

**В. В. Шевчук**

## **ДИНАМО-КІНЕМАТИЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТЕКТОНІТІВ ГОРДАШІВСЬКОГО ВІДГАЛУЖЕННЯ ТАЛЬНІВСЬКОЇ ЗОНИ РОЗЛОМІВ**

На основе структурно-парагенетических и микроструктурных исследований в пределах Гордашевского ответвления Тальновской зоны разломов показаны тесная взаимосвязь палеопротерозойского гранитоидного петрогенезиса и структурообразования, а также многостадийный характер деформационных процессов, происходивших в сменных динамо-кинематических условиях. Наиболее ранние сбросо-правосдвиговые перемещения сменялись локальной реализацией лево- и правосдвиговых схем, с чередованием дополнительного сжатия и растяжения.

A close relation between paleoproterozoic granitoid petrogenesis and structure forming has been shown on the basis of structural-paragenetical and microstructural researches within Gordashev fragment of Talnovska fault zone. Deformation processes realized in variable dynamo-kinematical conditions had multistage character. The earliest right-lateral strike slip displacements were changed by a local realization of the left-lateral and right-lateral shear schemes with alternation of an additional compression and tension.

**Вступ.** Зона зчленування Росинсько-Тікицького та Дністровсько-Бузького мегаблоків Українського щита (УЩ) із Кіровоградським має доволі складну будову. Головна її особливість — наявність клиноподібного Голованівського блока, який визначається високою тектонічною порушеністю, завдяки чому часом включається до складу міжблокової шовної зони. Граничними для блоку чи шовної зони є Тальнівська та Первомайська зони розломів. Тальнівська зона розломів (ТЗР) обмежує Голованівський блок на заході і вважається ранньопротерозойським швом між тектонічно самостійними центральною і північно-західною частинами УЩ [1, 2]. ТЗР має субмеридіональне, при крутому східному падінні, простягання, яке в районі м. Ульянівка змінюється на північно-східне. Її тектонічне значення висвітлено у роботах П. С. Верем'єва, В. К. Гавриша, О. Б. Гінтова, О. І. Слензака, К. Ф. Тяпкина, В. А. Нечаєва, І. І. Чебаненко, А. В. Чекунова, В. Г. Кучми та ін.

**Об'єкт досліджень.** В межах ТЗР, яка має струменеву будову і розчленовується на декілька спряжених між собою окремих зон тектонітів [1], відмічається широкий розвиток синдеформаційних палінгенно-метасоматичних процесів, проявлених формуванням системи граніто-гнейсових (мігматитових) монокліналей [3], що трасують ТЗР по усій її довжині, вкладаючись у смугу доволі витриманого (30—40°) простягання. У розрізі вздовж р. Гірський Тікич, у районі с.м.т. Тальне, струменевий характер ТЗР особливо виразний.

У смугі загальною шириною близько 10 км, окрім потужної Тальнівської граніто-гнейсової монокліналі (ГГМ), розкритої, зокрема, великим кар'єром на східній околиці с.м.т. Тальне, спостерігається декілька відгалужень у формі локальних ГГМ з високим ступенем розсланцювання та речовинних перетворень.

Об'єктом даного дослідження є одне з відгалужень, відслонене у кар'єрі поблизу с. Гордашівка (Гордашівська ГГМ), яке відрізняється потужним розвитком пізньо- і постгранітаційних деформацій.

**Мета та завдання.** Мета досліджень полягає у вивченні будови Гордашівської ГГМ, співвідношень структурних та речовинних перетворень в її межах та з'ясуванні динамо-кінематичних умов формування різновікових структурних парагенезисів (структурної еволюції).

**Матеріал та методи досліджень.** Матеріалом дослідження є геологічні дані, зібрані у берегових відслоненнях р. Гірський Тікич та у Гордашівському кар'єрі під час простежування Гордашівської ГГМ, яка має видиму ширину близько 200 м і витримане простягання (35°) при субвертикальному падінні. Багатоетапний розвиток структури зумовив необхідність застосування методів структурно-парагенетичного аналізу та мікротектонічних методів динамо-кінематичних реконструкцій. Зважаючи на різноманітність та інформативність структурних перетворень кварцу під час крихко-пластичних і пластичних деформацій на пізньо- і постгранітаційних стадіях, застосовувались також методи мікроструктурного аналізу.

