

**М.С. Ковальчук, Л.А. Фігура, Т.М. Сокур**

**БУДОВА ТА ОНТОГЕНЕЗ КОНКРЕЦІЙ ПІРИТУ З ЮРСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПРИКАСПІЙСЬКОЇ ЗАПАДИНИ**

**M. S. Koval'chuk, L. A. Figura, T. M. Sokur**

**CONSTRUCTION AND ONTOGENESIS OF PYRITE CONCRETIONS FROM JURASSIC SEDIMENTS OF THE WESTERN PART THE PRECASPIAN DEPRESSION**

Изучены особенности морфологии, микроморфологии поверхности и внутреннего строения конкреций сульфидов из осадочных отложений и установлен механизм их образования.

*Ключевые слова:* конкреции, пирит, строение, онтогенез, осадочные отложения.

The peculiarities of morphology, micro morphology of the surface and the inner pyrite concretion struction from sediments were studied. The mechanism of their forming was established.

*Key words:* concretions, pyrite, construction, ontogenesis, sedimentary deposits.

**ВСТУП**

Конкреції — це мінеральні утворення, які дуже відрізняються від вміщуючого середовища складом і формою. Конкреції утворюються на всіх стадіях літогенезу і перетворення осадової породи — у седиментогенезі, діагенезі, катагенезі, метагенезі, метаморфізмі і гіпергенному епігенезі [3]. Інтенсивно досліджуються карбонатні, фосфоритові та залізомарганцеві конкреції. Значна частина наукових публікацій присвячена конкреціям як індикаторам стадійності літогенезу. Разом з цим конкреції є цікавим об'єктом і для мінералогічних досліджень, оскільки усі процеси зародження, росту і розпаду кристала закарбовані в його поверхні. В зв'язку з цим підвищеного інтересу набуває генетична інформація на ростовій поверхні. Саме цим питанням і приділили автори увагу, оскільки на сьогоднішній день типоморфізм форми зерен для генетичних реконструкцій використовується недостатньо. В генетичному відношенні найбільш інформативним мінералом є пирит, який широко застосовується в якості унікального мінералогічного індикатора. Авторами були досліджені піритові конкреції з юрських відкладів західної частини Прикаспійської западини (басейн р. Уїл).

**БУДОВА ТА ОНТОГЕНЕЗ ПІРИТОВИХ КОНКРЕЦІЙ**

Конкреція № 1, розміром 50×36 мм, являє собою кулю з облямівкою в центральній частині, яка виступає на 7–11 мм (рис. 1, а). Зовнішньо конкреція нагадує планету Сатурн. На конкреції

відмічаються сферичні виступи до 6 мм. Кулеподібні форми виділень піриту є різними за розміром. Часто вони відігравали роль зародків, на яких відбувалося подальше відкладання речовини. Це вказує на участь колоїдних розчинів у процесі рудоутворення. В нижній частині відмічається східчастий ріст граней, який обумовлений нестачею речовини.

Конкреція № 2, розміром 42×36 мм, являє собою ізометричну конкрецію піриту (рис. 1, б).

У нижній частині конкреція має випуклу

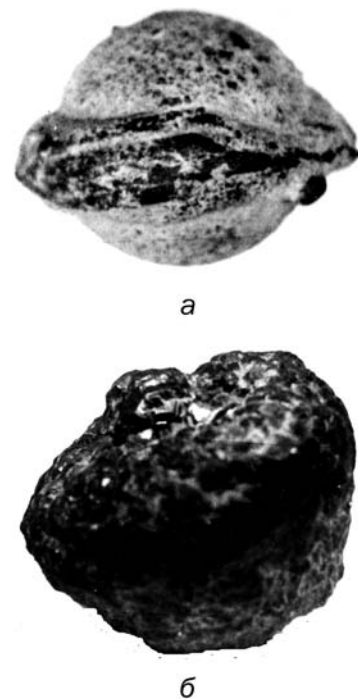


Рис. 1. Зовнішній вигляд конкрецій піриту а — конкреція № 1; б — конкреція № 2

форму і складена дрібнозернистим агрегатом піриту. Іноді трапляються окремі крупні кристали. Грані кристалів згладжені, майже повністю пронизані отворами, що свідчить про їх ріст або розчинення. Це вказує на значний приплив розчину до цієї частини.

