Symposium, November 9-10. – 2006. – P. 119-123. 16. *Rämö T.* Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites and related basic rocks of southeastern Fennoscandia: Nd and Pb isotopic and general geochemical constraints // Geol Surv Finland Bull. – 1991. – Vol.355. 17. *Salminen J., Pesonen L.J.* Paleomagnetic and petrophysical investigation of the Mesoproterozoic monzodioritic sill, Valaam, Russian Karelia // Lithosphere 2006 Symposium, November 9-10. – 2006. – P. 169-172. 18. *Suominen V.* The chronostratigraphy of SW Finland with special reference to the Postjotnian and Subjotnian diabases // Geol Surv Finland Bull.– 1991.– Vol.356. 19. *Shatalov N.N., Shatalov A.N.* Dyke of the Ukrainian Shield // Геол. журн. – 2002. – №3. – С.56-61.

Надійшла до редколегії 29.09.08

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.411:551,24(447:74)

О. Грінченко, канд. геол.-мінералог. наук

ЗОЛОТОРУДНІ РОДОВИЩА ПРОТЕРОЗОЙСЬКИХ ОРОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

В статті розглянуті головні прояви золоторудної мінералізації в протерозойських структурах Українського щита. Наведений аналіз геологічних і мінералого-геохімічних ознак золоторудної мінералізації і можливого співставлення з орогеннним типом зруденіння.

This paper discusses basic manifestations of gold-bearing mineralizations in Proterozoic structures of Ukrainian Shield. Analysis of geological and mineralogical-geochemical properties of gold meneralisation and possible comparison with orogenic type mineralisation have been carried out. This paper discusses basic manifestations of gold-bearing mineralizations in Proterozoic structures of Ukrainian Shield. Analysis of geological and mineralogical-geochemical properties of gold meneralisation and possible comparison with orogenic type mineralisation have been carried out.

Вступ. Український щит підрозділяється на декілька мегаблоків, кожний з яких характеризується своєю індивідуальною внутрішньою будовою і певним набором складаючих його структурно-речовинних комплексів. Гетерогенність геологічної будови щита обумовлює і різноманіття обстановок формування проявів ендогенного золотого зруденіння. Беручи до уваги характер прояву золоторудної мінералізації, усі геоблоки Українського щита в цілому можна підрозділити на дві групи – граніт-зеленокам'яні і граніто-гнейсові. До першої, граніт-зеленокам'яної, групи можуть бути віднесені мегаблоки, які складають східну частину щита – Середньопридніпровський і Приазовський, до другої, граніто-гнейсової, групи – блоки, які характеризуються широким поширенням утворень метатеригенно-гранітоїдного структурно-формаційного комплексу, наявності золотовміщуючих метаосадово-гнейсових формацій і асоціюючих з ними ультраметаморфогенних гранітоїдів – Волинський і Інгульський мегаблоки.

Аналіз проблеми. При металогенічних побудовах в докембрії Українського щита виділяють дві значні епохи рудоконцентрації золота. Перша епоха охоплює період мезоархею (3200-2800 Ма), а формування типових для цього періоду золоторудних об'єктів тісно пов'язане з формуванням граніт-зеленокам'яних структур, широко розвинених в межах Середньо-Придніпровського мегаблоку. Геологічна будова більшості відкритих тут родовищ (Балка Широка, Балка Золота, Сергіївське) всесторонньо вивчена і висвітлена в багатьох публікаціях, а їх аналогія з найвідомішими об'єктами Канади і Австралії підтверджена численними фактами. Встановлене в межах Приазовського магаблоку Сурозьке золоторудне родовище (Сорокинська структура) вперше було описане як об'єкт, сформований в ході прояву процесів тектонометасоматичної активізації [6, 7]. Проте згодом завдяки публікації ряду робіт [2, 3], широко розповсюдилося уявлення про регіон Західного Приазов'я як типової граніт-(або грануліт-) зеленокам'яної області. На підтвердження цьому наводяться ряд ознак, що вказують на наявність зеленокам'яних структур (базит-ультрабазитовий склад нижніх частин розрізу, переважно метаосадовий склад верхніх товщ) і подібності їх до типових золотопродуктивних структур Середньопридніпровського блоку (наявність золотоносної метаріодацит-плагіогранітної вулканоплутонічної асоціації [8]). Проте існують і альтернативні гіпотези щодо можливої еволюції золотовміщуючих структур Приазовського блоку [10].

