

РУДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ І ПОСТДІАГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ ОСАДОВИХ ПОРІД ДОНБАСУ

Стаття присвячена детальній характеристиці умов утворення рудомінералогічних комплексів і стадіям постдіагенетичних змін осадових порід Донбасу.

This paper deals with detailed description of conditions of ore-mineral complexes formation and postdiagenetic changes of sedimentary rocks in Donetsk basin.

Вступ. Донецький басейн є єдиною мінералогічною областю, де в герцинському поясі дуже вдало поєднуються крупні запаси нерудної сировини (вугілля, нафта, газ, мінеральні солі, флюси) і рудних родовищ (золото, срібло, мідь, поліметали, ртуть, сурма). Останні відносяться до класу амагматогенних утворень, що знаходяться на площах поширення осадових формацій і де відсутні магматичні породи, гідротермальними дериватами яких ці родовища могли б бути [9].

Постановка проблеми. На сьогоднішній день зібраний досить значний геологічний матеріал [1, 2, 3, 4, 11], що дозволяє встановити закономірний розподіл і когенетичне формування всього комплексу корисних копалин Донбасу, які є результатом одного і того ж процесу – літогенезу. Родовища корисних копалин слід розглядати як особливі форми гірських порід і весь процес їх утворення можна зрозуміти тільки в зв'язку з загальним процесом породоутворення. Такий висновок логічно впливає із закономірного розвитку мінеральних рудних асоціацій і стану вуглеводнів, стадіальних змін порід і метаморфізму вугілля, термодинамічних і газово-гідрохімічних параметрів.

Виклад основного матеріалу. Основна маса золото-поліметалічної, сурмяно-ртутної і мідної мінералізації локалізована в кам'яновугільних і пермо-тріасових відкладах однакового літологічного складу порід, які представлені піщано-глинистими сланцями (алевролітами, аргілітами), пісковиками і малопотужними (крім світи C_1) прошарками і пластами вугілля і вапняків. Теригенні породи складаються з уламкового кварц-польовошлатового матеріалу і глинисто-карбонатно-кварцового цементу. Карбонатна складова цементу представлена сидеритом, пласти вапняку складені кальцитом, в нижньому карбоні – кальцитом і доломітом. Відрізняються породи лише кількістю і величиною уламкових зерен, кількістю і ступенем трансформації цементуючої маси.

Оскільки в Донбасі марочний склад вугілля враховується при всіх геолого-прогнозних і розвідувально-експлуатаційних роботах в першу чергу, ми умовно прирівнюємо постдіагенетичні зміни порід до ступеня метаморфізму вугілля. Тобто, ступінь зона-метабазису порід може бути охарактеризований зонами метаморфізму вугілля, що визначаються технологічними марками. Ці ж зони характеризують фізико-механічні властивості порід (густина, міцність, пористість), що визначають вміст і циркуляцію води, розчинів, нафти і газу.

Границя між катагенезом і метабазисом в кам'яновугільних відкладах відмічається в зоні переходу піснокливого вугілля (марка ПС) в пісне (марка П). Крім марочного складу вугілля і розсіяної органічної речовини для визначення ступеня літогенетичних змін нами вивчалися тонкодисперсні глинисті і комплекс жильних мінералів, а також газово-рідкі включення як у вміщуючих породах, так і в рудних формуваннях. Все це дозволило в кожному конкретному випадку ув'язати стадіальні зміни порід і рудоутворення, метаморфізм вугілля, нафтогазоутворення з термодинамічним, газовим і гідрологічним режимом.

Найбільш високотемпературна золото-миш'яково-поліметалічна мінералізація (Бобриково, Гострий Бугор) зустрічається в південних і південно-східних частинах

Донбасу і локалізована у відкладах світів C_1^3 - C_1^4 і амвросіївської світи C_2^0 , які зазнали пізньометагенетичної стадії трансформації. Термін "стадія" використовується як показник літогенетичних змін порід без якого-небудь зв'язку зі стадіями гідротермального мінералоутворення.

Вугілля відноситься до найбільш метаморфізованих марок A_1 - A_{11} – антрацити і ультраантрацити. Мінералогічний склад порід, їх структурно-текстурні і фізико-механічні властивості багато в чому подібні до початкової стадії регіонального метаморфізму – мусковіт-хлоритової субфації. В глинистих і цементі зернистих порід широко розвинута асоціація діоктаєдричної гідрослюди 2М, серициту (деколи мусковіту), хлориту, кварцу, альбіту. Структури в основному характерні для метаморфічних порід – кварцитоподібні, інкорпоративні, мозаїчно-регенеративні, сілолітові, сланцюваті. В породах інтенсивно проявляються корозія і перекристалізація, утворення бородатих зерен кварцу. Відкрита пористість в пісковиках не перевищує 1 %, густина – 2,75-2,82 г/см³, міцність – 1580 кг/см² [5, 7, 8].