Верхня частина конкреції більш плеската щодо нижньої і має виступ в центральній частині. Складена вона крупними, добре огранованими кристалами піриту. На границі верхньої і нижньої частин є облямівка, яка виступає приблизно на 3–4 мм.

Верхня частина складена кристалами і зростками кристалів піриту, які являють собою плескати гіллясті утворення, що представлені квадратними або псевдогексагональними пластинками, які орієнтовані паралельно одна одній (рис. 2, а). Відмічається тенденція у кристалів, що ростуть, набути форму куба як форму з найменшою поверхневою енергією. Спостерігаються скелетні форми кристалів, які ростуть не плоскими гранями, а реберними або вершинними формами. З плином часу в порожнинах скелета утворювалися нові центри росту і відбувалося утворення монолітних агрегатів. Розмір зерен становить 3–5 мм. Гранний ріст чітко проявляється на крупних кристалах. Відмічається і східчастий ріст граней (рис. 2, б). Від кожної генеруючої точки розповсюджувався не один шар, а шари йшли один за одним, тобто нові шари виникали, не чекаючи завершення розвитку попередніх. Східчастий ріст граней обумовлений, вірогідно, нестачею речовини конкреції, оскільки сплющена форма нижньої частини саме вказує на те, що в цій частині конкреції була нестача речовини. Висота сходинок різноманітна і коливається від 0,01 до 2–3 мм. На окремих кристалах наявні спіральні росту (рис. 2, в), які є результатом дислокацій. При охолодженні кристали, як правило, ростуть скелетними формами з воронкоподібними

гранями. До кінця росту відбувалося поступове заростання цього поглиблення з країв грані. При з'єднанні шарів у центрі грані завжди утворюється шов внаслідок не зовсім точного суміщення решітки кристала в місці з'єднання шарів. Дислокація, що виникла у такий спосіб, була постійно діючим активним місцем спірального наростання шарів грані. Іноді спостерігається зустріч двох шарів, які сформувалися з різних генеруючих точок. При взаємодії шари з'єднувалися в одне ціле, утворюючи фігуру, що має вигляд перевернутої ялинки. Наявність зміщених центрів росту вказує на швидкий ріст кристалів піриту.

Облямівка складена дрібнозернистим агрегатом піриту; утворилася вона, вірогідно, на границі двох середовищ, де знаходилася конкреція.

В подальшому з конкрецій були виготовлені аншлифи, вивчення яких дало більш детальну інформацію про будову конкрецій (рис. 3).

Так, в конкреції № 1 відбувається заміщення карбонатного цементу дрібнозернистим піритом, який розкристалізовувався у вигляді скелетних форм, що поступово виповнювалися новоутвореними формами кристалів піриту. В центральній частині конкреції спостерігається дрібнозернистий пірит, розмір зерен якого зростає при віддаленні від центра конкреції. В цементі фіксуються обкатані та необкатані зерна кварцу, які теж заміщуються піритом (рис. 3, а, б). Оскільки конкреції походять з осадових відкладів, котрі складені обкатаними зернами кварцу, то цілком закономірно, що кварц повинен бути певною мірою обкатаний, однак в конкреції ми спостерігаємо здебільшого кулястої форми зерна кварцу. Крім цього, форма зерен кварцу в конкреції подібна. Заміщення кварцу піритом відбувалося від центра до периферії конкреції, що пояснюється впливом електричних полів і токових ліній. Пірит прони-

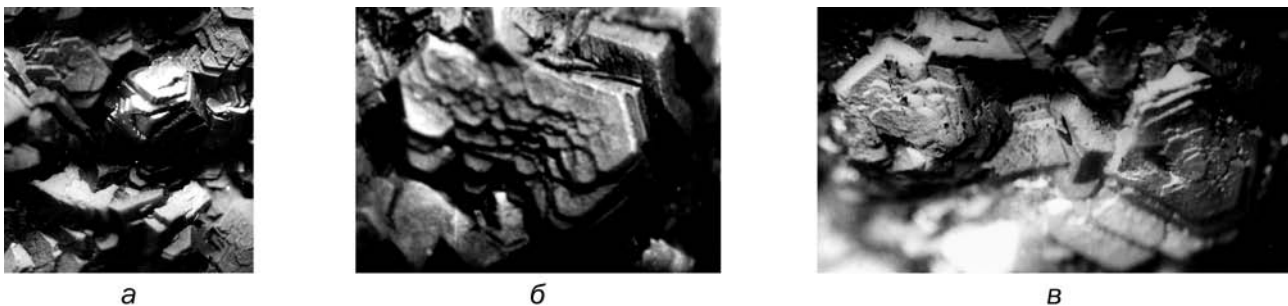


Рис. 2. Особливості мікроморфології поверхні конкрецій  
а — різні форми росту та дислокації кристалів піриту; б — східчастий ріст граней; в — спіральний ріст

