

СЕРЕДНЬОТЕМПЕРАТУРНІ КВАРЦ-ПЛАГІОКЛАЗ-ЕПІДОТОВІ МЕТАСОМАТИТИ ТОКІВСЬКОГО ГРАНІТНОГО МАСИВУ

С.І. Курило¹, Л.М. Степанюк¹, О.Л. Бункевич², В.О. Синицин²

*1. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України,
просп. Палладіна, 34, Київ, Україна*

2. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, Київ, Україна

Вперше отримано комплексні мінералогічні та геохімічні дані про кварц-плагіоклаз-епідотові метасоматити Токівського гранітоїдного масиву Українського щита. На основі аналізу метасоматичної зональності показано, що ці породи утворилися під дією середньотемпературних кислотних розчинів кальцієвої спеціалізації. Визначено морфологічні, геохімічні та вікові відмінності між цирконами токівських гранітів і цирконами досліджених метасоматитів.

Вступ. Метасоматичні утворення в межах Токівського гранітного масиву в літературних джерелах згадуються з 1950-х років. Зокрема М.П. Семененко [5, 6] під назвою базавлукіти виділяє альбіт-амфіболіві з барієвим польовим шпатом метасоматити, під назвою токіти – суттєво плагіоклазові (бітовнітові з домішкою гіалофана) з ортитом метасоматичні породи, а також цоїзитити. Нажаль, детального опису вказаних порід у цих роботах немає. Кальцієві метасоматити амфібол-плагіоклаз-кварцового складу, розвинуті у гранітах Токівського масиву, детально охарактеризовані у роботах [10, 11]. Незважаючи на різний рівень дослідженості цих метасоматичних порід, можна вказати на деякі їхні спільні риси, а саме кальцієву (рогова обманка, кальцієвий плагіоклаз, цоїзит-епідот), рідкісноземельну (акцесорний ортит) і барієву спеціалізацією. Суттєво кальцієві епідотові метасоматити, неодноразово побіжно згадані у літературі [3, 5, 7], однак детальні описи їх відсутні.

Метою цієї публікації є комплексна характеристика мінералів, зокрема акцесорного циркону, та оцінка умов утворення зональних кварц-плагіоклаз-епідотових метасоматитів, розкритих Токівським гранітним кар'єром. На основі отриманих

мінералого-петрографічних і геохімічних даних нами виконано аналіз співвідношення досліджених порід з іншими кальцієвими метасоматичними утвореннями Токівського гранітного масиву.

Об'єкт дослідження. У цій роботі наведено результати дослідження зразків, відібраних у північно-східному борті Токівського гранітного кар'єру. У ньому відкриті переважно типові токівські граніти [3] – сірувато-рожеві, масивні, середньозернисті породи. У кількох десятках метрів на південь від з'їзду з дороги на третій уступ у корінній стіні кар'єру відслонюється субвертикальне лінзоподібне виокремлення (ореол) симетричної зональної будови, загальна потужність якого не перевищує 50 сантиметрів. У напрямку від незміненої породи зональність виокремлення проявлена як поступове змінення інтенсивності забарвлення токівського граніту: зберігаючи гранітну текстуру він набуває спочатку сіруватого світло-рожевого (перехідна частина ореолу), а потім сірого кольору (зовнішня частина). Центральна частина ореолу відділяється від попередньої різкою границею та представлена темною сіро-зеленою, середньодрібнозернистою породою. Потужність цих части є приблизно однаковою – від 1–2 до 7–10 сантиметрів. Для дослідження відібрано пробу незміненого Токівського граніту (Ток 1), та пробу (Ток 2), що складається з кількох штуфів, у кожному з

яких зональність описаного вище метасоматичного ореолу представлена у непорушеному стані.

Безпосередньо понад дорогою поблизу в'їзду зі сходу на третій уступ кар'єру на його підніжжі розкривається лінзоподібне тіло потужністю до 2 м, що відслідковується на кілька метрів за простяганням у північно-східному напрямку. Це тіло складене середньозернистими сірими породами з помітною директивною текстурою, яка підкреслюється також окремими уривчастими малопотужними (до 1–2 см) лінзоподібними виокремлення бруднозеленого до фісташкового кольору. У межах тіла відібрано пробу (ТК 1-2), що відображає його петрографічний склад. Зазначимо, що сіра середньозерниста і зеленкувата дрібнозерниста порода за макроскопічними ознаками є подібними до зовнішньої та внутрішньої частин описаного вище зонального метасоматичного ореолу, відповідно.

Методи досліджень. Петрографічні дослідження проведено для безперервної серії шліфів, які представляють всі частини метасоматичного ореолу (пр. Ток 2), а також для шліфів пр. Ток 1 (незмінений токівський граніт) і ТК 1-2 (сіра середньозерниста порода з лінзоподібними виділеннями фісташкового кольору).

Аналітичні методи. Проведено: визначення вмісту макрокомпонентів (силікатний аналіз) за допомогою рентген-флуоресцентного методу з хвильовою дисперсією (рентгенівський спектрометр СРМ-25, аналітик Загородній В.В.); визначення концентрацій елементів домішок з використанням енергодисперсійного рентген-флуоресцентного методу (рентгенівський спектрометр СЕР-01, аналітик Аширова І.І.); позернові дослідження домішкового складу цирконів [2, 4], мікрозондове дослідження хімічного складу окремих мінералів на електронному мікроскопі (мікроаналізаторі) РЭММА-202М. Вказані аналітичні дослідження проведено в лабораторії мінералого-геохімічних досліджень геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Частину мікрозондових досліджень виконано на електронному мікроскопі (мікроаналізаторі) JEOL 6700 в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

Оптико-мінералогічні методи. Виконано генераційний аналіз кристалів циркону у плоско-полірованих пластинах, виготовлених на епоксидній смолі.

Результати позернового дослідження домішкового складу застосовано для оцінки віку цирко-

нів за методом "загального свинцю" [1] (розрахунки проведено О.В. Андреевим). Інтерпретацію результатів мінералого-петрографічних і аналітичних досліджень проведено шляхом аналізу метасоматичної зональності та тривимірних гістограм.