Другою продуктивною епохою формування золоторудної мінералізації на Українському щиті є палеопротерозойська епоха (2500-1600 Ма), яка була більш тривалою і складнішою з погляду різноманітності прояву геолого-тектонічних обстановок формування золоторудної мінералізації. В той же час аналіз розподілу проявів золоторудної мінералізації палеопротерозойської епохи в глобальному масштабі [18] показує, що не дивлячись на значну протяжність цього періоду, формування більшої частини протерозойських золоторудних об'єктів світу відбувалося у відносно вузькому інтервалі часу – від 2,15 до 1,8 млрд років. Даний інтервал співпадає також за часом з процесами магматичної активізації та інтенсивного нарощування континентальної кори в глобальному масштабі (глобальні піки нарощування континентальної кори – 2,7 і 1,9 млрд років за K.C. Condie [13]), що могло сприяти не тільки самому процесу формування золоторудних об'єктів, але також їх подальшому збереженню у складі стабілізованих ділянок континентальної кори.

Так, наприклад, формування родовищ золота протерозойського періоду відбувалося в ході Ебурнейського орогенезу (2105-2080 млн років) в Західній Африці (родовища пояса Ашанті); орогенезу Убендіан (~2.1-2.0 млрд років) в південно-західній Танзанії; Трансамазонського орогенезу (2.2-1.9 млрд років) на кратонах Сан Франциско, Конго і Гвіанському щиті; орогенезу Тапажос-Паріма (~2.10-1.85 млрд років) на західній границі Амазонського щита; Транс-Гудзонського орогенезу (1.9-1.8 млрд років) в Північній Америці (родовище Хоумстейк); орогенезу Кеталідан (1850-1800 млн років) в Гренландії; Свекофенського орогенезу (~1.9-1.8 млрд років) на південно-західній границі Карельського кратону [14]. Серед золоторудних об'єктів цього періоду найбільш поширені, як вважається, так звані "орогенні" родовища золота, формування яких тісно пов'язане з процесами еволюції самих структур орогенного типу.

Термін "орогенні" родовища був запропонований свого часу Девідом Гровсом [16] для позначення золоторудних родовищ метаморфічних поясів, які формувалися на пізніх стадіях етапу орогенезу. В своїх роботах Д. Гровс [16, 17] спираючись на раніш опубліковані данні, висунув узагальнюючий термін "орогенні родовища", не тільки об'єднавши в цю групу родовища, які раніше протягом 20 років широко згадувалися як мезотермальні, але насамперед надав характерні ознаки орогенних родовищ золота, які відрізняють їх від інших типів золоторудних об'єктів.

Серед характерних ознак родовищ золота орогенного типу відзначаються наступні: продуктивні рудні асоціації цих родовищ характеризуються винятковим переважанням золота (Au >> Ag, при низькому вмісті Cu-Pb-Zn) над іншими елементами; породи що вміщують зо-

© Грінченко О., 2009

лоте зруденніння представлені як метавулканітами, так і переважно метаморфізованими турбідит/сланцевими відкладами протерозойського віку, інтенсивно деформованими в ході подальших накладених тектонічних процесів (обстановки формування акреційних призм, колізійних орогенів); рудні тіла родовищ та рудопроявів орогенного типу відрізняються характерною геохімічною асоціацією елементів (Au-Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Te ± W); для родовищ цього типу є характерним метаморфогенний генезис з суттєвою роллю вуглецевої речовини – відкладання рудних компонентів з флюїдів низької солоності, майже нейтральних і H_2O-CO_2 ± CH_4 ± N_2 складу, які могли переносити золото у складі відновлених сірчаних комплексів.