**Результати.** В якості субстрату інтенсивного динамометаморфізму та калій-кремнієвого метасоматозу, завдяки яким формувалась граніто-гнейсова монокліналь, в межах досліджуваної ділянки

виступають тією чи іншою мірою тектонізовані середньозернисті плагіогнейси і плагіомігматити. У периферійних частинах зони розлому фіксуються прояви послідовної лінеаризації з ознаками латерального стиснення, виражені роздавлюванням мікроскладчастості і плейчатості плагіомігматитів, а також утворення субвертикального кліважу та діагональних спряжених сколів із характерними переміщеннями фрагментів за правозсувною схемою. Деформація мала крихко-пластичний характер: поряд із перманентним поновленням спряжених систем сколювання та бластезом відбувається розвертання ранніх їх генерацій до субпаралельної орієнтації із послідовним формуванням вторинної смугастості та сланцюватості.

Перманентна перекристалізація супроводжується майже повсюдним, хоча й дуже нерівномірним раннім окварцюванням. Калієвий польовий шпат (КПШ) у породах субстрату практично відсутній і з'являється лише внаслідок вторинного розсланцювання та кремній-калієвого метасоматозу, які мають струменевий характер і утворюють смугасті, лінзувато-смугасті, лінзувато-плямисті та порфіробластичні мігматити і граніто-гнейси. Поступово формується витримане моноклінальне залягання мігматитової смугастості і вторинної щодо структур субстрату сланцюватості граніто-гнейсів, що дозволяє виділити тут доволі потужну граніто-гнейсову монокліналь.

Важливою особливістю Гордашівської ГГМ є високий ступінь дроблення на усіх стадіях її розвитку. Перманентна мілонізація не лише передуює окварцюванню і калішпатовому порфіробластезу, а й супроводжує його та проявляється місцями після його завершення. Приблизно однаковий температурний рівень перетворень на різних стадіях розвитку кварц-калішпатової мінеральної асоціації, викликає труднощі діагностики ранніх та пізніх мілонітів. Мілонітові структури мають зазвичай різкі межі із граніто-гнейсами та спорадично виявлену тонку мілонітову смугастість, що проявляється завдяки збереженню дроблених граніто-гнейсів, окремих порфірокластів, а також згідних прожилків, складених суттєво кварцовими агрегатами (рис. 1).

Для відтворення кінематики та динамічних умов деформаційних процесів у межах ГГМ досліджувались макро-, мезо- та мікроструктурні деформаційні ознаки. Найбільш різноманітними та інформативними виявились мікротектонічні ознаки, що й зумовило акцент на петроструктурних дослідженнях.

Головним репером послідовності петроструктурних перетворень було становлення та перетворення калішпат-кварцової мінеральної асоціації. Калішпатовий порфіробластез і утворення субпаралельних смуг-прожилків суттєво кварц-калішпатового складу сприймається як ознака відносного розтягування, яке могло доповнювати зсувні переміщення. Ця початкова стадія формування двопольовошпатових мігматитів та граніто-гнейсів змінювалась роздавлюванням (брекчіюванням) новоутворень в умовах переважання умов чистого зсуву над простим зсувом, з утворенням мілонітів і ультрамілонітів клиноподібно-смугастої текстури. Зрідка відмічається деформування кварцових лінз з утворенням асиметричних мікроскладок волочиння. Деформація порфіробластів КПШ, їх фрагментування та обертання порфірокластів разом із катаклизмом призводить до формування надзвичайно строкатих у структурно-текстурному відношенні тектонітів. Ці процеси часом супроводжуються утворенням виразних  $\Theta$ -,  $\sigma$ - та  $\delta$ -мікроструктур, які дозволяють відтворити кінематику структуроутворення та оцінити роль простого зсуву під час деформації [7].