Результати досліджень. Петрографічне дослідження серії шліфів (пр. Ток 1, ТК 2, Ток 2) дозволило виділити п'ять типів порід за їх мінеральним складом і структурними характеристиками у напрямку від незміненого токівського граніту до центральної частини описаного вище метасоматичного ореолу.

Тип 1 – токівський граніт. Макроскопічно має рожеве забарвлення. Структура породи порфіровидна, вкрапленики розміром 1–6 мм представлені переважно рожевим мікроліном та кварцом, рідше табличастими зернами кислого плагіоклазу. Структура загальної маси гіпідіоморфнозерниста (гранітна), тектонобластична, дрібнозерниста з середнім розміром зерен від 0,2 до 0,7 мм.

Мінеральний склад*, %: Pl – 30–35, Mc – 27–35, Q – 25–28, Bi – 2–7, Ti та Or – в межах одиниць відсотків. Акцесорні мінерали представлені апатитом, цирконом, вторинні – серицитом, хлоритом, карбонатом.

Плагіоклаз у порфіровидних вкраплениках представлений табличчастими або субідіоморфними зернами розміром 2,5–3 мм. У загальній масі він є ідіоморфний, рідше ксеноморфний, розмір зерен 0,3–0,8 мм. За кутом згасання полісинтетичних двійників відповідає олігоклазу 25–27 % An. Внаслідок тектонічних перетворень часто має ялинкоподібне згасання полісинтетичних двійників. Зерна серицитизовані, інколи розвивається мусковіт, рідше – карбонат. Найбільш яскраво виражені вторинні зміни у вкраплениках. Часто плагіоклаз містить мікропегматитові та мірмекітові включення кварцу.

Мікроклін з достатньо досконалою мікрокліновою граткою. У порфіровидних вкрапленках його розмір від 2,5 до 10 мм, а в загальній масі – від 0,3 до 2 мм. Інколи містить пойкілітові включення кварцу округлої форми з нерівними краями. Є пертитові включення табличчастого, часто серицитизованого плагіоклазу розміром від 1 до 1,5 мм. Мікроклін деформований, з помітним хвилястим згасанням.

Кварц ксеноморфний, інколи ледь видовженої форми, у порфіровидних вкрапленках розмі-

*Скорочені назви мінералів: An – анортит, Bi – біотит, Chl – хлорит, Ep – епідот, Mc – мікроклін, Mgt – магнетит, Ms – мусковіт, Or – ортит, Pl_{25–27} – плагіоклаз, у нижньому індексі – номер, Ti – сфен, Q – кварц.

ром від 2 до 6 мм, у загальній масі – від 0,3 до 2,5 мм. Зерна сильно деформовані, потріскані та з характерними хвилястим та блочним згасанням. У ділянках найбільших тектонічних змін кварц підлягав рекристалізації.

Біотит лускатої форми, з розщепленими краями, розміром 0,7–1,4 мм. Має коричневе забарвлення з плеохроїзмом: *Ng* – темно-коричневий, *Np* – коричнювато-жовтий. Незначна хлоритизація надає зеленкуватого відтінку. Луски слабо озаліженні, переважно з хвилястим згасанням. Іноді сильно стиснутий між зернами.

Тип 2: двопольовошпатовий діафторит. Порода рожево-сірого кольору, яка успадковує структуру та мінеральний склад від незмінених токівських гранітів. З'являються елементи бластопорфіровидної структури з дрібно-середньозернистою бластогранітною загальною масою та елементами пойкилобластової структури. Порфіробласти представлені крупними ксеноморфними зернами кварцу.

Мінеральний склад майже такий, як у незмінених гранітів, %: *Pl* – 31, *Ms* – 23–30, *Q* – 25–28, *Bi* – 2–7, сфен, ортит – одиниці відсотків. Акцесорні мінерали представлені апатитом, цирконом. Зростає роль діафторичного мусковіту, серициту та епідоту. Так, мусковіт і серицит частково заміщують плагіоклаз і біотит. Останній інколи заміщується хлоритом. Ортит, сфен та, частково, біотит утворюють зернові скупчення, де ортит інтенсивно заміщується епідотом.

Внаслідок діафторичних перетворень мікроклін мутнішає та помітно заміщується плагіоклазом, що супроводжується інтенсивним розвитком пойкилобластів кварцу, які надають мікрокліну ситовидний вигляд.

За результатами оптичного та мікрозондового дослідження, встановлено реліктовий плагіоклаз з вмістом *An* 5–12 % та новоутворений олігоклаз – 18 % *An*. Останній переважно без полісинтетичних двійників. Біотит, сфен, ортит та епідот залишаються майже такими, як у незміненому граніті.

Тип 3: плагіодіафторит. Масивна порода сірого кольору. Структура дрібнозерниста, реліктова гіпідіоморфнозерниста, гомеогранобластова, подекуди порфіробластова. Порфіробласти представлені видовженими в одному напрямі зернами ксеноморфного кварцу розміром 2–4 мм, між якими розташовуються дрібніші зерна плагіоклазу розміром від 0,15 до 0,3 мм. Чітка виражена пойкилобластова (ситовидна) структура проявлена у чисельних включеннях округлого кварцу в плагіоклазі (рис. 1, а).

Середній мінеральний склад цього типу, %: *Pl* – 42–54, *Q* – 48–25, *Bi* – 2–5, *Mgt* – 4. Встановлено одиниці відсотків *Ep*, сфен, *Chl* по *Bi* та *Ms* у вигляді скупчень, де трапляються також залишки збагаченого на рідкісноземельні елементи ортиту. *Ms* повністю зникає.

Основність плагіоклазу збільшується від 18 до 28 % *An*. Як у породі типу 2, наявні реліктові серицитизовані зерна кислішого плагіоклазу. *Кварц* представлений зернами трьох генерацій: у порфіробластах ксеноморфний розміром 2–4 мм; у загальній масі ксеноморфний, дещо заокруглений розміром 0,15–0,3 мм; а також чисельні пойкилобласти у плагіоклазі. *Біотит* помітно хлоритизований, а в деяких лусках спостерігається його незначне розчинення з утворенням лейкоксенованої маси. *Епідот* розміром ~ 0,1 мм трапляється у поодиноких зернах округлої форми часто поблизу вториннозмінених фрагментів ортиту та скупчень сфену.