Пізніше для родовищ орогенного типу також було запропоновано більш детальну класифікацію з виділенням "епізонального", "мезозонального", і "гіпозонального" типів [18], для кожного з яких були визначені не тільки діапазон глибин їх формування, але також наведені особливості їх складу – переважання окремого типу зруденніння, Au-Sb, Au-As-Te та Au-As для певного типу родовищ (рис. 1).

Слід також зазначити, що для пояснення можливих шляхів формування родовищ орогенного типу широко використовуються постулати моделі тектоніки плит. На відміну від архейського періоду, відносно якого у зарубіжних літературних джерелах все частіше береться під сумнів можливість застосування механізмів плейт-тектоніки "фанерозойського" типу (відсутність механізмів субдукції крутоспадаючої плити у архейський час, склад субконтинентальної літосферної мантії, переважання процесів плюм-тектоніки [15; 20, 22]), для протерозою питання про дієвість механізмів тектоніки плит є загально поширеною думкою [19; 21]. Виходячи з вищенаведеного, слід також згадати про ще раніш запропоновану можливість застосування плітотектонічних моделей щодо пояснення еволюції західної частини Українського щита [4], згідно з якими пропонувалося існування енсіалічної вулканічної дуги (Бузько-Подільський гранулiт-базит-чарнокітоїдний пояс або Белоцерківсько-Середньобузький мегаблок) і задугових басейнів (Тетерівського і Інгульського), виповнених метафлішоїдними утвореннями.

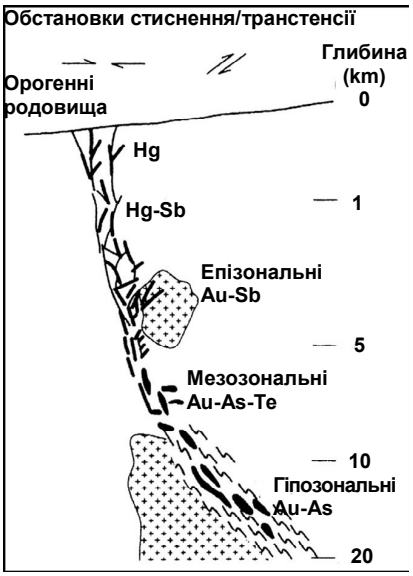

Рис. 1. Рівні глибини формування орогенних золоторудних родовищ: "епізональні" – до 6 км, "мезозональні" –6-12 км і "гіпозональні" – більше 12 км

В деяких публікація надаються також обґрунтування щодо можливого існування Кіровоградського орогенного пояса, що був сформований на рубежі ~2 млрд років в межах центральної частини Українського щита [1, 5]. Підставою для виділення орогенних структур в межах Кіровоградського блоку Українського щита є, на думку одного з авторів, як розповсюдження комплексів колізійних гранітоїдів (уманського, кіровоградського, житомирського комплексів), так і наявність в структурі блоку двох гілок (східної Братської і західної Інгульської), які мають вергентність в протилежних напрямках з формуванням шар'яжних насувів на границях раніше стабілізованих ділянок літосфери (кратон, мікроконтинент), що зближувалися з формуванням Кіровоградського орогенного поясу. В цьому проміжку часу у межах західної і східної гілок Кіровоградського (Інгулецького) блоку відбувалося становлення масивів гранітів кіровоградського комплексу: Чигиринського, Кіровоградського, Долинського, Бобринецького на східному крилі та Вознесенського, Новопавлівського, Михайлівського, Березівського і Липнязького на західному, з якими просторово і генетично пов'язані промислові концентрації золота.

Виклад матеріалу. На Українському щиті відомі золоторудні об'єкти протерозойської епохи (Гульське, Кочерівське, Михайлівське, Клінцівсько-Конівське, Савранське, Майське, Юріївське, Жовтянське), просторово приурочені до епікратонних прогинів (Тетерівський та Інгульський), виповнених вулканогенно-осадовими породами, метаморфізованими в різних термодинамічних умовах. В той же час слід відмітити, що більшість золоторудних об'єктів структурно тяжіє до екзоконтактових зон гранітоїдних куполоподібних масивів ультраметаморфогенного генезису та просторово пов'язаних зон дислокаційного метаморфізму.