У вертикальних зрізах бластомілонітів дроблення порфіробластів КПШ, перетворення їх у порфірокласти часто супроводжуються формуванням систем мікротріщин, які часом порушують не



Рис. 1. Порфірокластичні (а) та смугасті (б) політектоніти Гордашівської ГГМ

лише порфірокласти КПШ, але й вміщуюче їх середовище. За вигинами таких тріщин фіксується підкидовий характер переміщень пізньо- і постпорфіробластичного етапу з переважанням динамічних умов чистого зсуву, рідше транспресії, що можна бачити вже у горизонтальних зрізах. Особливо виразними є підвороти R'-сколів, які при значних пластичних деформаціях отримують S-подібний вигляд, що дозволяє впевнено відтворювати напрямки відносних переміщень та величину компоненти простого зсуву. Іноді фіксуються віяла антитектичних сколів, що виникають під час розвертання фрагментів розчленованих порфіробластів КПШ і разом із зовнішніми контурами фрагментів однозначно засвідчують підкидові переміщення. Підкидовий характер пізньо- та постпорфіробластичних переміщень підтверджується також характером  $\sigma$ - та  $\delta$ -структур, а також асиметричних мікроскладок, які формуються навколо порфірокластів плагіоклазу та КПШ і складені мікросмугастими агрегатами полімінерального або суттєво кварцового складу (рис. 2).

Субвертикальне залягання граніто-гнейсових і мілонітових монокліналей часто дозволяє констатувати у вертикальних зрізах лише неспівосний характер перманентних деформацій із додатковим субгоризонтальним стисненням та розтягуванням. Значно важливішими є дослідження динамо-кінематичних ознак у горизонтальних зрізах. Тут вони дозволяють визначати напрямок зсувних переміщень. У метасоматично слабо змінених плагіогнейсах, що зазнали значних крихко-пластичних деформацій із характерною структурою "брекчія у брекчії", відтворення зсувної компоненти ускладнюється значними, часто безсистемними обертаннями окремих фрагментів — нодулів розміром від часток міліметра, зазвичай зцементованих мікрозернистою кварц-польовошпатово-гідрослюдистою масою. На фоні порфірокластів польових шпатів спостерігається декілька генерацій мікроструктур — індикаторів зсувних переміщень.

Мікроскладки стиснення і волочіння відображають як загальні деформаційні тенденції, так і локальні переміщення окремих порфірокластів та мікроблоків клиноподібної форми. Вони засвідчують реалізацію як ліво-, так і правозсувних мікропереміщень. Дещо більші мікроскладки формуються у "тінях тиску" більших за розміром порфірокластів плагіоклазу. Часто вони мають слабо виражену асиметрію, що є ознакою переважання чистого зсуву (рис. 2, в). Деформаційні перетворення крупних кристалів польових шпатів, зокрема порфіробластів КПШ, супроводжуються формуванням інформативних у кінематичному відношенні  $\Theta$ -,  $\sigma$ - та  $\delta$ -мікроструктур. Найбільш розповсюдженими є  $\Theta$ -структури, які характеризуються внутрішньою симетрією і свідчать про порівняно слабкий прояв простого зсуву, або про його повну відсутність. Поряд із  $\Theta$ -структурами звичайними є також  $\sigma$ -структури, які відрізняються закономірною асиметрією та однозначно визначають напрямки простого зсуву. (рис. 2, а). Порівняно рідко спостерігаються  $\delta$ -мікроструктури, що свідчить про ротаційний режим у деформаційному процесі. Ядрами таких мікроструктур є горошкоподібні, округлі порфірокласти КПШ із складною будовою "тіней тиску" (рис. 2, б). Спостереження за  $\Theta$ -,  $\sigma$ - та  $\delta$ -мікроструктурами у багатьох субгоризонтальних зрізах дозволяє зробити висновок про те, що у деформаційних процесах, які захоплювали порфіробласти КПШ, суттєво значення мала лівостороння складова зсувних переміщень. Сумарний аналіз вертикальних і горизонтальних зрізів засвідчує чергування скидово- та підкидо-лівозсувного характеру переміщень під час сингранітаційного деформування.