Мінералізація приурочена до ділянок з підвищеною тріщинуватістю, має штокверкоподібну форму і складається з жил і прожилків різної потужності і метасоматичної вкрапленості метакристалів піриту і арсенопіриту. Мінеральний склад жил досить складний. Головні рудні мінерали – сфалерит, галеніт, пірит, арсенопірит, халькопірит, піротин; рідше зустрічаються буланжерит, тетраедрит, тенантит, бурноніт, золото, сульфід і сульфосолі срібла. Нерудні мінерали представлені кварцом, сидеритом, анкеритом, рідше пірофілітом, донбаситом, апатитом, антраксолітом.

За даними досліджень газово-рідких включень в рудних і жильних мінералах, головні мінеральні асоціації утворилися при температурах 400-200°C і тиску 170-86 МПа з вуглекисловодних флюїдів невисокої концентрації (5-7 % Na-Cl еквіваленту) натрій-кальцій-гідрокарбонатно-хлоридного складу [6]. Навколорудний метасоматоз порід характеризується дуже слабкою контрастністю і породи відносяться до формації березитів-літвенітів. Нафтогазові прояви в районі відсутні.

Далі в північно-західному напрямку в породах ранньометагенетичної стадії (марки вугілля НПА, А) розповсюджена відносно середньотемпературна сульфосольно-поліметалічна мінералізація переважно в жильній формі (Єсаулівка, Нижній Нагольчик). Вміщуючі породи (світи C_2^0 - C_2^1) аналогічні вищеописаним з тією різницею, що тут ще зберігаються уламки реліктового біотиту, більш широко розвинуті процеси гідрослюдизації і містяться в невеликих кількостях каолініт. Ефективна пористість 1-2 %, питома вага 2,65-2,70, міцність 1100-1250 кг/см².

Головні рудні мінерали цієї асоціації – пірит, галеніт, сфалерит, бляклі руди, бурноніт, буланжерит, антимоніт, сульфосолі срібла, самородне золото; нерудні – кварц, анкерит, дікіт. Температура утворення даної мінеральної асоціації 350-200°C і тиск 120-70 МПа. Навколорудні змінені породи представлені гідрослюдиною субфацією березитів. Поклади нафти і газу відсутні, за винятком рідких проявів метанових газів з азотом і CO₂.

Західніше, в межах Вільховатсько-Волинцевської антикліналі, в породах світи C_2^2 залягає Віровський сурм'яний рудопрояв, який являє собою кварц-антимонітову жилу в пісковиках потужністю 1,5-2,0 м.

Породи знаходяться в зоні раннього метабенезу (марка вугілля П, НПА). Пористість пісковиків 2-4 %, питома вага 2,65 г/см³, міцність 1050-1100 кг/см². Мінеральний склад – антимоніт, пірит, кіновар, кварц, дикіт, серицит. Температура формування жили 100-220°C і тиск 50-80 МПа. Навколорудні зміни порід виражені інтенсивним окварцюванням і серицитизацією (кварц-серицитова фація березитів). Зустрічаються невеликі прояви метанових газів. В.О. Шумлянський та ін. [11] Віровський сурм'яний рудопрояв відносять до кварц-дикіт-кіноварної рудної формації (кварц-антимонітовий мінеральний тип), який представляє глибокі горизонти Микитівського рудного поля.

Багаті ртутні руди одноіменного родовища залягають в потужних пластах пісковиків середнього карбону (свити C₂²-C₂³), що зазнали пізньокатагенетичної стадії трансформації (марки вугілля Ж, К, ПС). Цемент вміщуючих порід глинисто-карбонатний і глинисто-кремністий, тип цементу контактово-поровий, базально-поровий, плівковий, контактово-регенераційний. Глиниста фаза представлена діоктаедричною гідролітою, хлоритом з домішками каоліну і монтморилоніту. Пористість пісковиків складає 4-8 %, густина 2,65-2,67, міцність 1000-1100 кг/см². Водопроникність тріщинно-порова.

