

УДК 549.31:551.3(477)

## МІКРОСФЕРОЛІТИ АУТИГЕННИХ МАРКАЗИТУ І ПІРИТУ У ДОННОМУ ОСАДІ РІЧОК УКРАЇНИ

**В. Іванченко, А. Квітка**

*Відділення морської геології та осадового рудоутворення НАН України,  
відділ проблем екологічної геології та розробки рудних родовищ,  
вул. Пушкіна, 37, 50000 Кривий Ріг, Україна  
E-mail: vvivanchenko@.ukr.net*

Наведено результати мікроскопічних досліджень сульфідів, що утворюються в сучасному річковому осаді. Виявлено вертикальну мінералогічну зональність річкових відкладів. У їхній покрівлі утворюються оксиди й гідроксиди заліза, нижче кисневого бар'єру кристалізується марказит, а в підшві розрізу марказит частково заміщений піритом. Утворені на ранніх етапах діагенезу річкового осаду сульфіди можуть бути одним з джерел накопичення мікросферолітів марказиту й піриту в осадах Чорного та Азовського морів.

*Ключові слова:* марказит, пірит, гідроксиди заліза, мікросфероліти, діагенез, річковий осад, Україна.

Діагенез, як стадія перетворення осаду в гірську породу, відбувається завдяки внутрішнім запасам енергії накопичених речовин. Він починається відразу після виникнення осаду і закінчується під час утворення з нього осадової гірської породи – як міцної, цементованої, так і пухкої або яка не втратила здатності розмокати. Потужність зони діагенезу досягає сотень метрів, а його тривалість – десятки і сотні тисяч років. Глибина діагенетичних перетворень пропорційна до швидкості осадонагромадження [5, 6].

Особливий інтерес становлять процеси мінералоутворення, що відбуваються під час діагенезу річкових осадів. Вони доступніші для вивчення, проходять у різних кліматичних і фізико-географічних зонах континентів, чутливо реагують на зміну окисно-відновних умов середовища та наявність біоти, впливають на формування багатьох корисних копалин. Сучасні річкові осади також є індикаторами екологічного стану водозбірних площ з розвинутою промисловою та сільськогосподарською інфраструктурою [2–4].

Наше завдання – дослідити особливості діагенетичних перетворень сучасного осаду континентальних водотоків на прикладі річок Центральної та Південної України. Вивчено матеріали щорічних експедицій, організованих Відділенням морської геології та осадового рудоутворення Національної академії наук України (Криворізький відділ), КП Південьєкогеоцентр та інших геологічних організацій. Проби осаду відбирали з дна річок та керна бурових свердловин до глибини 55 м. Товща води над осадом становила від 0,5 (на річкових перекатах) до 15 м (водосховища). Обстежено річки та лимани Північного Причорномор'я і Кримського півострова.

У вивченому осаді виявлено численні мінеральні новоутворення, характерні для стадії діагенезу: марказит, пірит, оксиди й гідроксиди заліза, карбонати. Розподіл зазначених мінералів у розрізі осаду закономірний. У верхній частині, орієнтовно від 0 до 0,5 м,

домінують оксиди й гідрооксиди заліза (гематит у вигляді мартиту, гетит, лепідокрокит, гідрогетит), а також глауконіт. Від глибини 0,5 м, нижче кисневого бар'єра, в осаді поступово збільшується кількість сульфідів (марказиту, піриту). Зі збільшенням у річковому осаді, що містить багато рослинних залишків, кількості пелітових компонентів вміст сульфідних новоутворень зростає. У всій товщі наявні карбонати – кальцит і арагоніт.

Від витоку в напрямі дельти інтенсивність аутигенного мінералоутворення в осаді річок збільшується. Цьому сприяє сповільнення течії в межах Причорноморської низовини, збагачення осаду органічними рештками та бактеріями, загальне збільшення потужності осаду. Геохімічний бар'єр у межах системи ріка–море сприяє інтенсивному накопиченню сульфідів

Розмір сульфідних виділень змінюється від кількох мікронів до 1–2 мм. Домінують сплюснені кірки, плівки, жовна (рис. 1), грудочки й інші агрегати. Під час перемивання і транспортування раніше відкладеного річкового осаду вони розпадаються на кулясті “елементарні” мікросфероліти діаметром 0,01–0,10 мм, що легко відокремлюються від основного агрегату (див. рис. 1, а). Деякі виділення марказиту мають вигляд видовжених, сплюснених, рідше кулеподібних фітоморфоз (див. рис. 1, б). Їхня наявність свідчить, що важливу роль в аутигенному мінералоутворенні відіграють мікроорганізми, які переробляють рослинні рештки, що утворюються в екосистемі річки або надходять з водозбірної території.