Суттєві уточнення пізньосингранітаційного етапу деформацій можна отримати на підставі дослідження мікроструктур, утворених мікрозернистими скупченнями кварцу. Висока здатність кварцу до твердопластичного течіння проявляється ознаками перманентного дроблення та перекристалізації, у той час як КПШ формує лише дві більш-менш виразні генерації. У шліфах спостерігається уособлення мономінеральних кварцових лінз і смуг, що обволікають порфірокласти польових шпатів. Характер погасання мікрозернистих агрегатів у межах таких лінз і смуг вказує на синдеформаційний характер їх формування, але з'ясування кінематики деформаційного процесу на цій пізньосингранітаційній стадії можливе лише за допомогою мікроструктурного аналізу кварцу.

Петроструктурні діаграми кварцу, отримані в межах Гордашівської ГГМ, доволі різноманітні, що відображає різні динамо-кінематичні умови окремих деформаційних епізодів (рис. 3—5). Рис. 3, а демонструє переважну орієнтацію с-осей кварцу у порфіробластичних граніто-гнейсах із ознаками крихкого дроблення порфіробластів КПШ та полігонізації і рекристалізації порфіробластів кварцу. Згідно із експериментально встановленими Б. Хоббсом закономірностями [5], можна припустити, що дрібнозернистий кварцовий агрегат утворився в умовах коаксіальної прогресивної деформації із стисненням, перпендикулярним до призми первинних порфіробластів кварцу, с-осі яких мали у вертикальному зрізі діагональну орієнтацію.

Діаграми за іншими горизонтальними зрізами мають комбінований характер. На рис. 3, б показано рисунок с-осей кварцу складного тектоніту. Тут у реліктовому вигляді ще розрізняється характерна пара максимумів, що відображає перпендикулярне до призми стиснення колишніх порфіробластів кварцу із їх полігонізацією і рекристалізацією, але й достатньо виразне також більш пізню дефор-

