

УДК 55(477)+552.3+549

## **ХІМІЗМ ПОРОДОУТВОРЮВАЛЬНИХ МІНЕРАЛІВ ЯК ІНДИКАТОРНА ОЗНАКА ПІД ЧАС ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗЧЛЕНУВАННЯ Й КОРЕЛЯЦІЇ ІНТРУЗИВНИХ УТВОРЕНЬ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

**О. Митрохин, Т. Митрохина, Є. Вишневська, О. Кириєнко,  
О. Петренко, О. Андрєєв**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Васильківська, 90, 03022 м. Київ, Україна  
E-mail: mitrokhin.a.v@yandex.ua*

З використанням електронно-мікрозондового аналізу досліджено хімічний склад породоутворювальних мінералів з трьох типових представників інтрузивно-магматичних утворень Українського щита: основних порід Кропивенської титаноносної інтрузії, Городищенського габро-анортозитового масиву та Бобринецького дайкового поясу. Виконані дослідження засвідчили можливість застосування даних про хімізм породоутворювальних мінералів під час вирішення різноманітних прикладних геологічних завдань: виявлення прихованої розшарованості в диференційованих інтрузіях, ідентифікації інтрузивних фаз у багатofазових інтрузивах, кореляції просторово розмежованих інтрузивних тіл та ін.

*Ключові слова:* породоутворювальні мінерали, магматичні породи, геологічне розчленування та кореляція, Український щит.

Загальновідомо, що якість і детальність регіональних геологічних досліджень значно визначені обраною методологією розчленування й кореляції геологічних розрізів. Біостратиграфічні та літологічні методи, які найбільше застосовують для розчленування й кореляції стратифікованих осадових верств [5], абсолютно не придатні для інтрузивно-магматичних утворень. У ході вивчення інтрузивно-магматичних утворень основну роль відіграють ізотопно-геохронологічні, петрографічні та геохімічні методи [1]. Однак накопичення даних про хімізм породоутворювальних мінералів, зумовлене масовим використанням електронно-мікрозондового аналізу, відкриває нові перспективи для застосування суто мінералогічних методів у цій галузі [2–4, 7, 8]. Саме мінерали та їхній хімізм можна використовувати як “замінник” керівних органічних решток у вирішенні завдань розчленування й кореляції інтрузивно-магматичних утворень.

Для з'ясування можливості використання хімізму мінералів у ході вирішення завдань геологічного розчленування та кореляції ми виконали систематичні дослідження породоутворювальних мінералів з трьох принципово відмінних петрографічних об'єктів, які є достатньо типовими представниками інтрузивних утворень Українського щита (УЩ): Кропивенської титаноносної габроїдної інтрузії, Городищенського габро-анортозитового масиву та долеритових дайок Бобринецького поясу. У цьому разі масово застосовано прозоро-поліровані шліфи на епоксидній смолі, що дало змогу проводити

комплексне дослідження таких препаратів методами оптичної та електронної мікроскопії і паралельно виконувати електронно-мікрозондовий аналіз мінералів. Для попереднього вивчення шліфів у прохідному й відбитому світлі використано поляризаційні мікроскопи Полам РП-1 та Nikon eclipse LV100Pol, оснащені рудною приставкою. Хімічний склад мінералів досліджували методом електронно-зондового рентгеноспектрального мікроаналізу в лабораторії геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-202, обладнаному енергодисперсійним рентгенівським спектрометром Link systems. Частина мікрозондових аналізів виконано на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕМ-106И у лабораторії прецизійних методів дослідження УкрДГРІ. Умови й аналітичні характеристики вимірювань такі: напруга прискорення електронів – 20 кВ, сила струму зонда – 140 мкА, роздільна здатність на лінії  $MnK\alpha$  – 140 еВ. Еталонні взірці: Na ( $Na_2O$ , нефелін), K ( $K_2O$ , калієве скло), Ca ( $CaO$ , авгіт), Mg ( $MgO$ , олівін), Fe ( $FeO$ , ільменіт), Mn (металевий Mn), Ni ( $NiO$ ,  $NiSb$ ), Al ( $Al_2O_3$ , плагіоклаз), Cr ( $Cr_2O_3$ ), Si ( $SiO_2$ , олівін), Ti ( $TiO_2$ , ільменіт). Метод перерахунків – ZAF; межа визначення – 0,01–0,10 %, точність визначення становить  $\pm 2$ –10 відн. %, локальний мікроаналіз – 5–10 мкм.