На основі численної геологічної інформації встановлено ряд емпіричних закономірностей розміщення і речовинного складу родовищ золота. Ці дані указують на можливе існування декількох басейнів, що синхронно розвивалися на Українському щиті в палеопротерозої. Найкрупніший серед них розміщувався в межах Інгульського блоку, який на цей час характеризується певною лінійністю складчастості супракрустальних товщ з магматичними утвореннями в осьовій частині (Корсунь-Новомиргородський рапаківі-анортозитовий і Новоукраїнський габро-монцоніт-гранітний плутони). Загальну симетрію також підкреслюють численні масиви ультраметаморфічних гранітоїдів в синклінальних структурах обрамлення цих плутонів. Як правило, інтенсивність процессів гранітизації зростає в субмеридіональних зонах розломів. Саме до цих тектонічних структур і тяжіють численні родовища і рудопрояви золота.

В східній частині Інгульського блоку (Кіровоградська зона розломів) розташовані Клінцівсько-Конівське (Клінцівське родовище, Губівський рудопрояв) і Юріївське рудні поля (Східно-Юріївське родовище). Всі золоторудні об'єкти цього району тяжіють до екзоконтактових областей гранітних масивів. Вік гранітоїдів за результатами ізотопних досліджень [12] становить 2060±20 млн років. Вміщуючі породи представлені біотитовими, гранат-біотитовими, амфібол-біотитовими плагіогнейсами, іноді з діопсидом, кордієритом, графітом, а також біотитовими, діопсид-плагіоклазовими кристалосланцями і амфіболітами. Часто зустрічаються субзгідні і січні тіла аплітпегматоїдних гранітів. Рудні тіла представлені мінералізованими кварц-сульфідними прожилковими зонами.

Рудні мінерали, що входять до складу золотоносних асоціацій, представлені декількома класами мінералів: арсенідами (лелленгіт, нікелін, скутерудит), сульфоарсенідами (арсенопірит, герсдорфіт, кобальтин), сульфідами (піротин, пірит, халькопірит, сфалерит, пентландит), самородними елементами (графіт, вісмут, миш'як і золото) мальдонітом, ауростибітом, телуридами вісмуту і срібла.

Західна частина Інгульського блоку включає Звенігородсько-Аннівську і Михайлівську тектонічні зони, які мають важливе металогенічне значення у формуванні

рудних концентрацій (рудопроявів і родовищ) не тільки золота, але й рідкісних металів. Важливу роль в рудоконцентручому процесі відіграли процеси становлення на рубежі 2 млрд років ультраметаморфічних гранітоїдів, що складають Вознесенський, Новопавлівський, Березівський, Липнязький масиви.

Найбільш детально вивченим і найтиповішим щодо свого місцеположення в регіональних тектонічних структурах вважається Липнязький граніт-мігматитовий масив (купол), в екзоконтактових зонах якого були встановлені численні рудопрояви золота (Овражний, Станковатий, Контактовий, Степовий).

Рудні тіла цих рудопроявів картуються у вигляді субзгідних зон окварцювання і сульфідизації серед графітвміщуючих гнейсів і амфіболітів кам'яно-костовацької світи інгуло-інгулецької серії палеопротерозою. Значна частина розрізу насичена жилоподібними тілами аплітпегматоїдних гранітів. Падіння пластів круте (80-85°) і направлене під купол, а на ділянках складчастого ускладнення набуває субвертикального напрямку.