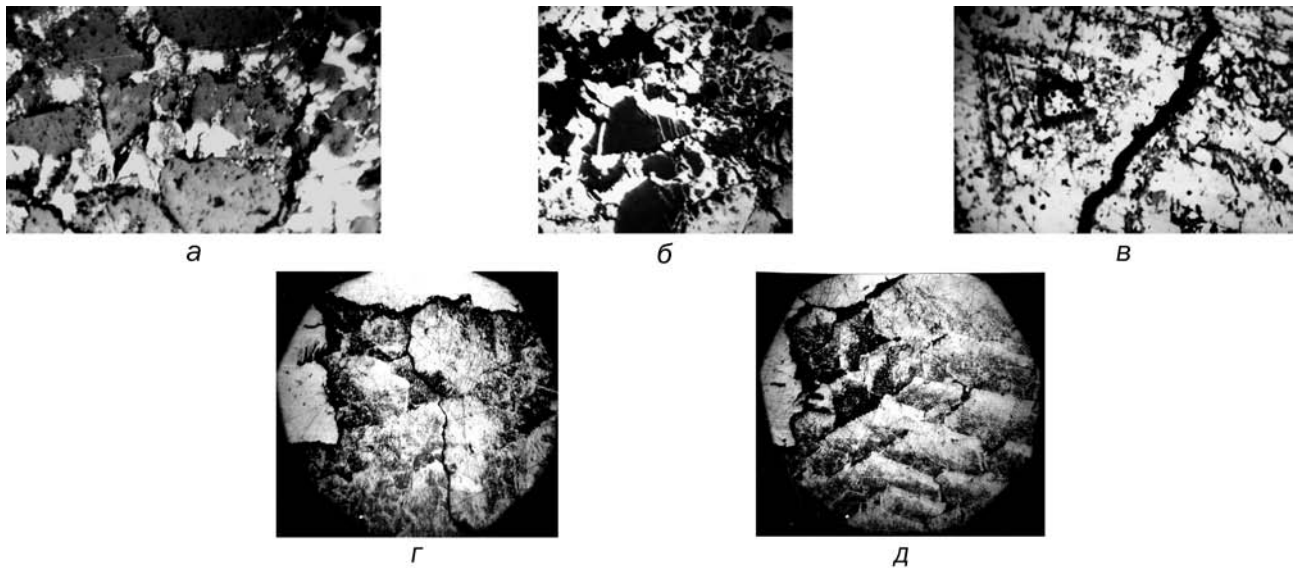


Рис. 3. Особливості внутрішньої будови конкрецій  
а, б — характер заміщення кварцу (темний) піритом (світлий); в — поверхня з дендритними і трикутними формами;  
г, д — внутрішня будова піритових конкрецій після травлення царської горілкою

кав у тріщинки кварцу, утворюючи прожилки, і зі збільшенням об'єму руйнував кварц, розчленовуючи його на уламки гострокутної форми (рис. 3, б).

Конкреція розбита сіткою тріщин, які починаються в центральній частині і зникають на периферії (рис. 3, в, г). Тріщини вказують на процеси перекристалізації, що супроводжувалася зменшенням об'єму. Це викликало появу радіально-спрямованих напруг і зумовило появу тріщин, які радіально розходяться від центра конкреції до периферії. Перекристалізація могла відбуватися як внаслідок внутрішньої, так і зовнішньої енергії.

Після травлення аншлифу кислотою було з'ясовано, що в центральній частині конкреції чітко спостерігається реберний ріст кристалів піриту, який у нижній частині переходить в гранний ріст. Характерна для піриту зональність не встановлена.