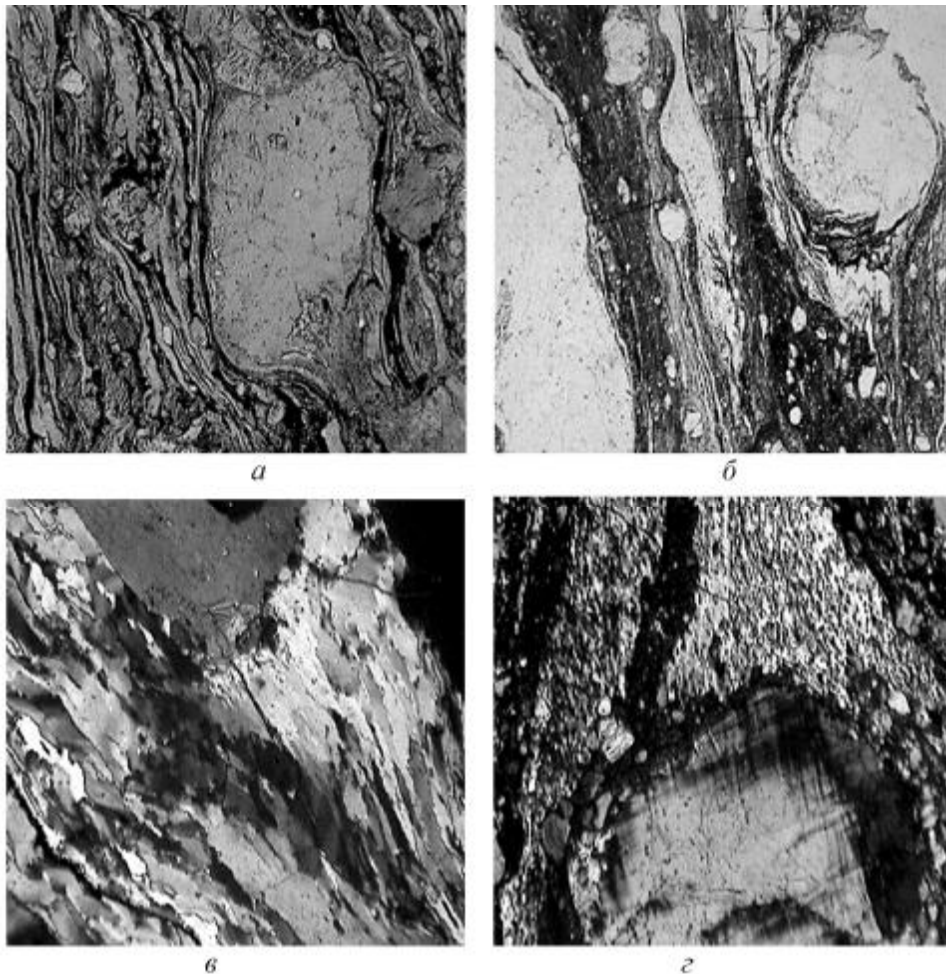


Рис. 2. Мікрофотографії тектонітів

*а* — бластомілоніт по порфіробластичному мігматиту, типова  $\sigma$ -структура навколо порфірокласту КПШ, шліф К1-1, вертикальний зріз, нік. +, зб. 8; *б* — бластоультрамілоніт із мікроскладками у "тіні тиску" порфірокласту плагіоклазу та поперечними мікротріщинами пізнього кліважування, шліф К1-5, вертикальний зріз, нік. +, зб.8; *в* — фрагмент порфірокласту КПШ та  $\delta$ -структури, шліф К1-6, горизонтальний зріз, нік. +, зб. 10; *г* — снопоподібний кварцовий агрегат з ознаками перманентного деформування та перекристалізації, шліф К1-8, горизонтальний зріз, нік. +, зб. 10

мацію кварцового агрегату із переважно базальним, меншою мірою призматичним та ромбічним ковзанням, в умовах зсуву або комбінації зсуву та додаткового стиснення [4]. Діаграма на рис.3, *в* ілюструє переважну орієнтацію *s*-осей кварцу брекчієподібно-тонкосмугастого бластомілоніту із характерними ознаками S-C структури. Вона відповідає, ймовірно, умовам правого зсуву із додатковим стисненням, поперечним до площини зсуву.

На рис. 4 видно типові діаграми, побудовані за взаємно перпендикулярними зрізами тонкосмугастих бластомілонітів, що сформувались після головної стадії кремній-калієвого метасоматозу. Кварц представлений дрібнозернистим агрегатом у дуже тонких (0,1 мм) лінзах-смугах, що оточують порфірокласти польових шпатів. На діаграмах спостерігається характерний рисунок із одним слабо роздвоєним максимумом, що має тенденцію до утворення поясу. Інтерпретація умов формування таких рисунків доволі складна. Вони можуть відображати поєднання трансляційного та рекристалізаційного механізмів пластичного деформування порфіробластів кварцу із субгоризонтальною орієнтацією *s*-осей в умовах підкиду. Внутрішньозерна трансляція здійснювалась по призмі у порівняно низькотемпературних умовах [6, 7].

Діаграми, зображені на рис. 5, є найбільш розповсюдженими у тектонітах із характерними снопоподібними практично мономінеральними кварцовими агрегатами. Лінзи-смуги таких агрегатів