Тип 4: плагіоклаз-магнетит-кварц-епідотовий метасоматит. Порода плямистої текстури сірого кольору з зеленкуватим відтінком. Структура породи порфіробластова з дрібнозернистою, гранобластовою загальною масою. Порфіробласти представлені ксеноморфними, рідше кубічними зернами магнетиту розміром 1–2,5 мм.

Мінеральний склад, %: *Pl* – 60–50, *Mgt* – 20–25, *Q* – 15, *Ep* – 10. *Mgt* зрідка лейкоксенований, обрамлений *Ms*, *Chl*, рідше сильно озаліженим та хлоритизованим біотитом, а також поодинокими зернами *Ep*.

Реліктовий плагіоклаз практично зникає, а новоутворений має дещо вищу основність (31–33 % *An*). *Епідот* представлений окремими світло-жовтими зернами округлими і часто облямовує зерна магнетиту. Деколи епідот містить ядра, представлені залишками ортиту. *Ортит* трапляється поруч із зернами магнетиту у вигляді окремих сильно змінених зерен або фрагментів, що оточуються одиничними зернами *Ep*, *Ms*, *Ep*. *Біотит* встановлено лише у поодиноких, сильно хлоритизованих та озаліжених реліктах (рис. 1, б).

Тип 5: кварц-плагіоклаз-епідотовий метасоматит. Порода оливкового кольору з гнейсуватою текстурою. Зерна кварцу, плагіоклазу та епідоту помітно витягнуті в одному напрямі. Видовженні скупчення епідоту обумовлюють гломеробластову текстуру. Структура гомеогранобластова, тонко-дрібнозерниста з розміром зерен від 0,08 до 0,5 мм. На ділянках переходу до типу 4 породи, видовжені ксеноморфні зерна кварцу (~ 2 мм)

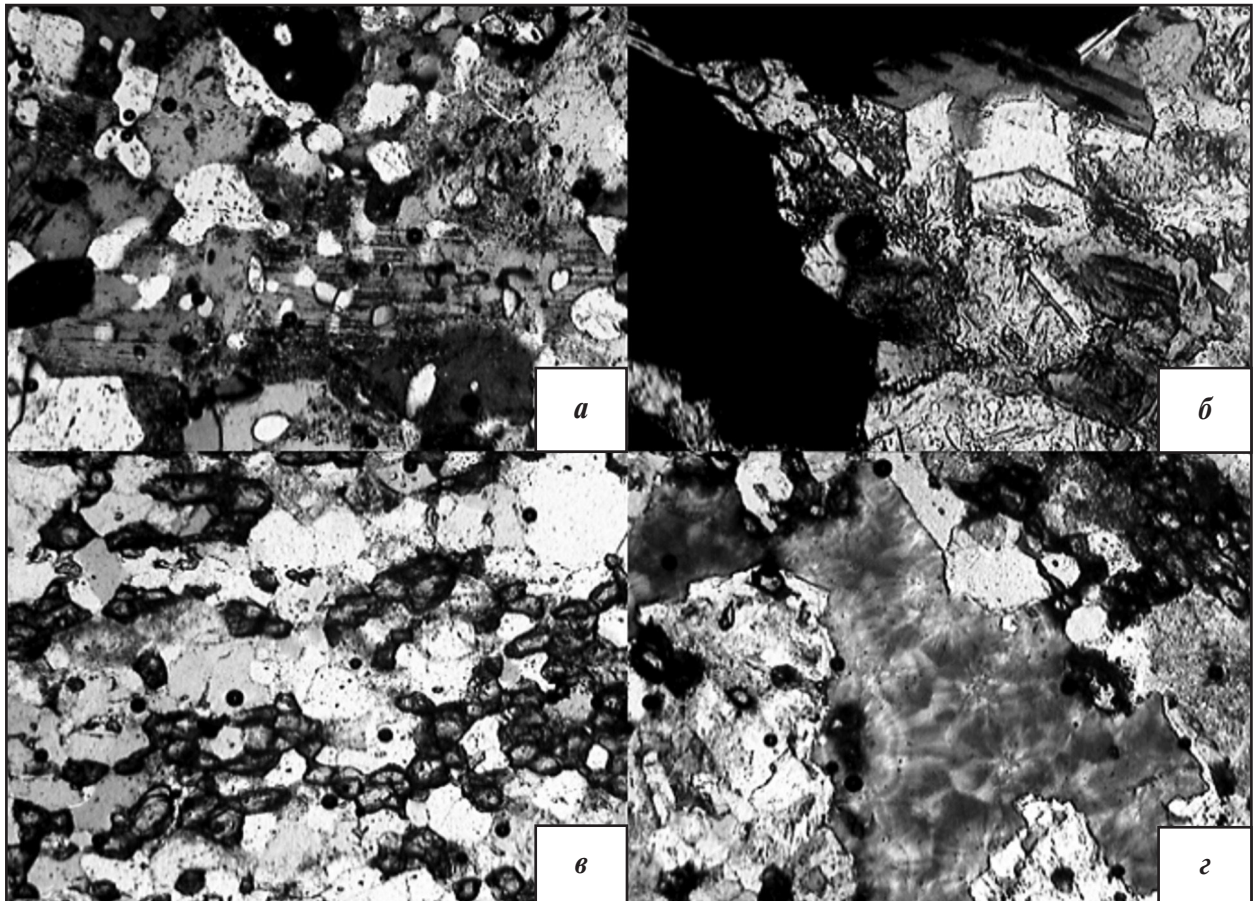


Рис. 1. Загальні особливості порід метасоматичної колонки (мікрофотографії шліфів зб. 4, а – аналізатор введений, б, в, г – без аналізатора): а – плагіодіафорит пойкилобластової структури (тип 3); б – в нижній частині праворуч розташований епідот з ядрами ортиту, у верхній частині – помітно хлоритизований та озалізнений біотит (тип 4); в – загальна структура метасоматиту (тип 5); г – осаджений хлорит кварц-плагіоклаз-епідотового метасоматиту (накладена мінеральна асоціація в центральній частині метасоматичного ореолу)

утворюють елементи порфірбластової структури (рис. 1, в).

