від ряду до ряду; по-третє, про, ймовірно, різну глибину їхнього формування; вчетверте, про, можливо, вікову послідовність становлення основних типів гранітоїдів УЩ у межах порідного ряду, а також і між ними. Таке припущення дозволяє скласти універсальний ряд вікової послідовності гранітоїдних порід, розмістивши їх відповідно до виявлених еволюційних рядів: (діорити –

кварцові діорити – ендербіти) – тоналіти – плагіограніти – гранодіорити – чарнокіти – граніти – лейкограніти – граносієніти – граніти рапаківі – (сублужні граніти – рапаківіподібні граніти). У дужки укладені типи порід, вікове співвідношення яких викликає сумніви. У першому наближенні наведений ряд може бути корисним у практиці геологічних робіт, особливо в тих випадках, коли безпосередні спостереження контактів порід неможливі, або самі контакти ускладнені накладеними процесами. Проведена апробація цього універсального ряду вікової послідовності порід для окремих інтрузивних комплексів показала його значну збіжність з геологічними даними. Правомірність виділення цього ряду підтверджують також і дані ізотопної геохронології. Згідно з М. Щербаком та ін. [9], реперний вік гранітів житомирського комплексу становить 1990 млн років, а плагіогранітів – 2080 млн років, що не суперечить їхньому розміщенню в наведеному ряді.

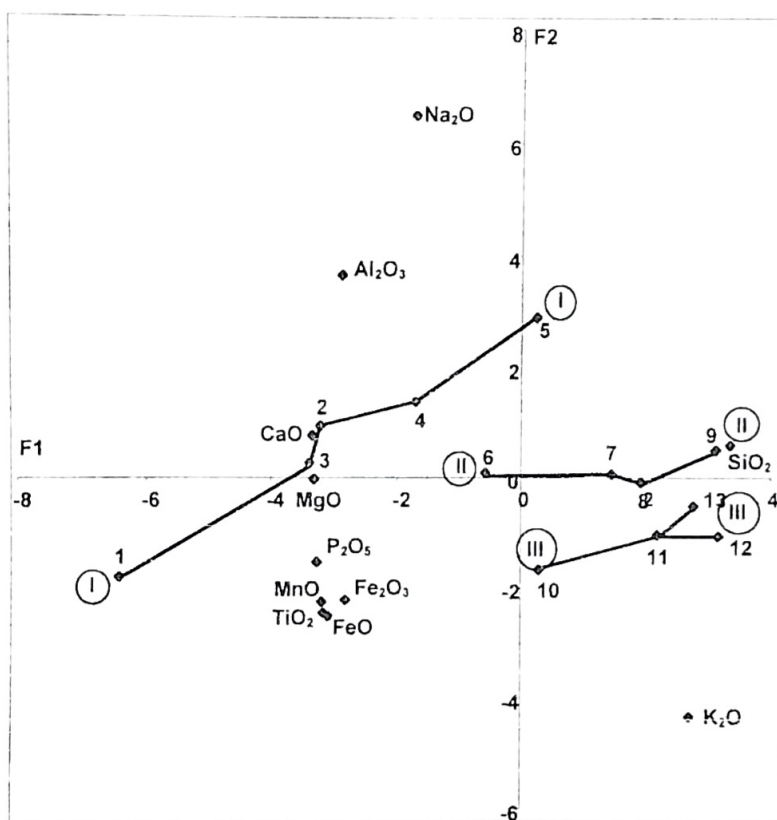


Рис. 1. Діаграма значень 1-го та 2-го факторів хімічного складу основних видів гранітоїдних порід УЩ
Примітки: римськими цифрами позначено номери гранітоїдних рядів;
назви порід за їх порядковими номерами дивись у таблиці

Відповідно до означених етапів гранітоїдного магматизму аналіз геологічної позиції виділених порідних рядів у вертикальному розрізі земної кори УЩ дозволяє також намітити формаційну належність досліджуваних комплексів, виходячи з їхнього асоціативного порідного складу. Так, на ранньому етапі гранітоутворення на УЩ (ендербіт-плагіогранітному) виділено дві формації порід: ендербіт-(чарнокітова), яка представлена гранітоїдами гайворонського, літинського, токмацького комплексів, і діорит-тоналіт-плагіогранітна у складі провідних петротипів тетіївського, звенигородського, інгулецького, дніпропетровського, сурського, саксаганського, шевченківського, обіточненського, каратюцького гранітоїдних комплексів.