В конкреції № 2 спостерігається така ж тенденція заміщення кварцу піритом, як і в конкреції № 1. Також відмічається сітка тріщин, але менш інтенсивних, аніж в першій конкреції. В карбонатному цементі конкреції, крім кварцу виявлено рутил. На окремих кристалах піриту помітна слабка зональність, утворення якої пов'язане з численними центрами кристалізації. Спостерігаються скелетні форми кристалів піриту, що, ймовірно відповідають кристаліграфічним осям  $L_4$  або  $L_2$ . Пірит також починає заміщувати кварц з центральної частини конкреції. Спостерігаються глобулі піриту, які скла-

даються з численних мікроскопічних зерен неправильної форми, котрі щільно упаковані в певному об'ємі.

Облямівка сформувалася після утворення кулеподібної форми конкреції на контакті осадових порід і являє собою другу генерацію піриту.

До найінформативніших електричних властивостей мінералів належать діелектрична проникність та ефект термо-ЕРС, який виникає в мінералах напівпровідниках. Їх значення і знак є важливою типоморфною ознакою температурних умов утворення мінералів. Дослідження термо-ЕРС піритових конкрецій показало, що коефіцієнт термо-ЕРС в середньому коливається в межах  $+8,76...+14,34$  мкВ/град, що вказує на утворення конкрецій з низькотемпературних розчинів.

Конкреції, вірогідно, утворилися на верхньому обводненому шарі осаду або навіть на його поверхні з компонентів мулового розчину внаслідок диференціації, концентрації і нерівномірного осадження навколо системи центрів осадження з наступним відбором і ростом



Рис. 4. Електрогеохімічна характеристика взаємовідношень води, донних осадків і мінерального стяжіння

(рис. 4).

Для росту конкрецій визначальним був стрибок потенціалу на границі фаз вода — осадок. Між більш окисними і більш відновними шарами відмічається стрибок  $Eh$  потенціалу, а на границі цих шарів — стяжіння. Зона стрибка потенціалів виступала в ролі геохімічного бар'єру.

#### ВИСНОВКИ

Утворення конкрецій, вірогідно, відбувалося таким чином. Спочатку в верхній частині осаду виникли гелеподібні сполуки аморфного сульфід заліза. В результаті рекристалізації гелю сформувалася перша кристалічна фаза — канзіт. В процесі «старіння» осаду метастабільний канзіт перетворився в макінавіт (друга кристалічна фаза), що в подальшому перекристалізувався в мельниковіт (третья кристалічна фаза), а той, в свою чергу, — в пірит (єдина стабільна фаза). Усі перетворення відбувалися в напрямку збільшення сірчистості сполук. Поступове перетворення аморфного моносольфід заліза в повнокристалічний агрегат піриту супроводжувалося певною перебудовою кристалічної структури мінералу. Різноманітність морфології кристалів піриту вказує на нерівноважне середовище мінералоутворення. Перекристалізація, що супроводжувалася зменшенням об'єму, зумовила виникнення радіально-спрямованих напруг, які призвели до виникнення тріщин, що радіально розходяться від центра конкрецій. Ріст конкрецій відбувався шляхом виповнення пор, розсування і часткового заміщення

уламкового кварцу конкрецієутворювачем. Дещо приплющена форма конкреції № 2 є результатом нерівномірного росту конкреції, яка відображає анізотропію середовища [1]. Після утворення кулеподібної форми конкрецій, на границі двох фаз (вода — осадок) сформувалася облямівка, що являє собою пірит II генерації.

Отже, дослідження будови та онтогенії піритових конкрецій, дає змогу відтворити механізм та середовище мінералоутворення. Це дозволяє використовувати мінералогічні дослідження кристалів на ростовому рівні для генетичних реконструкцій.

Автори висловлюють щире подяку Л.З. Скакуну за фактичний матеріал наданий для досліджень.

1. Зарицкий П.В. О причинах уплощенной формы конкреций // Докл. АН СССР. — 1969. — Т. 188, № 2. — С. 427–430.
2. Зарицкий П.В. О глубине формирования конкреций под поверхностью осадка // Литология и полезн. Ископаемые. — 1971. — № 2. — С. 139–145.
3. Зарицкий П.В., Македонов А.В. Конкрециеобразование и стадийность литогенеза // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1977. — № 7. — С. 586–589.
4. Павлишин В.И., Юшкин Н.П., Попов В.А. Онтогенетический метод в минералогии: Киев: Наук. думка, 1988. — 120 с.
5. Хайретдинов И.А. Основы электрогеохимии литогенеза и гидротермального процесса. — М.: Наука, 1982. — 264 с.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
E-mail kms1964@ukr.net