Виконані дослідження засвідчили, що головні породоутворювальні мінерали з трьох обраних представників інтрузивно-магматичних утворень УЩ за особливостями хімічного складу придатні для вирішення зазначених вище суто геологічних завдань. Найінформативнішим виявився хімізм польових шпатів, піроксенів, олівінів та залізо- й титановмісних оксидно-рудних мінералів.

*Кропивенська інтрузія* (КТІ) є типовим представником диференційованих інтрузій титаноносних габроїдів Коростенського плутону анортозит-рапаківігранітної формації УЩ [4]. Внутрішній будові інтрузії притаманна різномасштабна магматична розшарованість. Мегарозшарованість на три горизонти супроводжується збільшенням загальної меланократовості порід та кількості залізо- й титановмісних оксидно-рудних мінералів догори за розрізом інтрузії (рис. 1). Дрібніша модальна стратифікація визначена коливаннями кількісних співвідношень головних породоутворювальних мінералів в олівінових габро, що переважають, з появою кумулятивних прошарків лейкогабро, мелагабро, верлітів і клінопіроксенітів.

Прихована розшарованість виявлена у закономірній зміні хімічного складу плагіоклазів, клінопіроксенів і титаномagnetиту за розрізом інтрузії (рис. 2). Зокрема, в інтервалі 19–27 м наявне різке збільшення основності кумулятивних ядер плагіоклазів у діапазоні  $Ap_{33-55}$  на глибину інтрузії. На рівні 37 м основність плагіоклазу дещо зменшується. Нижче (37–82 м) вона знову поступово збільшується в діапазоні  $Ap_{38-50}$ . Варіації хімічного складу клінопіроксенів у розрізі КТІ підтверджують наявність крипторозшарованості, виявленої за складом плагіоклазів. До глибини 27 м наявне поступове збільшення магнезійності  $Mg/(Mg+Fe)$  кумулятивних ядер клінопіроксенів у діапазоні 49–61 %. На глибині 37 м магнезійність клінопіроксенів зменшується до 53–55 %, а далі знову зростає, щоправда достатньо повільно, досягаючи рівня 56–59 % лише на глибині 82 м. Що стосується хімізму титаномagnetиту, то в ньому виявлено зворотну кореляцію вмісту  $TiO_2$  з основністю плагіоклазів та магнезійністю піроксенів. Отже, визначена прихована розшарованість може слугувати важливим критерієм для геологічного розчленування КТІ та подібних до неї титаноносних інтрузій на продуктивні горизонти, уточнення особливостей їхньої глибинної будови та визначення потенційної рудоносності.