Хроностратиграфічно вище його змінюють формування етапу гранодіоритів і нормальних гранітів, який характеризується двома гранітоїдними формаціями – гранодіорит-гранітовою та гранітовою. Порівняно з першим становлення гранітоїдних комплексів другого етапу проходило у значно вузькому віковому діапазоні. Більш однорідним є також їхній порідний склад. До гранодіорит-гранітної формації віднесено такі комплекси: житомирський, бердичівський, гайсинський, кіровоградський, демуринський; до гранітної – уманський, ставищанський, мокромосковський, токівський, салтичанський, анадольський. Серед названих відзначимо підвищену лужність гранітів токівського комплексу, яка є лише результатом прояву пізніх процесів їхньої інтенсив-

ної калішпатизації. Тим самим знімається протиріччя щодо їхньої формаційної належності.

Третій, і останній, етап гранітоутворення, який мав місце на території УЩ – монцоніт-сієніт-гранітний. У межах цього етапу виділено дві гранітоїдні формації – монцоніт-сієніт-гранітова й монцоніт-сієніт-рапаківіграніто-гранітова. Перша представлена гранітоїдами букинського, осницького, кишинського, новоукраїнського й хлібодарівського комплексів, друга – коростенського, пержанського, корсунь-новомиргородського, південно-кальчицького, кам'яногомиського.

Характерно, що у вертикальному розрізі УЩ у різних мегаблоках гранітоїдні формації змінюються з послідовною закономірністю (з тією чи іншою повнотою), що відповідним чином узгоджується з їхньою геохронологією. Відзначається лише явний віковий дисонанс у 800 млн років між низкою однотипових формацій гранітоїдів Середнього Придніпров'я та інших, незеленокам'яних, мегаблоків УЩ.

Найбільш рання ендербіт-(чарнокітова) формація у Середньопридніпровському мегаблоці чітко не проявлена (славгородський комплекс). На території Дністровсько-Бузького та Приазовського мегаблоків асоціація порід цієї формації утворювалась у віковому діапазоні 2730–3650 млн років [2; 11].

Становлення наступної діорит-тоналіт-плагіогранітової формації відбувалось у Середньопридніпров'ї у проміжку 3200–2952 млн років [9; 10]. На території інших мегаблоків УЩ – 2070–2909 млн років [4; 1]. Радіоізотопний вік гранітоїдів гранодіорит-гранітової формації Середньопридніпровського мегаблоку знаходиться в межах 2900–3000 млн років, на решті мегаблоків – 2020–2110 [9; 7], а порід формації нормальних гранітів – 2815 [9] і 1990–2050 (2130) млн років [9; 8] відповідно. Формування гранітоїдів двох останніх формацій (монцоніт-сієніт-гранітової та монцоніт-(сієніт-рапаківіграніто-гранітової)) з ізотопним віком 1999–2037 [8; 10] і 1720–1800 млн років [3; 9] відповідно поширені лише на території декількох незеленокам'яних мегаблоків УЩ і не виявлені на Середньопридніпровському.

Таким чином, незважаючи навіть на перекривання для деяких гранітоїдних формацій їхнього ізотопного віку, що зумовлено не тільки відсутністю реперного датування, а й можливим їх віковим сповзанням по латералі, геохронологічні дані підтверджують правомірність виділення охарактеризованих порідних формацій УЩ.

У свою чергу, процес гранітоутворення в межах кожного з етапів попередньо можна розділити на дві стадії, на що вказують формування відповідних гранітоїдних формацій. У цьому випадку його стадійність зумовлена вже не стільки типом вихідного магматизму, скільки різнофаціальним метаморфізмом порід древнього субстрату різного походження і тими змінами, які мають місце при їхніх ультраметаморфічних перетвореннях. Слід мати на увазі, що, виходячи з величини діапазону реперних ізотопних дат гранітоїдних комплексів, віднесених до раннього етапу гранітоутворення на УЩ, відповідно має бути збільшена кількість його стадій у межах окремих мегаблоків. Але на порідному рівні таке зростання стадійності в гранітоутворенні не простежується. Зазначимо, що для деяких комплексів гранітоїдних порід віднесення їх до складу тих чи інших формацій є

проблематичним і буде з часом уточнюватись. Разом із тим, для більшості з них їхня формаційна належність не викликає особливих заперечень, що дозволяє більш об'єктивно проводити металогеїчну оцінку цих асоціативних груп гранітоїдних комплексів на предмет виявлення в них, чи генетично пов'язаних з ними відповідних (типоморфних) типів зруденіння.