Мінеральний склад, %: Pl – 60, Q – 15 – 20, Ep – 25. В напрямі до центральної частини ореолу кількість Ep поступово зростає. Акцесорні мінерали представлені цирконом та апатитом.

Плагіоклаз представлений ксеноморфними, рідше ідіоморфними зернами розміром 0,3–0,5 мм. За результатами оптичного та мікрозондового дослідження, склад плагіоклазу відповідає андезину (30–34 An %). *Епідот* переважно округлої, рідше призматичної, ще рідше – видовжено-призматичної форми розміром 0,1–0,3 мм. Трапляється у чисельних зернових скупченнях, рідше у вигляді поодиноких зерен. У шліфах має блідо-жовте забарвлення. Відмічається гетерогенна будова зерен мінералу, що обумовлена наявністю в епідотах ядер та зональних оболонок. Ядра світло-зеленого кольору з жовтуватим відтінком. Форма їх овалоподібна, часто з нерівними краями. Показник двозаломлення на порядок вищий,

ніж в оболонках. Оболонки характеризуються світло-жовтим забарвленням з чіткою зональністю. Кількість зон коливається від 3 до 8. Зони переважно ідіоморфного обрису. *Кварц* представлений ксеноморфними зернами форми розміром 0,1–0,5 мм.

Крім названих мінералів, у породі виявлено зелений хлорит сферолітної будови.

Накладені мінеральні асоціації центральної частини метасоматичного ореолу. У межах центральної частини метасоматичного ореолу (породи 4 і 5 типів) в результаті петрографічних досліджень виявлено ділянки дрібно-середньозернистої грано-лепідобластової структури, складені агрегатами біотиту, мусковіту та хлориту, співвідношення між якими різні.

Біотит – лускатої форми, коричневого кольору з чітким плеохроїзмом від світло-коричневого до коричневого. Мусковіт представлений дрібними лусками голчастої форми, поширеними серед загальної маси, та більшими лусками, часто сито-

видними з ледь помітним жовтуватим відтінком, що поширені у загальній масі та в обрамленні зерен магнетиту. Ці луски часто трапляються разом з хлоритом, а в деяких випадках спостерігається перехід від мусковіту до хлориту. Власне хлорит поширений у вигляді дрібних лусок світло-зеленого забарвлення (рис. 1, з).

Проба сірого граніту з лінзоподібного тіла (пр. ТК 1-2) характеризується чіткою гнейсуватістю, проявленою в орієнтації зерен кварцу в одному напрямі. Структура породи нерівномірно-дрібно-середньозерниста з середнім розміром зерен 0,6–1,6 мм, деякі сягають розміру 2,6–2,8 мм. Ідіоморфні зерна плагіоклазу з підпорядкованим ідіоморфізмом зерен мікрокліну, ксеноморфний кварц, а також метасоматично рекристалізовані зерна плагіоклазу та кварцу визначають бластогранітну структуру. Ділянки інтенсивного метасоматичного перетворення характеризуються гранобластовою структурою. Крім того, у напрямі до найбільш перетворених виявлені ділянки з порфіробластовою структурою, де порфіробласти представлені видовженими ксеноморфними зернами кварцу розміром 1,6–2,5 мм з гранобластовою дрібнозернистою загальною масою, з середній розмір зерен складає 0,2–0,3 мм. У межах шліфа виявленні елементи пойкилобластової структури, проявленої у дрібних включеннях округлого кварцу у плагіоклазі, рідше – у мікрокліні.

Мінеральний склад сірого граніту, %: Pl – 7–12, Q – 27, Mi – 10–15, Bt – 5–4, Ti – 3. Акцесорні мінерали представлені ортитом, цирконом, апатитом. Накладеними мінералами є епідот, який розвивається по ортиту, хлорит по біотиту і частково ортиту, серицит по плагіоклазу, а також більш основний плагіоклаз (An 26–28 %) по альбіту-олігоклазу.

Мінеральний склад такого граніту загалом подібний до складу описаного вище слабо зміненого двопольовошпатового діафориту (тип 2).

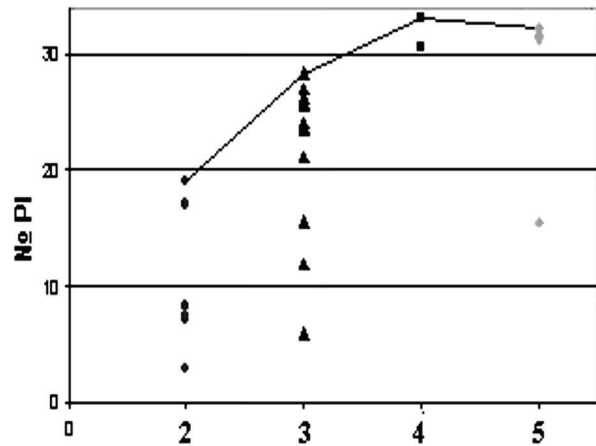


Рис. 2. Основність плагіоклазів (мольний % анортитового міналу) у петрографічних типах порід 2, 3, 4, 5 (див. петрографічне описання). Крива характеризує найвищу основність новоутворених плагіоклазів у межах кожного типу порід, найнижчі точки – основність реліктових мінералів

Відрізняється він менш інтенсивною серицитизацією плагіоклазу, низьким вмістом епідоту, менше проявленими структурами заміщення плагіоклазу та мікрокліну.

Аналітичне дослідження складу окремих мінералів. Результати дослідження складу плагіоклазів і біотитів за допомогою електронного мікросконду наведено на рис. 2 і 3 відповідно.

Як видно на рис. 2, основність плагіоклазу від незміненого граніту до кварц-плагіоклаз-епідотового метасоматиту поступово зростає від альбіту до андезину (34 % An).