Рудні мінерали представлені, головним чином, піротином (до 30-60 %), далі за ступенем поширеності йдуть мінерали миш'яку (арсенопірит – 20-50 %, лелленгіт – 5-20 %), (нікелін + рамельсбергіт + скутерудит + маухерит + герсдорфіт + кобальтин – 1-5 %) і сульфіди (пірит + халькопірит + сфалерит + пентландит + вісмутин + галеніт – 5-20%). Особливе місце в рудоутворенні займає графіт (1-10 %) як своєрідний індикатор, що вказує на переважання відновних умов при рудоутворенні. Ізотопний аналіз графіту фіксує легкі ($\sigma^{13}C$, від -27 до -23 ‰) і найлегкі (σ^{13} від -40 до -30 ‰) значення. Слід відмітити, що подібні результати були також отримані раніше [9] по вуглецевим шунгітовим сланцям з U-Au родовищ Балтійського щита. Золото, як правило, представлене тонкодиспергованими частинками, що розміщуються у мінералах миш'яку. Пробність золота коливається в межах 750-900 ‰. Серед парагенних золоту мінералів відмічаються телуриди та сульфотелуриди Bi, Pb, Ag, самородний вісмут. В деяких випадках при досягненні умов гранулітової фації відмічаються також Cu-Sn інтерметалічні сполуки.

Прояви золотого зруденіння в межах Новоград-Волинської (Тетерівський прогин) конседиментаційної структури також локалізуються в зонах окварцування екзоконтактів гранітоїдного масиву, серед мігматизованих біотитових, амфібол-біотитових мікроплагіогнейсів і амфіболітів. В деяких випадках благороднометалічна мінералізація розповсюджується в ендоконтактові області крупних тіл гранітів, що мають дискордантне положення по відношенню до вміщуючих структур. Рудні тіла, як правило, представлені штокверковим типом. Метаморфізм порід, що вміщують золоте зруденіння, відповідає епідот-амфіболітовій (майже до амфіболітової) фації.

Серед рудних мінералів найбільш поширені сульфіди (піротин, пірит, халькопірит), мінерали миш'яку (арсенопірит і лелленгіт), а також такі вуглецеві утворення, як антроксоліт та графіт. Роль інших мінералів (молібденіт, ільменіт, рутил) неістотна. Ще рідше зустрічаються телуриди і сульфотелуриди вісмуту, самородний вісмут і самородне золото.

Ще одна "золотопродуктивна" Криворізько-Кременчуцька структурно-металогенічна зона формувалася в результаті накладення складних тектоно-седиментаційних циклів. В геологічній будові цієї регіональної структури приймають участь різновікові породні комплекси, які представлені (знизу) метавулканогенно-осадовими (неоархей), метатеригенно-осадовими (палеопротерозой), карбонатно-вуглецево-метатеригенними і метатеригенними (мезопротерозой) утвореннями. Така різноманітність геотектонічних режимів розвитку цієї зони в докембрії знайшла своє віддзеркалення і в металогенії. Окрім унікальних запасів заліза, в Кривбасі виявлено більше 20 інших видів металевих корисних копалин, у тому числі і золото. Проте спроби виявлення кондиційних руд в класичних обстановках (серед метаконгломератів, залізистих кварцитів і сланцевих горизонтів) особливого успіху не мали. Але найпродуктивнішими на золото виявилися графіт-біотитові сланці з вкрапленою арсенопіритовою мінералізацією.

Висновки. Вищенаведені закономірності розміщення і речовинного складу різномасштабних золоторудних об'єктів Українського щита вказують на їх загальну формаційну приналежність до вуглецьвміщуючої метаграувакко-флішоїдної формації епікратонних прогинів або задугових басейнів з переважанням золото-миш'якового мінералого-геохімічного типу руд (гіпозональні орогенні родовища Рис. 1). Для родовищ орогенного типу характерною є типова геохімічна асоціація металів: Au-Ag±As±Bi±Te±W±B±Sb. Можливо, за виключенням в якійсь мірі Sb, перерахований набір елементів відповідає багатьом дослідженим золоторудним об'єктам західної і центральної частини Українського щита (золоторудні поля Гульське, Кочерівське, Михайлівське, Клінцівсько-Конівське, Савранське, Жовтянське).

Процеси асинхронного метаморфізму і гранітоутворення могли часто повністю нівелювати первинні генетичні ознаки вміщуючих порід. З цієї причини просторово-часові зв'язки золотого зруденіння з певними речовинними комплексами або структурними блоками носять прихований характер. Незважаючи на це, однозначно встановлюється генетичний зв'язок золота з метафлішоїдними вуглецьвміщуючими супракрустальними товщами.