У зв'язку з тим, що формаційний поділ порідних асоціацій гранітоїдів здійснено на речовинній основі, тобто без врахування їхніх генетичних особливостей, у межах останньої формації, як основний об'єкт пошуків рідкіснометалевого зруденіння, слід окремо виділити метасоматичну формацію рідкіснометалевих лейкократових гранітів з віднесенням до неї гранітоїдів пержанського комплексу, як метасоматичних аналогів коростенського, лізниківських гранітів і руськополянських граносієнітів (які деякими дослідниками [6] розглядаються як комплекси з однойменними назвами), а також гранітів кам'яногомиського комплексу як можливого метасоматичного аналога порід так званого Східноприазовського плутона. У всякому разі реперний ізотопний вік цих гранітів і гранітоїдів південнокальчицького комплексу однаковий – 1800 млн років [9].

Висновки. Виділені на кількісному рівні з позиції петрохімічної еволюції основних видів гранітоїдів етапи гранітоутворення на УЩ, які в цілому синхронізуються з відповідними стадіями К. Єсипчука [5], свідчать не лише про переважання певного типу вихідного магматизму (відповідно основно-середнього, кислого й сублужного), але й про різну глибину формування гранітоїдних комплексів у межах цих етапів, а значить і різну металогеїю, що є актуальним з практичної позиції.

Разом з тим треба зазначити, що спроба дослідити еволюцію хімічного складу гранітоїдів УЩ із залученням для факторного аналізу коефіцієнтів А. Заварицького виявилась невдалою. Це вказує на те, що використовувати їх для петрологічних висновків треба з певною пересторогою.

1. Артеменко Г.В., Татаринова Е.А., Бартицкий Е.Н. Генезис кислых магматических пород зеленокаменных поясов Среднеприднепровского блока по данным распределения РЗЭ // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє. 36. наук. пр. ІГН НАНУ. – К., 2001. – С. 9–10.
2. Васильченко В.В., Киселев В.А., Загитко В.Н. Чарнокитовиды Восточного Приазовья // Геол. журн. – 1992. – № 1. – С. 27–34.
3. Верхогляд В.М. Возрастные этапы магматизма Коростенского плутона // Геохимия и рудообразование. – Киев. – 1995. – Вып. 21. – С. 34–47.
4. Гранитоиды Украинского щита: петрохимия, геохимия, рудоносность / К.Е. Єсипчук, В.И. Орас, И.Б. Щербаков и др. – К., 1993. 5. Єсипчук К.Е. Петролого-геохимические основы формационного анализа гранитоидов докембрия. – К., 1988. 6. Шеремет Е.М., Анциферов А.Р., Федотова А.А. Особенности вещественного состава и закономерности проявления редкометалльных гранитов в докембрии Украинского щита // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє. 36. наук. пр. ІГН НАНУ. – К., 2001. – С. 112–113. 7. Вік осадово-вулканогенних формацій Східно-Ганнівської полоси / М.П. Щербак, Г.В. Артеменко, Є.М. Бартицкий та ін. : Доп. АН СРСР. Сер. Біол. – 1989. – № 2. – С. 29–34. 8. Щербак Н.П., Бибикина Е.В., Скобелев В.М., Щербак Д.Н. Эволюция во времени и металлогеническая специализация раннедокембрийской коры Украинского щита // Минералог. журн. – 2003. – Вып. 25, № 4. – С. 82–92. 9. Щербак Н.П., Пономаренко А.Н. Возрастная последовательность процессов вулканизма и гранитоидного магматизма Украинского щита // Минералог. журн. – 2000. – Вып. 22, № 2/3. – С. 12–24. 10. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. – Львов, 2005. 11. Bibikova E., Claesson S., Stepanyuk L. Ancient crust in the Dniester-Bug Domain, western Ukrainian Shield: Sm-Nd and U-Pb isotopic data // Геофиз. журн. – 2000. – Вып. 22, № 4. – С. 77–78.