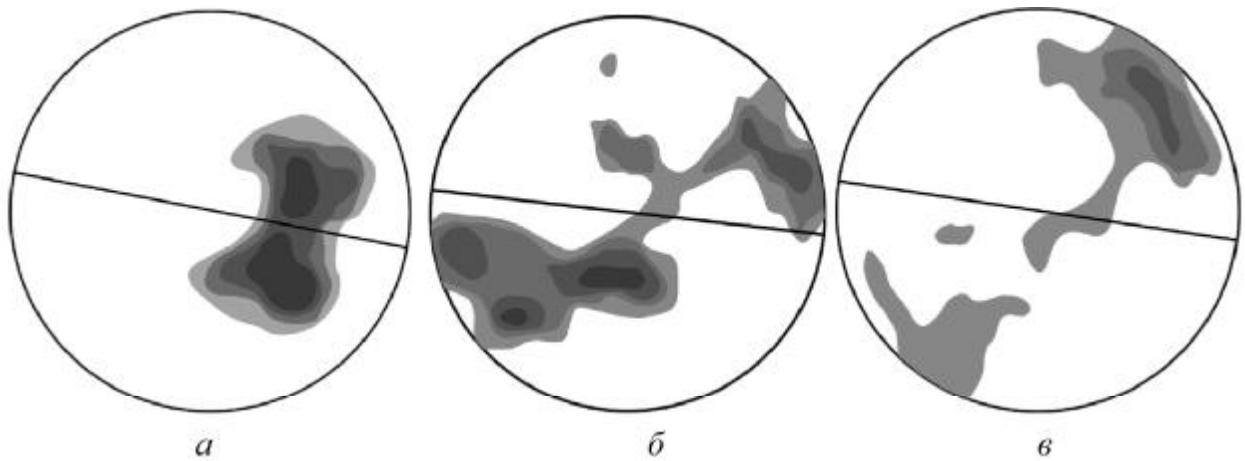


Рис. 3. Діаграми переважної орієнтації *c*-осей кварцу у тектонітах Гордашівської ГГМ  
*a* — шліф К1-6, горизонтальний зріз, 300 замірів (1—2—4—8%); *б* — шліф К1-7Г, горизонтальний зріз, 300 замірів (1—2—4—8%); *в* — шліф К1-Г, горизонтальний зріз, 250 замірів (2—4—6%).

Пряма лінія на усіх рисунках відображає головну площинну текстуру

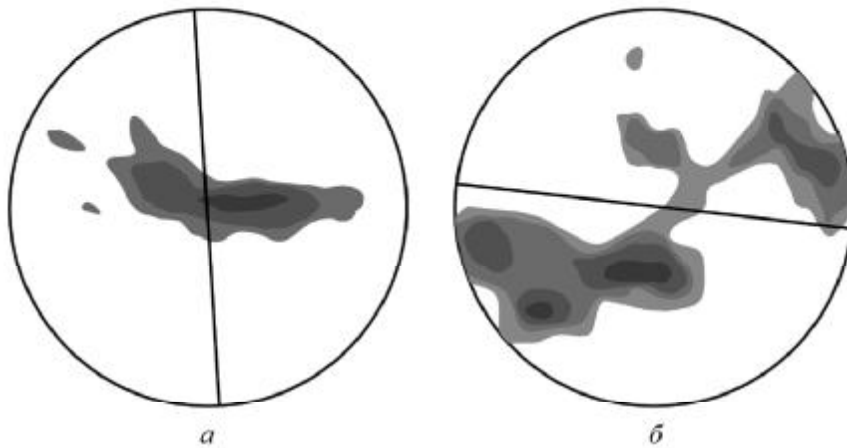


Рис. 4. Діаграми переважної орієнтації *c*-осей кварцу у тектонітах Гордашівської ГГМ  
*a* — шліф К1-1, вертикальний зріз, 300 замірів (1—4—8%); *б* — шліф К1-2, горизонтальний зріз, 300 замірів (1—2—4—6%)

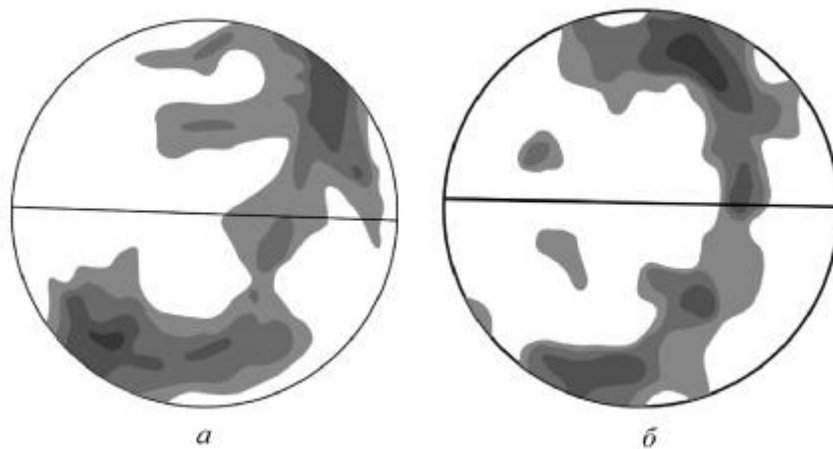


Рис. 5. Діаграми переважної орієнтації *c*-осей кварцу у тектонітах Гордашівської ГГМ  
*a* — шліф К1-8, горизонтальний зріз, 450 замірів (1—2—4—8%); *б* — шліф К1-4, горизонтальний зріз, 300 замірів (1—2—4—8%)