Ртутна мінералізація локалізується в зоні розривних порушень і утворилась шляхом виповнення тріщин і в процесі метасоматичного заміщення. Структурно-морфологічний тип рудних тіл жильно-прожилково-вкраплений і пластовий. Рудні мінерали представлені кіновар'ю, антимонітом, піритом, марказитом, рідше зустрічаються арсеніпірит, галеніт, сфалерит, сульфосолі, вісмутин, реальгар. Із нерудних жильних мінералів головними є дикіт і кальцит, в менших кількостях розповсюджені кварц, анкерит, донбасит, барит. Температура утворення мінеральних парагенезисів 250-100°C і тиск 12-70 МПа. Навколорудно змінені породи виражені інтенсивною дикітизацією і окварцюванням (високотемпературна частина метасоматичної колонки формації аргілізитів). Виявлені невеликі поклади газів.

В області Дружківсько-Костянтинівської антиклінали і на східному борті Бахмутської котловини у верхньокіноварних відкладах (світи C₃¹-C₃³) широко розвинутий низькотемпературний ртутно-поліметалічний тип зруденіння. Вміщуючі породи – аргіліти, алевроліти, пісковики, що зазнали стадії середнього катагенезу (вугілля марок БД, Д, Г). Склад цементу глинисто-карбонатний, тип цементу змінюється від базального і порово-базального до порового. Глиниста фаза цементу у всіх різновидах порід складається з каолініту, залізного монтморилоніту, змішановерстуватих гідроліто-монтморилонітових утворень з незначною кількістю діоктаедричної гідроліти і хлориту. Ефективна пористість 15-25 %, густина 2,40-2,55 г/см³, міцність 200-350-450 г/см². Рудні мінерали представлені кіновар'ю, сфалеритом, галенітом, піритом, марказитом, мельниковітом. Із нерудних мінералів головними є кальцит, рідше каолініт. Кварц відсутній. Характерною особливістю цієї асоціації є наявність твердих і рідких бітумів і широке розповсюдження в рудних мінералах колоїдних структур. Рудні тіла приурочені до зон тектонічних порушень, де переважають прожилково-вкраплений і гніздовий морфологічний типи. Температура утворення руд 50-150°C і тиск до 12 МПа. Навколорудні зміни виражені інтенсивною каолінізацією і карбонатизацією (низькотемпературна колонка аргілізитів). В зоні розвитку ртутно-поліметалічної мінералізації на глибоких горизонтах локалізовані поклади природного газу (Борівське, Зайцівське, Співаківське, Краснопопівське та інші родовища) і нафтопрояви.

На території північно-західного замикання складчастих структур Донбасу в неметаморфізованих верхньокіноварних і пермо-тріасових відкладах Бахмутської

котловини залягають осадові стратиформні руди міді, свинцю і цинку. Мідно-поліметалічне зруденіння морфологічно представлене пласто- і лінзоподібними покладами, що залягають відповідно з вміщуючими породами, що представлені аргілітами, алевролітами, пухкими глинами, пісками, карбонатними утвореннями, а також лінзами бурого вугілля марок Б₁ і Б₂. Основна маса глин і глинистого цементу представлена незмінною алотигенною речовиною або для відповідних фаціальних типів зберігає аутигенні мінерали діагенезу (каолініт, галуазит, монтморилоніт, гідроліто, хлорит). Породи характеризуються поровою водопроникністю з ефективною пористістю 25-40 %.

Мідне зруденіння (халькозин, халькопірит, борніт, ковелін) локалізується переважно в низах картамишської світи в межах так званих сірих зон, які складаються з пісковиків, аргілітів, алевролітів і щільних глин. Свинцево-цинкова мінералізація (сфалерит, галеніт) залягає в пластах карбонатних порід у верхах картамишської і микитівської світи. Жильна мінералізація і метасоматично-змінені породи не спостерігаються. Температура утворення мідно-поліметалічної мінералізації до 60°C і тиск до 4 МПа. На площі розповсюдження стратиформної мідно-поліметалічної мінералізації в північно-східній частині ДДЗ відомі крупні нафтові і нафтогазові родовища.

Зональний розподіл мінеральних парагенезисів і їх зв'язок із стадіями постседиментаційних змін порід проявляється не тільки в Центральній-Донецькій металогенічній зоні, але і вхрест простягання з півночі на південь. На площі північних окраїн Донбасу (Старобельсько-Мілерівський геолого-промисловий район) в породах нижнього і середнього карбону, що зазнали середньокатагенетичної стадії трансформації (марки вугілля БД, Д), відмічається прожилково-вкраплена мінералізація сфалериту, галеніту, піриту і марказиту в карбонатних породах. Жильні мінерали представлені доломітом і кальцитом. Температура утворення руд – 60-70°C. Навколорудні зміни вміщуючих порід представлені доломітизацією. При цьому відмічається прямий зв'язок між інтенсивністю зруденіння і метасоматичною доломітизацією вапняків. Тут же зустрічаються і нафтові родовища.