1. *Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шеремет Е.М.* и др. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита. – К., 2006. 2. *Бобров О.Б., Сіворонов А.О., Гурский Д.С.* та ін. Геологічна будова та золотоносність Сорокинської зеленокам'яної структури. – Дніпропетровськ, 2000. 3. *Глевасский Е.Б.* Зеленокаменные пояса и перспективы поисков золоторудного оруденения в Приазовье // Минерал. журн. – 1996. – 18, № 4. – С.72-88. 4. *Глевасский Е.Б. Каляев Г.И.* Тектоника докембрия Украинского щита // Минерал. журн. – 2000. – 22, № 2/3. – С.77-91. 5. *Клочков В.М., Пійяр Ю.К., Шевченко О.М.* та ін. Кіровоградський орогенний пояс, будова та еволюція // Мінеральні ресурси України. – 2006. – № 2. – С. 18-22. 6. *Кравченко Г.Л., Сахацкий И.И., Русаков Н.Ф.* Новые данные о проявлении золота в Сорокинской тектонической зоне (Приазовье) // Геологич. журн. – 1985. – Т. 45, № 5. – С. 127-131. 7. *Кравченко Г.Л.* Сурожское золоторудное месторождение (Западное Приазовье) // Минерал. журн. – 1999. – № 4. – С. 7-19. 8. *Лисенко О.А., Бобров О.Б.* Геолого-структурна позиція і формаційний склад Сурозького золоторудного родовища (Західне Приазов'я) // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. 9. *Минеева И.Г.* Закономерности эволюции древних уран-золоторудных систем на докембрийских щитах // Отечественная геология. – 1998. – №4. – С.12-16. 10. *Щербаков И.Б.* Можно ли назвать Приазовье гранит-зеленокаменной областью? // Минерал. журн. – 1996. – 18, № 4. – С.118-121. 11. *Яценко Г.М, Бабынин А.К., Гурский Д.С.* и др. Месторождения золота в гнейсовых комплексах докембрия Украиского щита. – К., 1998. 12. *Щербак Д.Н., Пономаренко А.Н., Макаренко И.Д.* Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита // Геохимия и рудообразование. – 1995. – Вып.21. – С.81-87. 13. *Condie K.C.* Episodic continental growth and supercontinents: a mantle avalanche connection? // Earth Planet Sci. Lett. – 1998. – 163. – P.97-108. 14. *Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S.* Orogenic gold and geologic time: A global synthesis // Ore Geology Reviews. – 2001. – V. 18. – P. 1-75. 15. *Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Abe N.* et al. The origin and evolution of Archean lithospheric mantle // Precambr. Res. – 2003. – V.127. – P. 19-41. 16. *Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M.* et al. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geology Reviews. – 1998. – V. 13. – P. 7–27. 17. *Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Har C.J.* Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geol. – 2003. – Vol. 98. – P. 1-29. 18. *Groves D.I., Condie K.C., Goldfarb R.J.* et al. Secular changes in global tectonic processes and their influence on the temporal distribution of gold-bearing mineral deposits // Economic Geol. – 2005. – Vol. 100. – P. 203-224. 19. *Kusky T.M., Li J.H., Tucker. R.D.* The archean Dongwanzi ophiolite complex, North China craton: 2.505-billion-year-old oceanic crust and mantle // Science. – 2001. – V.292. – P.1142-1145. 20. *O'Reilly S.Y., Griffin W.L., Poudjom D.Y., Morgan P.* Are lithospheres forever? Tracking changes in subcontinental lithospheric mantle through time // GSA Today. – 2001. – 11. – P. 4-9. 21. *Sankaran A.V.* When did plate tectonics begin // Current Science. – 2006. – V. 90, № 12. – P. 1596-1597. 22. *Smithies R.H., Van Kranendonk M.J., Champion D.C.* It started with a plume – early Archaean basaltic proto-continental crust // Earth Planet. Sci. Lett. – 2005. – V. 238. – P. 284-297.

Надійшла до редколегії 29.09.08