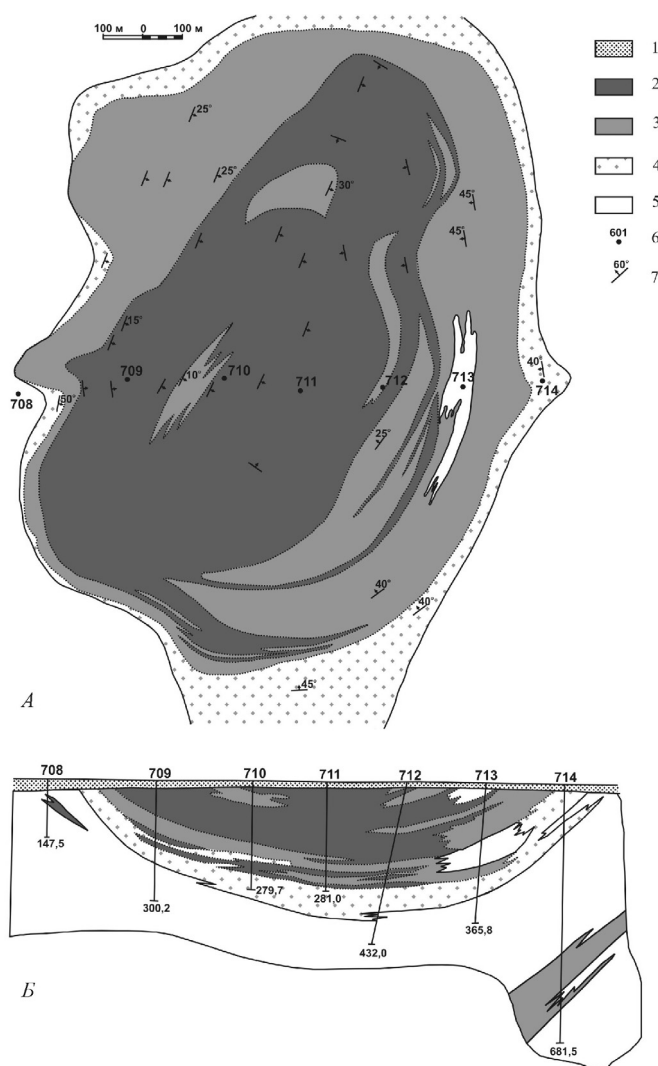


Рис. 1. Геологічна будова Кропивенської титаносної інтрузії на плані (А) і в розрізі (Б):

1 – пухкі осадові відклади; 2 – титаносні олівінові мелагабро та ультрамафіти; 3 – титаносні олівінові габро та лейкогабро; 4 – лейкогабро; 5 – вмісні анортозити й габро-анортозити; 6 – номер свердловини; 7 – елементи залягання порід.

Городищенський масив (ГМ) разом з ще трьома габро-анортозитовими масивами розташований у межах Корсунь-Новомиргородського плутону анортозит-рапаківігранітної формації УЩ (рис. 3). Це типовий представник багатофазових інтрузивних масивів протерозойських анортозитів автономного типу (massif type anorthosites). Основний об'єм ГМ становлять анортозити і лейкократові норити, які належать до першої інтрузивної фази [8]. Головними породоутворювальними мінералами в них є плагіоклаз та ортопіроксен.

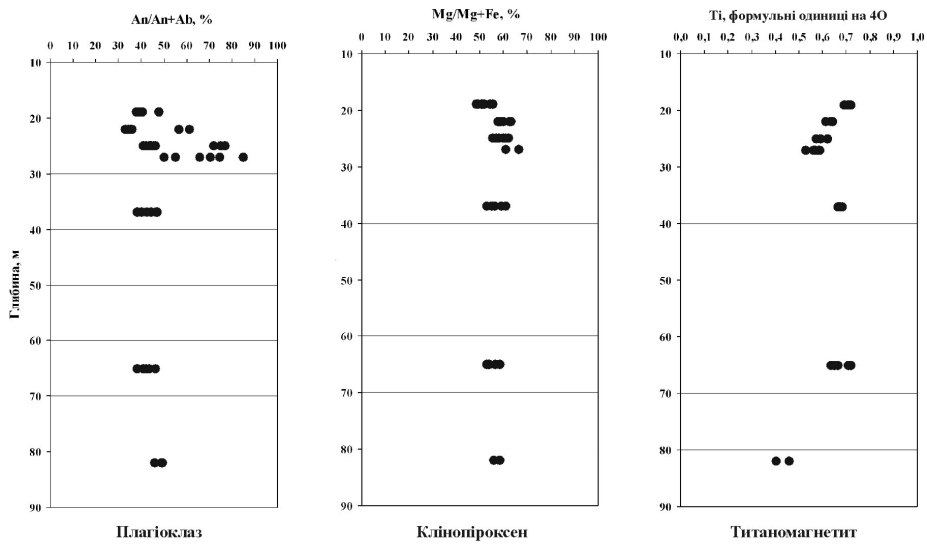
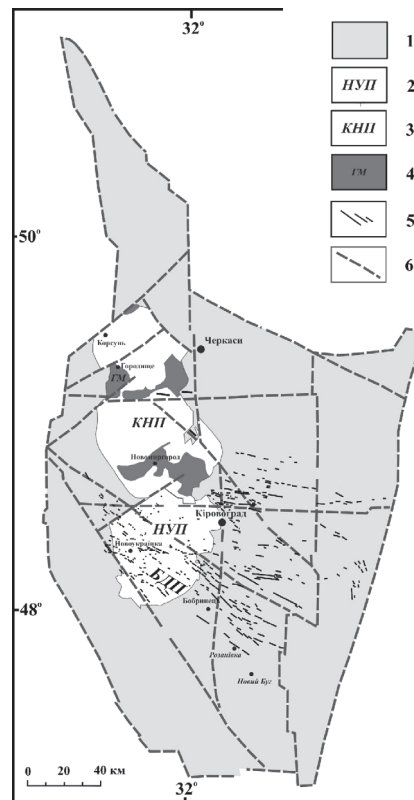


Рис. 2. Варіації хімічного складу мінералів у розрізі Кропивенської інтрузії.