Південніше розташована Північно-Донецька металогенічна зона, в межах якої спостерігаються численні ртутнопрояви (Бежанівський, Головінівський, Петро-донецький та ін.) і ряд ртутних аномалій. Вміщуючі породи світу C₂²-C₂³ зазнали стадії пізнього катагенезу і раннього метабенезу (вугілля марок Ж, К, ПС, П). Метасоматичні зміни порід виявились в їх інтенсивній дикітизації.

В центральній частині басейну розміщена найбільш багата зруденінням металогенічна зона Головної антиклінали з вищеописаним в її межах зональним розподілом ртутно-поліметалічного зруденіння. І, на завершення, в південній частині Донецького басейну знаходиться Південно-Донецька рудна зона з рядом ділянок кіноварної мінералізації (Донецько-Макіївська, Саур-Могильська, Журавлівська та ін.) і підвищеним вмістом ртуті у вугіллі. Породи зазнали стадії пізнього катагенезу (марки вугілля Ж, К, ПС). Характер наводорудних змін – дикітизація і окварцювання.

Аналогічний зв'язок з регіональною стадіальною зональністю кам'яновугільної товщі спостерігається в розподілі і фазовому складі вуглеводнів [1]. В центральній частині басейну промислові поклади нафти і газу невідомі. Вуглеводні тут представлені, в основному, метановими газами, антроксолітами і твердими бітумами. Поклади газу розміщуються в зовнішніх частинах ртутноносних площ, частково перекриваючи їх. Газонафтові і нафтові родовища ще більш віддалені від складчастого Донбасу і локалізуються на південному схилі Воронезької антиклізи і південно-східній частині ДДЗ. Площі їх розповсюдження співпадають з зонами розвитку низькотемпературної стратиформної поліметалічної мінералізації.

Поряд з вищеприписаною латеральною рудностадіальною зональністю Донбасу, що має загальні причини з постдіагенетичними змінами порід, існує також вертикальна мінералогічна зональність на окремих родовищах і структурах, де зі зміною стадій трансформації вміщуючих порід змінюється склад і характер мінералізації [3, 10, 11]. Так, на Бобриківському золото-поліметалічному родовищі в породах світ C_1^3 - C_1^4 , що знаходяться в зоні пізнього метагенезу (нижній рудний ярус), широко представлений високотемпературний (250-400°C) жильний золото-галеніт-сфалеритовий тип мінералізації. В породах світ C_2^0 - C_2^1 верхнього рудного ярусу (стадія раннього метагенезу) розповсюджена золото-срібно-сульфосольно-поліметалічна мінералізація вкраплено-прожилкового типу з температурою утворення 250-150°C. Аналогічний мінеральний парагенезис зустрічається в породах раннього метагенезу на Єсаулівсько-Нагольчанському рудному вузлі.

На Микитівському рудному полі кварц-антимоніт-кіноварна мінералізація глибинних горизонтів змінюється дикіт-реальгар-кіноварною на верхніх ярусах.

В межах Дружківсько-Костянтинівської антиклінали нижні горизонти рудопроявів представлені кварц-дикіт-кіноварним мінеральним типом (Куртівський, Костянтинівський рудопрояви), який на верхніх горизонтах змінюється кальцит-бітум-кіноварним (Суровський). Паралельно зі зміною мінеральних асоціацій міняється склад і характер навколорудних змін вміщуючих порід.

Висновки. В межах Донецького басейну з північного заходу на південний схід і від північних і південних окраїн до центру спостерігається закономірний розподіл рудних асоціацій і вуглеводнів, збільшення ступеня метаморфізму вугілля і регіонального літогенезу вміщуючих порід. Направлена зміна цих геологічних явищ має загальну причину – поступовий розвиток процесів постдіагенетичних змін осадових товщ.

Еволюційний розвиток літогенетичних процесів проходив при збільшенні температури і тиску, що, в свою

чергу, привело до переходу в рухомий стан все більшого числа рудоутворюючих компонентів, які в сприятливих умовах формували відповідні мінеральні парагенезиси. Утворення рудної мінералізації проходило із гідротермальних розчинів сульфідно-хлоридно-гідроксидного типу метаморфічного походження близької компонентної спеціалізації (Zn, Pb, Fe, As, Cu, Au, Ag) в досить прогрітому вміщуючому середовищі. Температура вміщуючих порід і температура утворення мінералів із розчинів були досить близькими, внаслідок чого повсюди на родовищах зустрічається крупнозерниста будова жил і слабкий розвиток навколоруднозмінених порід. Характер мінералізації і морфологічні типи рудних покладів обумовлені фізико-механічними властивостями вміщуючих порід (міцність, пористість), які змінюються паралельно з літогенетичними змінами від стратиформної до прожилково-вкрапленої і жильної.