Біотит (рис. 3) у незмінених гранітах має коричневе і світло-коричневе забарвлення лускатої форми. На ділянках діафорезу підлягає хлоритизації та частковій мусковітизації, а у плагіоклаз-магнетит-кварцовому типі залишається лише реліктовим, сильно коронованим, по якому хлорит часто утворює повні псевдоморфози. Накладений біотит у центральних частинах метасоматичного ореолу має світло-коричневе забарвлення

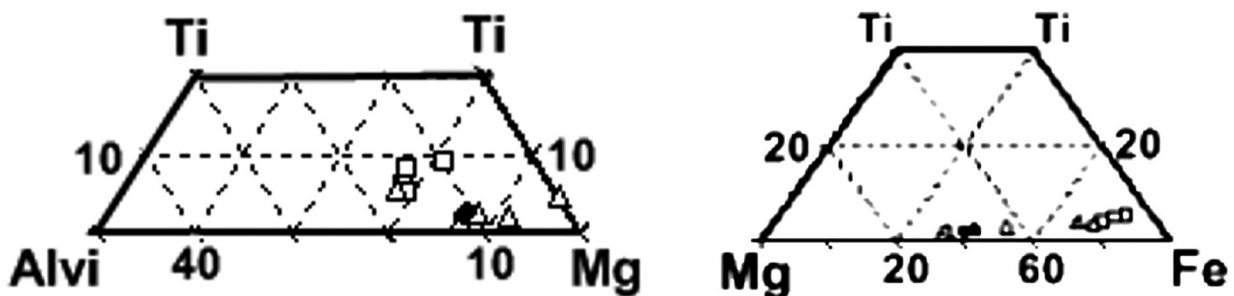


Рис. 3. Характеристика хімічного складу біотитів (мольні % компонентів): □ – в породах 2 типу, Δ – в породах 3 типу, ● – накладений біотит в метасоматитах (породи 4 і 5 типу)

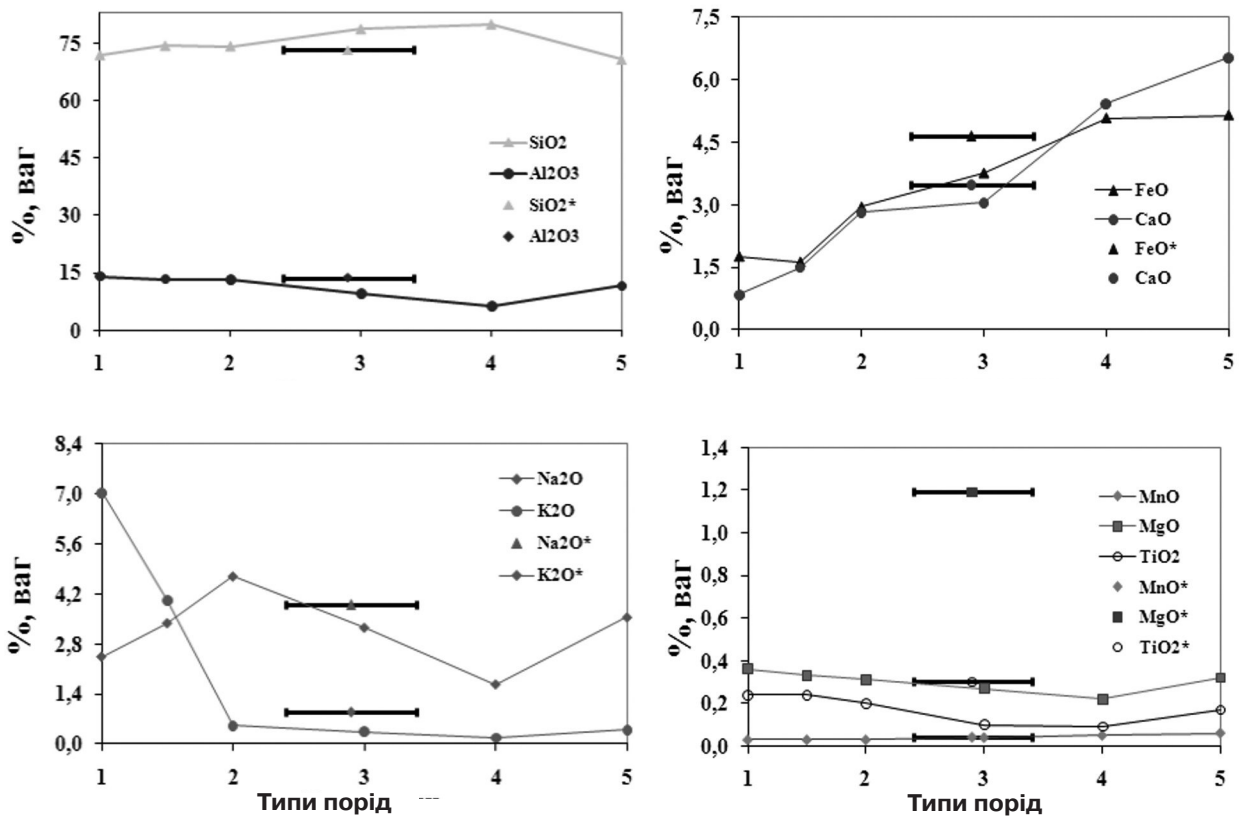


Рис. 4. Макрокомпонентний склад окремих типів порід. Компоненти, позначені на рисунках зірочками та виділені чорним відрізком, характеризують пробу (ТК 1-2)

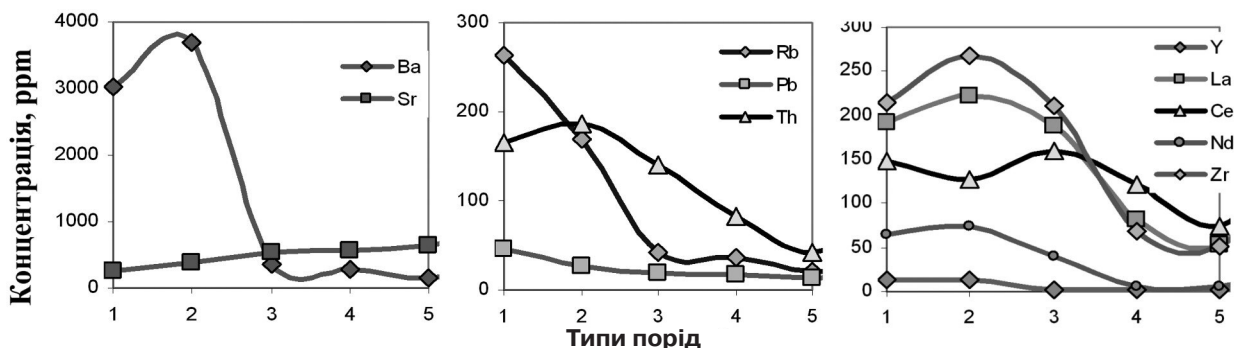


Рис. 5. Вміст елементів-домішок у породах метасоматичного ореолу

з чітким плеохроїзмом від світло-коричневого до світло-жовтого кольору.