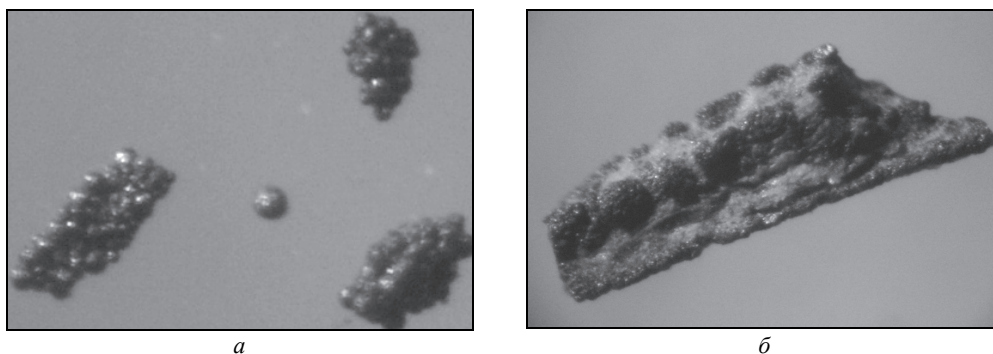


Рис. 1. Аутигенний марказит з осадів гирла р. Бельбек, м. Севастополь:

а – грудочки і сферолітові агрегати, глибина 1,9 м від поверхні осаду,  $\times 300$ ; б – фітоморфози, глибина 8,2 м,  $\times 190$ .

У найглибших, приплотикових ділянках розрізу річкового осаду поряд з марказитом трапляються виділення аутигенного піриту. Вони мають вигляд радіально-променевих агрегатів, сферолітів, стяжін неправильної форми або дрібних ідіоморфних кристалів кубічного, октаедричного та пентагондодекаедричного габітусу (рис. 2).

У разі перекристалізації найбільша вісь  $L_2$  кристалів марказиту, зорієнтована радіально від центра сферолітового агрегату, трансформується у вісь  $L_3$  піриту. Тому на поверхні піритових сферолітів найчастіше простежують вершини частково деформованих кубічних кристалів з виходами осі  $L_3$ .

Мікроскульптуру поверхні марказитових і піритових агрегатів з річкового осаду вивчали за допомогою електронного мікроскопа, а їхній склад – за допомогою мікрозонда (рис. 3, 4). Визначено характерні форми ромбічної та кубічної сингоній, що відповідають формулі  $\text{FeS}_2$ .

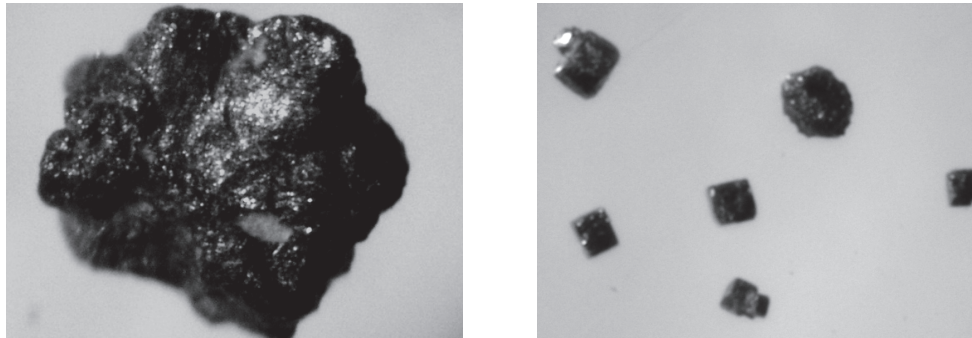


Рис. 2. Аутигенний пірит з річкового осаду дельти Дніпра:  
*a* – сфероліт,  $\times 70$ ; *б* – ідіоморфні мікрочастинки,  $\times 125$ .

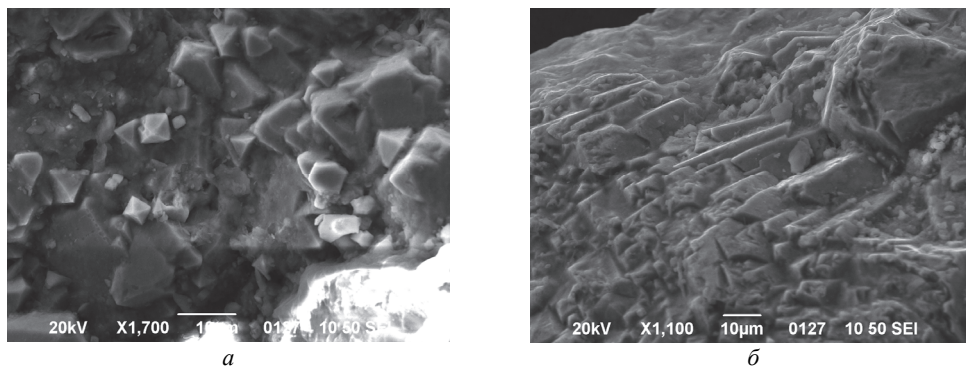


Рис. 3. Мікроскульптура сферолітів марказиту (*a*) й піриту (*б*) за даними растрової електронної мікроскопії. Річкові осади дельти Дніпра.