Рис. 3. Структурна позиція Городищенського габро-анортозитового масиву (ГМ) та Бобринецького дайкового поясу (БДП) у геологічній будові Інгульського мегаблока:  
 1 – метаморфічні породи інгуло-інгулецької серії та гранітоїди кіровоградського комплексу; 2 – гранітоїди Новоукраїнського плутону (НУП); 3 – гранітоїди Корсунь-Новомиргородського плутону (КНП); 4 – габро-анортозитові масиви КНП; 5 – рої дайок базит-гіпербазитового складу; 6 – розломи.



Мегакристи плагіоклазу мають зональну будову з лабрадоровими ядрами ( $An_{52-59}$ ), які оточені вузькими оболонками андезинового ( $An_{33-41}$ ) складу. Ортопіроксен гіперстенового складу ( $En_{40-47}Wo_{4-10}$ ) має симплектикову мікроструктуру з орієнтованими вrostками авгіту в гіперстеновій матриці, що дає підставу визначити його як інвертований піжоніт. Олівін вирізняється достатньо залістим, гортоноліт-ферогортонолітовим складом ( $Fo_{27-32}$ ).

Пізніші інтрузивні фази ГМ представлені меншими за розміром інтрузивними тілами норитів і габро-норитів, у тім числі титаноносних. Дослідження засвідчили, що для їхніх головних породоутворювальних мінералів характерна значна мінливість хімічного складу, пов'язана з зональністю окремих мінеральних зерен, мікроструктурами розпаду твердих розчинів та петрографічним типом гірської породи (див. таблицю).

З'ясовано, що, порівняно з першою інтрузивною фазою, габроїдам пізніх фаз укорінення властиві менші значення основності плагіоклазу ( $An_{29-47}$ ) і магнезійності ортопіроксенів ( $En_{30-43}Wo_{3-10}$ ) та олівіну ( $Fo_{19-21}$ ). Виявлені особливості хімізму породоутворювальних мінералів дають змогу ідентифікувати габроїди різних інтрузивних фаз Корсунь-Новомиргородського плутону під час геолого-знімальних робіт.

Хімічний склад мінералів із габроїдів Городищенського масиву

Мінерал	Порода			
	Анортозит	Норит	Олівіновий норит	Калішпатовий норит
Плагіоклаз	$An_{52-59} * An_{33-41}$	$An_{51-60} * An_{34-40}$	$An_{37-47}$	$An_{29-42}$
Ортопіроксен	$En_{40-47}Wo_{4-10}$	$En_{38-41}Wo_{3-7}$	$En_{36-39}Wo_{4-8}$	$En_{30-43}Wo_{1-10}$
Клінопіроксен	$Wo_{39-42}En_{32-34}$	$Wo_{37-40}En_{29-33}$	—	$Wo_{37-41}En_{25-30}$
Олівін	$Fo_{27-32}$	—	$Fo_{19-21}$	—

Бобринецький дайковий пояс (БДП) інтрудує докембрійський фундамент у південній частині Інгульського мегаблока УЩ (див. рис. 3). У північно-західній частині БДП вмісними породами для дайок слугують гранітоїди Новоукраїнського плутону, у південно-східній – граніти й мігматити кіровоградського комплексу.

Найбільш звичайними петрографічними представниками дайкових порід є кайнотипні олівінові долерити [7]. Ми з'ясували, що долерити з двох досліджуваних ділянок БДП, розташованих на відстані близько 100 км одна від одної, крім спільних петрографічних особливостей, корелюють за однаковою хімізмом головних породоутворювальних мінералів (рис. 4).

Хімічний склад плагіоклазів, клінопіроксенів та олівіну в долеритах Розанівської й Новоукраїнської ділянок подібний до виявленого [6] в аналогічних мінералах із кайнотипних долеритових дайок прутівського комплексу західної частини Волинського мегаблока УЩ. Останній факт дає не лише підстави для виявлення кореляційних зв'язків між проявами дайкового магматизму в просторово розмежованих регіонах УЩ, а й додаткові критерії локального прогнозу сульфідного мідно-нікелевого зруденіння, властивого прутівському комплексу.