Вміст флогопітового міналу в біотиті незмінних гранітів та у породі типу 2 коливається в межах 46–51 мол. %, у породі типу 3 (плагіодіфториту) 64–74 мол. %, а у накладених біотитах – 61–70 мол. %. Біотит у породі типу 1, містить більше октаедричного алюмінію, ніж біотит інших типів порід. У напрямі до центральної частини ореолу вміст Ті поступово зменшується (рис. 3).

Макро- і мікрокомпонентний склад порід відповідних петрографічних типів наведено на рисунках 4 та 5.

Як видно з рис. 4, концентрація SiO₂, сумарного FeO, CaO, MnO у напрямі до центральної частини ореолу помітно зростає, концентрація Al₂O₃ змінюється слабо, а вміст MgO, TiO₂, K₂O зменшується. Концентрація Na₂O поступово зростає до зони плагіодіафториту, після чого падає.

З рис. 5 видно, що у напрямі до центральної частини метасоматичного ореолу вміст Zr, La, Nd, Y, Ba, Rb, Th, Pb знижується, а концентрація Sr слабо зростає. Помітним на графіках є максимум значень концентрації Zr, La, Nd, Ba, Th у двопольовошпатовому діафториті. У цій породі також виявлено найнижчий вміст Ce.

Генераційний аналіз кристалів циркону у плоско-полірованих пластинах. Циркони токівських гранітів (пр. ТК 2) під біокуляром мають вигляд коричневих напівпрозорих та світло-коричневих прозорими кристалів призматичної та видовжено-призматичної з помітними заокругленнями вершин та ребер форми. Інколи трапляються добре огранені кристали, величина K_v яких становить 1,5–3. Під час вивчення зрізів кристалів циркону відмічаємо дві його генерації, які займають різний об'єм в різних кристалах. Перша генерація представлена різномірними ядрами ідіоморфної, округлої, рідше ксеноморфної форми з тонкою магматичною зональністю. Циркон другої генерації представлений переважно азональними, рідше зональними оболонками з помітно нижчими кольорами інтерференції. Він наростає на циркон першої генерації (ядра), зрідка складає весь кристал (рис. 6). У багатьох кристалах виявлені включення, поширені переважно в межах ядер, що за їх оптичними властивостями можна поділити на такі типи: прозорі безбарвні округлі, голчасті та ксеноморфні (представлені очевидно, апатитом та кварцом); прозорі коричневого кольору, що плеохроюють від коричневого до світло-коричневого (біотит); непрозорі ксеноморфні, рідше – кубічні (рудний мінерал). Розташовані включення хаотично або вздовж граней ідіоморфних ядер (рис. 6, б). Деякі циркони зазнали інтенсивних вторинних змін, що проявлені у вигляді рудих плям озалізнення (рис. 6, в).

Циркони з проби ТК 1-2 в цілому подібні до цирконів токівських гранітів. Проте, у них відмічається не дві, а три генерації циркону. Циркони першої генерації є аналогічними до ядер цирконів з проби ТК 2. Кристали цирконів другої генерації представлені тонкозональними цирконами, які відповідають другій генерації циркону з токівського

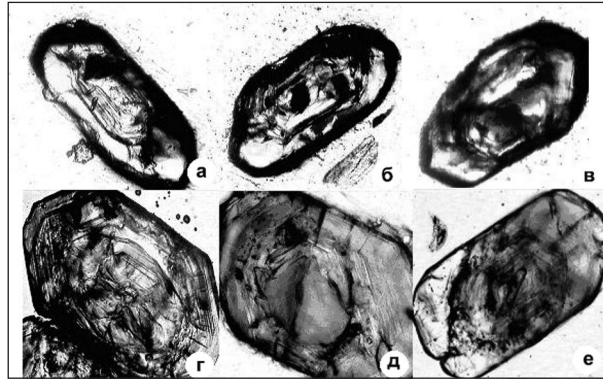


Рис. 6. Особливості внутрішньої будови акцесорного циркону: а–в з токівського граніту, (без аналізатора, зб. 10); г–е – з проби ТК 1-2 (без аналізатора, г, д зб. 25, е – 10).

граніту. Однак внаслідок впливу метасоматичних розчинів вони інтенсивно розчинялись. У зонах розчинення виявлено велику кількість непрозорих дрібних включень. Циркони третьої генерації представлені істотно метасоматичними азональними кристалами з низьким двошаломленням, які доростають на вершинах та ребрах цирконів другої генерації. Інколи метасоматичний циркон займає майже половину площі зрізу кристалу (рис. 6).

Позернове дослідження домішкового складу цирконів. Вміст (Th, U, Pb, Hf, Y) визначений у 86 зернах, виділених з незміненого токівського граніту (пр. ТК 2) та 84 зернах, виділених з середньозернистої сірої породи з помітною директивною текстурою (проба ТК 1-2). Значення вмісту перших трьох елементів використано для оцінки віку цирконів за методом загального свинцю [1]. На відповідних діаграмах (рис. 7), побудованих за допомогою авторської програми для аналізу тривимірних гістограм, показано розподіл зерен циркону цих проб в координатах Hf/Y (горизонтальна вісь) – вік за методом загального свинцю (вертикальна вісь).