шириною від 0,5 до 5 мм часом насичують породу більш ніж на 50% і відмічаються високим рівнем перекристалізації. Їх формування вимагає, очевидно, нормального щодо більш ранньої смугастості відносного розтягування, хоча подальша перекристалізація відбувалась у підкидо-правозсувних умовах.

Найбільш пізні деформаційні прояви супроводжувались не лише перманентною перекристалізацією кварцу, а й формуванням ультрамілонітових та псевдотахілітових просічок, які часто мають косу орієнтацію (у позиції R'-сколів) щодо генеральних площинних текстур. Вони відбувались у низькотемпературних умовах і супроводжувались формуванням гідрослюдистих мікроагрегатів по площинах слабомінералізованого кліважу, густина якого сягає 3—5 просічок на 1 мм. Найпізніший не мінералізований кліваж проявлений спорадично у центральній частині зони і має поперечний характер. Вірогідно, він пов'язаний із найпізнішими субзгідними із загальною структурою ультрамілонітовими просічками, по відношенню до яких займає позицію R'-сколів.

**Висновки.** Підбиваючи петрографічні та петроструктурні дані про взаємозв'язок речовинних і деформаційних процесів у межах Гордашівської ГГМ, можна відмітити таку послідовність перетворень архейських плагіогнейсів і плагіомігматитів:

1. Раннє дроблення плагіогнейсів за умов переважання латерального стиснення та участі правозсувних переміщень.

2. Синдеформаційний розвиток інтрасоматично-метасоматичних процесів із формуванням порфіробластичних і смугастих мігматитів і граніто-гнейсів в умовах відносного розтягування (скидово-зсувні переміщення).

3. Імпульсний характер деформаційного процесу на пізньосингранітизаційній стадії із неодноразовою зміною скидово-лівозсувної та підкидо-лівозсувної деформаційних схем, з переважанням чистого зсуву та ознаками простого зсуву у комбінації із додатковим нормальним до площини зсуву стисненням-розтягуванням.

4. Пізнє перманентне деформування суттєво кварцових агрегатів із наступним бластезом різного ступеня, утворення мікропросічок ультрамілонітів клиноподібно-перехресного орієнтування із початковим бластезом мікрозернистого гідрослюдистого агрегату в умовах трансгресії із переважанням чистого зсуву за слабкої участі правозсувної компоненти.

5. Найбільш пізній поперечний кліваж (у позиції R'-сколів щодо генеральних площинних текстур) без видимих зміщень і ознак бластезу розвивається локально у місцях найпотужнішої мілонітизації та розвитку псевдотахілітів.

1. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. — Киев: Феникс, 2005. — 572 с.
2. Каляев Г. И., Крутиховская З. А., Жуков Г. В. и др. Тектоника Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1972. — 300 с.
3. Шевчук В., Шевчук Вол. В. Протерозойські граніто-гнейсові моноклінали Українського щита та їх морфоструктурні типи // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. — 2007. — Вип. 40. — С. 4—6.
4. Dell'Angelo L. N. and Tullis J. Fabric development in experimentally sheared quartzites // Tectonophysics. — 1989. — Vol. 169. — P. 1—21.
5. Hobbs V. E. Recrystallization of single crystals of quartz // Ibid. — 1968. — Vol. 6, № 5. — P. 353—401.
6. Knipe R. J., Law R. D. The influence of crystallographic orientation and grain boundary migration on microstructural and textural evolution in an S-C mylonite // Ibid. — 1987. — Vol. 135. — P. 155—169.
7. Passchier C. W., Trouw R. A. J. Microtectonics. — Berlin: Springer-Verlag; New York: Heidelberg, 1996 — 221 p.

Ін-т геол. наук НАН України,  
Київ  
E-mail: shevchuk1@univ.kiev.ua

Стаття надійшла  
06.05.09