Отже, виконані дослідження засвідчили широкі можливості застосування даних про хімізм породоутворювальних мінералів під час вирішення прикладних завдань геологічного розчленування й кореляції, що виникають у процесі геологічних знімів і розшуків у районах розвитку інтрузивно-магматичних утворень.

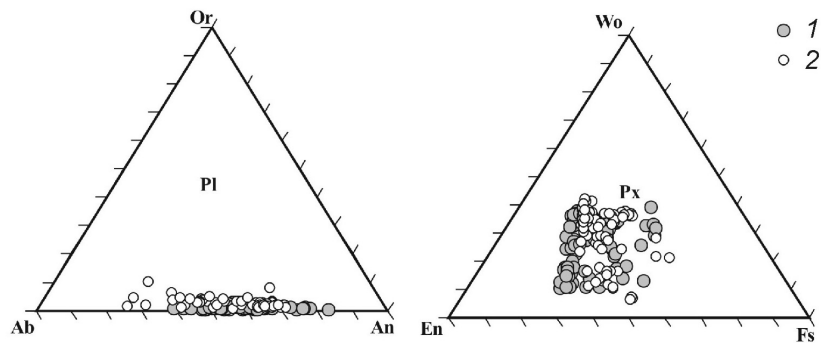


Рис. 4. Хімічний склад плагіоклазів (Pl) та піроксенів (Px) із долеритів Розанівської (1) та Новоукраїнської (2) ділянок Бобринецького дайкового поясу.

Хімізм породоутворювальних мінералів може слугувати важливою індикаторною ознакою для виявлення прихованої розшарованості в диференційованих інтрузіях, ідентифікації інтрузивних фаз у багатофазових інтрузивах, а також для кореляції просторово розмежованих інтрузивних тіл. Для окремих петрографічних об'єктів, як у випадку габроїдів Кропивенської інтрузії та долеритів Бобринецького дайкового поясу, дані про хімізм породоутворювальних мінералів можна залучати як додатковий критерій для визначення потенційної рудоносності інтрузивних тіл та їхніх складових частин.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кокс К. Г. Интерпретация изверженных горных пород / К. Г. Кокс, Дж. Д. Белл, Р. Дж. Панхерст. – М. : Недра, 1982. – 414 с.
2. Митрохин А. В. Петрология и рудоносность Федоровского апатит-ильменитового месторождения / А. В. Митрохин, Т. В. Митрохина // Мінерал. журн. – 2006. – Т. 28, № 4. – С. 43–52.
3. Митрохин А. В. Петрология и формационная принадлежность габбро-долеритов Рудня-Базарской интрузии (Волинский мегаблок Украинского щита) / А. В. Митрохин, А. Н. Омельченко, А. А. Андреев // Мінерал. журн. – 2010. – Т. 32, № 1. – С. 57–66.
4. Митрохин О. В. Мінералого-петрографічна характеристика Кропивенської титаноносної інтрузії (Волинський мегаблок Українського щита) / О. В. Митрохин, О. О. Андреев, Т. В. Митрохіна // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2009. – № 3–4. – С. 68–81.
5. Практическая стратиграфия. – Л. : Недра, 1984. – 320 с.
6. Шумлянський Л. В. Петрологія долеритів Томашгородської групи дайок (Український щит) / Л. В. Шумлянський // Мінерал. журн. – 2008. – Т. 30, № 2. – С. 17–35.
7. Вишневская Е. А. Петрографическая характеристика долеритов Розановского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита) / Е. А. Вишневская, А. В. Митрохин, В. В. Загородний // Сучасні проблеми геологічних наук : 5 Всеукр. наук. конф.-школа. – К., 2013. – С. 1–4. [Електронний ресурс]
8. Кірієнко О. В. Мінералого-петрографічні особливості габроїдів Городищенського масиву (Корсунь-Новомиргородський плутон Українського щита) / О. В. Кірієнко,

О. В. Митрохин // Сучасні проблеми геологічних наук : 5 Всеукр. наук. конф.-школа. – К., 2013. – С. 13–15. [Електронний ресурс]

*Стаття: надійшла до редакції 08.03.2015  
прийнята до друку 04.09.2015*

**THE CHEMISTRY OF ROCK-FORMING MINERALS  
AS AN INDICATOR IN THE CASE OF GEOLOGICAL DIVISION  
AND CORRELATION OF THE UKRAINIAN SHIELD  
INTRUSIVE FORMATIONS**