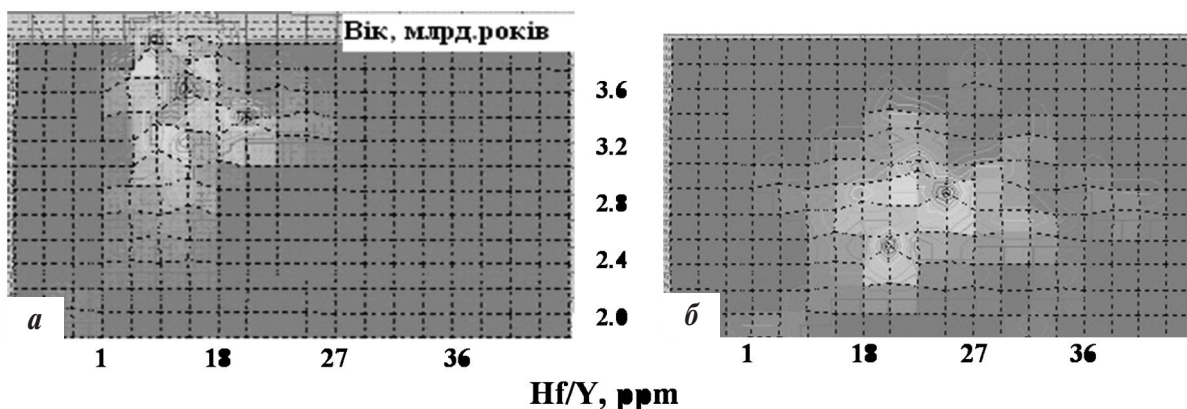


Рис. 7. Розподіл цирконів в координатах Hf/Y – оцінка віку за методом загального свинцю: а – незмінені токівські граніти (пр. ТК 2); б – середньозерниста сіра порода (пр. ТК 1-2)

Будова метасоматичної колонки, граничні мінеральні реакції та диференційний ряд рухливості компонентів кварц-плагіоклаз-епідотових метасоматитів Токівського гранітоїдного масиву

Номер зони	Тип породи	Парагенезис зони (метасоматична колонка)	Реліктові мінерали	Диференційний ряд рухливості	
				Інертні компоненти	Рухливі компоненти
0	1	$Pl_{25-27}+Mc+Q+Bi$		Al, Si, (Fe, Mg), K, (Na,Ca)	H_2O
$Bt+Pl_{25-27}+H_2O \leftrightarrow Pl_{10}+Chl+Ms+Ep+Q$					
1	2	$Pl_{10}+Mc+Q+Chl+Ms+Ep$	Bi, Pl_{18-20}	Al, Si, (Fe, Mg), K	H_2O, Ca, Na
$Mc+H^++Ca^{+2} \leftrightarrow (An)Pl+Q+K^+$					
2	3	$Pl_{28}+Q+Chl+Ms+Ep$	Bi, Pl_{5-20}	Al, Si, (Fe, Mg)	H_2O, Ca, Na, K
$Chl+Ms+H^++Ca^{+2}+O_2 \leftrightarrow Mgt+Ep+(An)Pl+K^++Mg^{+2}$					
3	4	$Pl_{30-34}+Q+Ep+Mgt$		Al, Si, Fe	H_2O, Ca, Na, K, Mg, O_2
$Mgt+H^+ \leftrightarrow Fe_{aq}$					
4	5	$Pl_{30-34}+Q+Ep$		Al, Si	$H_2O, Ca, Na, K, Mg, O_2, Fe$

З рис. 7 видно, що циркони двох досліджених типів порід суттєво розрізняються за геохімічними характеристиками. На гістограмі токівського граніту (рис. 7, а) виділяється головний пік для цирконів зі співвідношенням $Hf/Y = 14,5$ та віком 3,3 млрд років та додатковий пік – $Hf/Y = 11,5$ (вік 3,1 млрд рр.). Характерною особливістю цих цирконів є наявність максимуму, що відповідає віку понад 3,7 млрд рр. при $Hf/Y = 12,5$. Це, очевидно, вказує на збагачення нерадіогенним свинцем певної частини цирконів токівських гранітів. Циркони, виділені з проби ТК 1-2 (рис 7, б) на гістограмі характеризуються наявністю двох піків Hf/Y : 23,5 (вік 2,5) і 11,0 (2,1 млрд рр.).

Аналіз метасоматичної зональності проведено на основі узагальнення результатів речовинного дослідження зразків, які представляють описані вище п'ять типів порід. Результати аналізу представлено в таблиці. Мінеральні парагенезиси зон визначено на основі результатів петрографічного дослідження співвідношень між мінералами у шліфах шляхом вилучення з мінерального складу породи реліктових мінералів, що підлягають заміщенню новоутвореними мінеральними фазами. Грубим шрифтом у таблиці виділено схеми граничних мінеральних реакцій, що відповідають зміні мінеральних парагенезисів у переходах від зони до зони. Реакція між нульовою зоною і зоною 1 відповідає діафоричному перетворенню високотемпературного парагенезису граніту в породу, мінеральна асоціація якої відповідає умовам зеленосланцевої фації метаморфізму. У метасоматичній систематичі такі умови (300–450 °C) прийнято відносити до середньотемпературних [8]. Перехід між зонами 1 і 2 відповідає заміщенню

мікрокліна плагіоклазом, властивого проміжним ділянкам метасоматичного ореолу. Реакція між зонами 2 і 3 вказана умовно. Оскільки співвідношення між хлоритом та мусковітом у зоні 2 виявлені нечітко, не вдалося встановити однозначну послідовність руйнування цих мінералів. Проте нестійкість хлориту та мусковіту в плагіоклаз-магнетит-кварц-епідотовому метасоматиті (3 зона) впливає з петрографічних досліджень. Слід відзначити, що неповнота мінеральних перетворень і наявність реліктових мінералів є досить характерною рисою зон 1 та 2. Реакція розчинення магнетиту на границі зон 3 і 4 завершує послідовність мінеральних перетворень у цій метасоматичній колонці. Збільшення основності плагіоклазу від першої до четвертої зони, можна виразити зміщеною іонообмінною рівновагою аортитизації плагіоклазу: $(1+y)Pl_x + (y-x)Ca^{+2} = (1+x)Pl_y + 2(y-x)Na^+ + 4(y-x)Q$, де x та y – мольні частки аортиту у вихідному плагіоклазі (реагенті) та у кінцевому плагіоклазі (продукті) відповідно. Ця реакція з виділенням кварцу супроводжує мінеральні перетворення між зонами 1–2, 2–3 і 3–4, описані вище. Параметри цих граничних реакцій вказують на те, що метасоматичний розчин був кислим та мав кальцієву спеціалізацію.