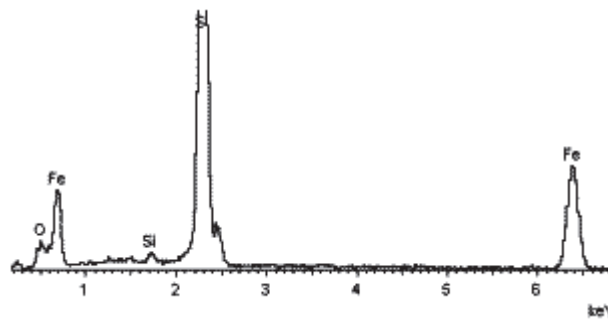


Рис. 4. Результати мікрозондового дослідження хімічного складу сферолітів марказиту (див. рис. 3, *a*).

Отже, у розрізі річкового осаду простежується закономірна зміна залізовмісних мінералів. У верхній, добре аерованій частині покладу домінують оксиди й гідроксиди заліза. Нижче їхнє місце займає марказит, який у приплотикових ділянках осаду частково заміщений піритом. У цьому разі скупчення кулястих виділень марказиту перекрис-

талізуються з утворенням радіально-променевих агрегатів піриту, а окремі мікросфероліти марказиту трансформуються в ідіоморфні (кубічні, октаедричні та пентагондодкаедричні) мікрокристали піриту.

Постседиментаційний генезис, приуроченість до збагачених рослинними залишками ділянок розрізу дають підстави кваліфікувати мінеральні новоутворення як прояви раннього діагенезу річкового осаду.

Значні масштаби мінералоутворення на ранніх етапах діагенезу річкового осаду, на нашу думку, впливають і на мінеральний склад відкладів Чорного й Азовського морів. Виявлені там кулясті мікросфероліти сульфідів [1] можуть бути частково утворені в акваторії морів, а частково принесені з континенту в складі діагенетично перетвореного річкового осаду.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геология шельфа УССР : Литология / [Е. Ф. Шнюков, В. И. Мельник, Ю. И. Иноземцев и др.]. – Киев, 1985.
2. Іванченко В. В. Мінералогія донних відкладів р. Інгулець / В. В. Іванченко, Н. Р. Журавель // Зап. Укр. мінерал. т-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 99–102.
3. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водоем Криворізького залізорудного басейну / [М. Є. Агаджанов, А. О. Бобко, І. М. Малахов та ін.]. – Кривий Ріг, 2008.
4. Методичні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничовидобувних регіонах / І. М. Малахов, Т. М. Альохіна, В. В. Іванченко [та ін.] // Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг, 2011.
5. Страхов Н. М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования / Н. М. Страхов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1953. – № 5. – С. 12–49.
6. Страхов Н. М. К познанию диагенеза / Н. М. Страхов // Вопросы минералогии осадочных образований. – М., 1956. – С. 36–69.

*Стаття: надійшла до редакції 30.04.2012  
прийнята до друку 29.05.2012*

**MICROSPHERULITES OF AUTHIGENOUS MARCASITE  
AND PYRITE IN BOTTOM SEDIMENT  
OF THE UKRAINIAN RIVERS**

**V. Ivanchenko, A. Kvitka**

*Department of Sea Geology and Sedimentary Ore Formation of NASU,  
Branch of Ecological Geology Issues and Mining Ore Deposits,  
37, Pushkin St., 50000 Kryvyi Rih, Ukraine  
E-mail: vvivanchenko@ukr.net*

Results of microscopic studies of sulphides being formed at contemporary river sediments have been shown. Vertical mineralogical zoning of river sediments has been discovered. Oxides and hydroxides of iron are formed in their roof. Marcasite crystallizes lower oxygen barrier; it has been partly replaced by pyrite at the bottom of profile. Formed on the early stages of river sediment diagenesis sulphides can be one of the sources of marcasite and pyrite accumulation in the sediments of Black and Azov seas.

*Key words:* marcasite, pyrite, iron hydroxides, microspherulites, diagenesis, river sediments, Ukraine.

**МИКРОСФЕРОЛИТЫ АУТИГЕННЫХ МАРКАЗИТА И ПИРИТА  
В ДОННОМ ОСАДКЕ РЕК УКРАИНЫ**

**В. Иванченко, А. Квитка**

*Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины,  
отдел проблем экологической геологии и разработки рудных месторождений,  
ул. Пушкина, 37, 50000 Кривой Рог, Украина  
E-mail: vvivanchenko@ukr.net*

Приведено результаты микроскопических исследований сульфидов, которые образуются в современных речных осадках. Определено вертикальную минералогическую зональность речных осадков. В их кровле формируются оксиды и гидроксиды железа, ниже кислородного барьера кристаллизуется марказит, а в подошве разреза марказит частично замещен пиритом. Образованные на ранних этапах диагенеза речного осадка сульфиды могут быть одним из источников накопления микросферолитов марказита и пирита в осадках Черного и Азовского морей.

*Ключевые слова:* марказит, пирит, гидроксиды железа, микросферолиты, диагенез, речной осадок, Украина.