**O. Mytrohin, T. Mytrohina, Ye. Vyshnevskaya, O. Kyriyenko,  
O. Petrenko, O. Andryeyev**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
90, Vasylkivska St., 03022 Kyiv, Ukraine  
E-mail: mitrokhin.a.v@yandex.ua*

We systematically investigated the rock-forming minerals of three fundamentally different petrographic objects that are typical representatives of the Ukrainian Shield intrusive formations: 1) olivine gabbro and ultramafites from Kropyvenska Ti-bearing intrusion (Korostenskyi anorthosite-rapakivi-granite pluton in the North-Western part of the Ukrainian Shield); 2) anorthosites, norites and gabbro-norites from the Gorodyschenskyi gabbro-anorthosite massif (Korsun-Novomyrhorodskyi anorthosite-rapakivi-granite pluton localized in the central part of the Ukrainian Shield); 3) olivine dolerites and gabbro-dolerites from the Bobrynetskyi dyke belt (intrude the Precambrian basement in the Southern part of the Inhulskyi megablock of the Ukrainian Shield; the host rocks in the North-Western part of the belt are granitoids of Novoukrainskyi pluton, in the South-Eastern – granites and migmatite of Kirovohradskyi complex).

The purpose of this study was to determine the possibility of using data about the chemical composition of rock-forming minerals for solving the problems of geological division and correlation of intrusive formations of the Ukrainian Shield and other Precambrian regions. The chemical composition of rock-forming minerals has been studied by electron probe X-ray spectral microanalysis on the focused beam electron microscope REMMA-202 equipped with energy-dispersive X-ray spectrometer "Link systems".

The chemistry of feldspars, pyroxenes, olivine and Fe-Ti oxide ore minerals has been studied in detail. Completed studies have demonstrated extensive capabilities in using of data about the chemical composition of rock-forming minerals in the solution of applied problems arising in the course of geological survey and exploration in the areas of intrusive-magmatic formations development.

It has been shown that the ratio  $\#Ca = Ca/Ca+Na$  in plagioclase, the ratio  $\#Mg = Mg/Mg+Fe$  in pyroxenes and content of Ti in Ti-magnetites can serve as an important indicator sign to identify hidden stratification in Ti-bearing gabbroid intrusions belong to the anorthosite-rapakivi-granite association of the Ukrainian Shield, such as Kropyvvenska ones.

Data about  $\#Ca$ -ratio in plagioclase as well as  $\#Mg$ -ratio in pyroxenes and olivine are not less informative for the identification of intrusive phases in the multiple intrusions, for example in Proterozoic anorthosite massifs of the Ukrainian Shield, such as Gorodyschenskyi ones.

These ratios also can be used for the correlation of spatially disconnected intrusive bodies such as individual mafic dikes as well as their groups and dyke swarms. For some petrographic objects (for example, Ti-bearing gabbroids of the Kropyvvenska intrusion and dolerites of the Bobrinets dyke belt) the data on the chemistry of the rock-forming minerals can serve as an additional criterion to determine the potential ore content of intrusive bodies or their separate parts.

*Key words:* rock-forming minerals, magmatic rocks, geological division and correlation, Ukrainian Shield.

## **ХИМИЗМ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ КАК ИНДИКАТОРНЫЙ ПРИЗНАК ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ И КОРРЕЛЯЦИИ ИНТРУЗИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ УКРАИНСКОГО ШИТА**

**А. Митрохин, Т. Митрохина, Е. Вишневская, Е. Кириенко,  
О. Петренко, А. Андреев**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,  
ул. Васильковская, 90, 03022 г. Киев, Украина  
E-mail: mitrokhin.a.v@yandex.ua*

С использованием электронно-микронного анализа изучено химический состав породообразующих минералов из трех типичных представителей интрузивных образований Украинского щита: основных пород Кропивенской титаноносной интрузии, Городищенского габбро-анортозитового массива и Бобринецкого дайкового пояса. Выполненные исследования свидетельствуют о возможности использования данных о химизме породообразующих минералов для решения различных прикладных геологических задач: выявления скрытой расслоенности в дифференцированных интрузиях, идентификации интрузивных фаз в многофазовых интрузивах, корреляции пространственно размещенных интрузивных тел и др.

*Ключевые слова:* породообразующие минералы, магматические породы, геологическое расчленение и корреляция, Украинский щит.