Висновки. 1. Характерними ознаками дослідженого метасоматичного ореолу в напрямку від незміненого граніту є: заміщення мікрокліна плагіоклазом, зростання основності плагіоклазу, деградація ортиту і заміщення його епідотом. Типоморфною мінеральною асоціацією досліджених метасоматитів є $Pl_{30-34} + Q + Ep \pm Mgt$.

2. Досліджений метасоматичний ореол утворився внаслідок взаємодії токівських гранітів з

середньотемпературним кислим розчином, що характеризується кальцієвою катіонною спеціалізацією.

Взаємодія між розчином і гранітом супроводжувалась виносом К і Mg, привнесенням Са. Найменш рухливими елементами були Si, Fe і Al. На зазнав перерозподілу всередині метасоматичного ореолу.

Серед домішкових і другорядних компонентів, концентрації яких визначено, гідротермальний розчин приносив лише Sr і Mn. Типоморфні хімічні елементи токівського граніту – Y, Ce, La, Nd, Ba, Th, а також Rb і Pb – виносилися ним з центральних частин метасоматичного ореолу на периферію.

5. В центральній частині метасоматичного ореолу на кварц-плагіоклаз-епідотовий парагенезис накладаються мусковіт- і біотит-хлорит-епідотова мінеральні асоціації, віднесені до новоутворень стадії осадження [9], спорідненої з головною прогресивною стадією утворення цих метасоматитів. За результатами оптичного і мікроскопічного дослідження встановлено, що біотити і хлорити двох названих стадій суттєво розрізняються за структурно-морфологічними та хімічними характеристиками.

6. Середньозернисті сірі породи з директивною текстурою та уривчастими лінзоподібними виділеннями фісташкового кольору, що складають досить потужні тіла серед токівських гранітів, за

мінеральним складом, структурними і петрохімічними особливостям є подібними до порід типів 3 та 4 з ореолу кварц-плагіоклаз-епідотових метасоматитів (зони 2 і 3 метасоматичної колонки).

7. Акцесорні циркони, виділені з середньозернистих сірих порід, суттєво відрізняються від цирконів, виділених з незмінених токівських гранітів. Перша група цирконів має складнішу внутрішню будову, вище значення відношення Hf/Y і молодший вік, ніж циркони з токівського граніту. Незважаючи на відомі обмеження методу загального свинцю [1 та інш.], вказані відмінності узгоджуються з точкою зору про те, що локальні ореоли середньотемпературних кварц-плагіоклаз-епідотових метасоматитів і тіла, складені середньозернистими сірими породами, мають спільну метасоматичну природу.

Подяки. Роботу проведено за державною бюджетною науково-дослідною темою 11БФ049-01 геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Автори висловлюють щирі вдячності співробітникам науково-дослідної лабораторії мінералого-геохімічних досліджень геологічного факультету к. т. н. В.В. Загородньому, О.Д. Омельчук та І.І. Ашировій за проведення аналітичних досліджень, а також к. г.-м.н. О.В. Андрєву за допомогу в обробці результатів вимірювань та проведення розрахунку віку за методом загального свинцю.

1. Андрєв А.В. Современные возможности метода общего свинца в радиогеохронологических исследованиях // Геол. журн. – 1992. – № 6. – С. 125–130.
2. Андрєв О.В. Рентген-флуоресцентный метод дослідження складу окремих мікрокристалів акцесорних мінералів // Збірник наук. праць УкрДГРІ. – 2008. – № 4. – С. 75–84.
3. Орс В.И. Токовский комплекс // Гранитоидные формации Украинского щита. – Киев, 1984. – С. 105–110.
4. Савенок С.П. Установка для дослідження елементів-домішок у монокристалічних об'єктах малої маси методом рентгеноспектрального флуоресцентного аналізу // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 1. – С. 82–85.
5. Семенов Н.П. Токовский гранитный массив // Геология СССР. – М., 1958. – С. 271–272.
6. Семенов Н.П. Метаморфизм подвижных зон. – Киев, 1963.
7. Семенов Н.П. Метасоматические процессы // Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита. – Киев, 1975. – С. 167–181.
8. Синицын В.А. Минеральные реакции и метасоматическая зональность апогранитоидных ураноносных альбититов докембрия. // ДАН УССР, Сер. Б. – 1991. – № 7. – С. 105–108.
9. Синицын В.О., Шунько В.В. Дослід систематизації метасоматитів Українського щита на формаційній основі // Геолог України. – 2010. – № 3. – С. 57–63.
10. Уточкин Д.В. Анортитсодержащие метасоматиты Украинского щита // ДАН УССР, Сер. Б. – 1991. – № 6. – С. 107–110.
11. Уточкин Д.В. Физико-химические условия формирования кальциевых метасоматиов (Среднее Приднепровье) : Автореф. дисс ... канд. геол.-мин. н. – Киев: ИГФМ АН УССР, 1991.

Курило С.И., Синицын В.А. Степанюк Л.М., Бункевич А.Л. Среднетемпературные кварц-плагиоклаз-эпидотовые метасоматиты Токовского гранитного массива. Впервые получены комплексные минералогические и геохимические данные о кварц-плагиоклаз-эпидотовых метасоматитах Токовского гранитоидного массива Украинского щита. На основе анализа метасоматической зональности показано, что эти породы образовались под воздействием среднетемпературных кислотных растворов кальциевой специализации. Установлены морфологические, геохимические и возрастные отличия между цирконами токовских гранитов и цирконами изученных метасоматитов.

Kurylo S.I., Sinitsyn V.O., Stepanyuk L.M., Bunkevich O. L. The medium temperature quartz-plagioclase-epidote metasomatites of Tokivsky granite massive. For the first time coupled mineralogical and geochemical data have been obtained for quartz-plagioclase-epidote metasomatites in Tokivsky massive of granites (Ukrainian Shield). On the ground of analysis of metasomatic zoning it has been shown that above rocks were formed by the action of medium temperature, acid and calcium-specialized solutions. The morphologic, geochemical and age distinctions have been found between zircons from tokivsky granite and zircons from studied metasomatites.

Надійшла 14.03.2012.