1. Курило М.В. Рудно-углеводородная зональность и стадийные изменения вмещающих пород Донбасса // Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 5. – С. 127-132. 2. Курило М.В. До характеристики процесів катагенетичного рудоутворення // Вісник Київського університету. Геологія. – 2003. – № 25. – С. 26-27. 3. Курило М.В. Стадійні зміни порід і мінералогія ртутних руд Донбасу // Вісник Київського університету. Геологія. – 2005. – № 33. – С. 30-33. 4. Курило М.В. Типізація стадій літогенезу та рудоутворення // Вісник Київського університету. Геологія. – 2006. – № 37. – С. 15-18. 5. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И. Мінералогія Донецького басейну. – К., 1975. – Ч.1. 6. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Павлишин В.И. Мінералогія Донецького басейну – К., 1975. – Ч.1. 7. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образовання і змінення осадових порід на континенті і в океані. – Л., 1987. 8. Мурич А.Т., Резников А.И., Абрамевич Э.В., Сердюков В.В. Результати глибокого бурення в центральній частині Донбасу // Советская геология. – 1975. – № 8. – С. 125-131. 9. Смирнов В.И. Геологія корисних копалин. – К., 1995. 10. Шумлянський В.А., Деміхов Ю.Н., Деревська Е.И. та ін. Геолого-генетическая модель Бобриковского золото-поліметалічного месторождения // Геологический журнал. – 1994. – № 3. – С. 95-106. 11. Шумлянський В.О., Деревська К.І., Дудар Т.В. та ін. Літогенез і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України. – К., 2003. 12. Щербань І.П., Копылова Л.В., Шевченко В.И. Околорудные метасоматиты континентальных рифтогенных структур. – М., 1985.

Надійшла до редколегії 29.09.08

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 544.03+551.24

М. Толстой, д-р геол.-мінералог. наук,
Л. Кузів, асп., Н. Костенко, канд. геол. наук

ПЕТРОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНІТОЇДІВ З МЕТОЮ ВИБОРУ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ У МЕЖАХ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА (УЩ)

Питання захоронення радіоактивних відходів (РАВ) всебічно вивчається багатьма дослідниками. Тому оцінка петрофізичної придатності гірських порід для довготривалого розміщення в них РАВ має важливе значення. Цьому питання досі ще не приділялося особливої уваги. Враховуючи, що безпосереднє розміщення РАВ в районі наближення до Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) носить першочерговий характер в зв'язку з природоохоронними заходами, а також, що одним з перспективних об'єктів для захоронення РАВ вважаються гранітоїди, в статті наводиться ряд найбільш важливих фізичних характеристик оцінки придатності для захоронення РАВ в провідних петротипах гранітоїдів Волинського блоку УЩ.

The question of the disposal of the radioactive waste has been studied by a number of researchers. Therefore the estimation of petrophysical suitability of some host rock, which concern the repository of the radioactive waste is very useful. This problem was not under the question before. Taking into account that the direct radioactive waste location nearly the Chornobyl atomic station has paramount value and that granitoids are believed as perspective for radioactive waste repository, this paper describes the most important physical characteristics of penetrability the major granitoids types of the Volyn region of the Ukrainian Shield.

Вступ. З другої половини ХХ ст, у зв'язку з розвитком ядерних технологій і особливо ядерної енергетики, все більшої гостроти набуває питання захоронення відходів ядерної промисловості, зокрема ядерного палива. Його висока і небезпечна радіоактивність, значний час існування (для деяких елементів – U, Th, Pu і продуктів їх розпаду час існування співставлений з віком планети) створюють великі труднощі у вирішенні цієї проблеми. Цілий ряд держав, фахівців з різних галузей науки і ви-

робництва, напружено займаються цією проблемою під координацією міжнародного органу – МАГАТЕ та відповідних державних організацій.

Значні зусилля з цієї проблеми робляться і в Україні Міністерством надзвичайних ситуацій (МНС), НАН України і низкою інших установ.

Особливого значення в Україні ця проблема набула в зв'язку з аварією на ЧАЕС, а також із затвердженням стратегії розвитку атомної енергетики та її здійснення в умовах