

**Література:**

1. Заявка 201504438 Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» (УКРПАТЕНТ) / Спосіб укладки контактних пристроїв насадки / Степанюк А.Р., Кушнір О.С. — № у 201504438; заявл. 06.05.2015.

УДК 544.77 + 549.057

ФОРМУВАННЯ І ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГІДРОКСИСУЛЬФАТНОГО GREEN RUST КОРОЗІЙНОГО ТА БІОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

О.М. Лавриненко¹, В.В. Вембер², Ю.С. Щукін¹, М.Ю. Лабжинська³

¹ Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України
03142; м. Київ, бульвар Академіка Вернадського, 42

e-mail: alena-lavry@yandex.ru;

² Національний технічний університет України «КПІ»
03056 м. Київ, пр-т Перемоги, 37

³ Національний університет харчових технологій
01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68

У функціонуванні екосистем суттєву роль відіграє міграція хімічних елементів, яка визначає особливості їх кругообігу в природі та концентрування в мінеральних родовищах зон гіпергенезу. Максимальні еколого-геохімічні зміни в біосфері відбуваються на ландшафтно-геохімічних бар'єрах (ЛГБ), у формуванні яких часто приймають участь мікроорганізми. Особливе значення для багатьох ЛГБ відіграють метали змінної валентності, зокрема — залізо. Виявлено, що нанорозмірні метастабільні мінеральні фази, які містять у своєму складі ферум, кисень і гідроксил, наприклад, Fe(II)-Fe(III) шаруваті подвійні гідроксиди або *Green Rust*, є невід'ємною складовою природних дисперсних систем. Наявність в складі *Green Rust* катіонів феруму (II) забезпечує їх сильними відновними властивостями і здатністю запобігати міграції речовин — забруднювачів навколишнього середовища при відновленні їх окиснених форм. Шаруваті подвійні гідроксиди феруму відіграють важливу роль в процесах біомінералізації. Вони можуть формуватися за участю мікроорганізмів на поверхні сталевих конструкцій корозійним шляхом [1] або на межі окисно-відновної зони [2] і в природних аквасистемах [3] хімічним і біогенним шляхом. Разом з тим, частинки ряду дисперсних ферум-окисеновмісних мінеральних фаз можуть безпосередньо утворюватися в клітинах живих організмів [4].

Метою роботи є дослідження процесів формування та перетворення частинок гідроксисульфатного *Green Rust* корозійного та біогенного походження.

Формування частинок $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ корозійним шляхом проводили при контакті сталевго диску (Ст 3) з водними розчинами солей $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і $(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4] \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (сіллю Мора) при $c\text{Fe(II)} = 100 \text{ мг/дм}^3$. Біогенним шляхом $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ отримували при концентрації солі Мора 25 мг/дм^3 ($c\text{Fe(II)} = 3,6 \text{ мг/дм}^3$). Для біогенного формування вибрано культуру *Cladosporium linicola* Pidopl.&Deniak. На рис.1 а представлено СЕМ зображення, а на рис. 1 б — рентгенограму $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ корозійного походження, отриманого на поверхні сталі при її контакті з розчином FeSO_4 . Форма частинок — пластинчата; розмір кристалітів, розрахований за рівнянням Дебая-Шеррера, 17 нм. Рентгенограма $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ біогенного походження, утвореного при додаванні у поживне середовище солі Мора, представлена на рис. 1 с. Розмір первинних частинок становить ~ 5 нм. За стандартних умов частинки *Green Rust* нестійкі та легко окиснюються з утворенням ряду дисперсних мінеральних фаз. На рис. 2 наведено рентгенограми продуктів окиснення $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$, утвореного на поверхні сталі при її контакті

з розчинами: сульфату феруму (II) (Рис.2 а) і подвійної сірчаноокислої солі феруму (II) і амонію (рис.2 б). Згідно отриманих даних, в першому випадку окиснення Green Rust призводить до утворення фаз лепідокрокіту, гетиту і магнетиту, а в другому випадку продуктом окиснення Green Rust є лепідокрокіт з незначною домішкою гетиту.

Таким чином, утворення частинок гідроксисульфатного Green Rust може проходити не тільки корозійним шляхом на поверхні сталі, а також в культурі *C. linicola*. В той час як $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ біогенного походження може залишатися в первинному стані протягом тривалого часу, $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$ корозійного походження окиснюється і, залежно від хімічного складу дисперсійного середовища, перетворюється на суміш оксигідроксидів феруму і магнетиту (розчин сульфату феруму (II)) або у практично чисту фазу лепідокрокіту (розчин подвійної сірчаноокислої солі феруму (II) і амонію).

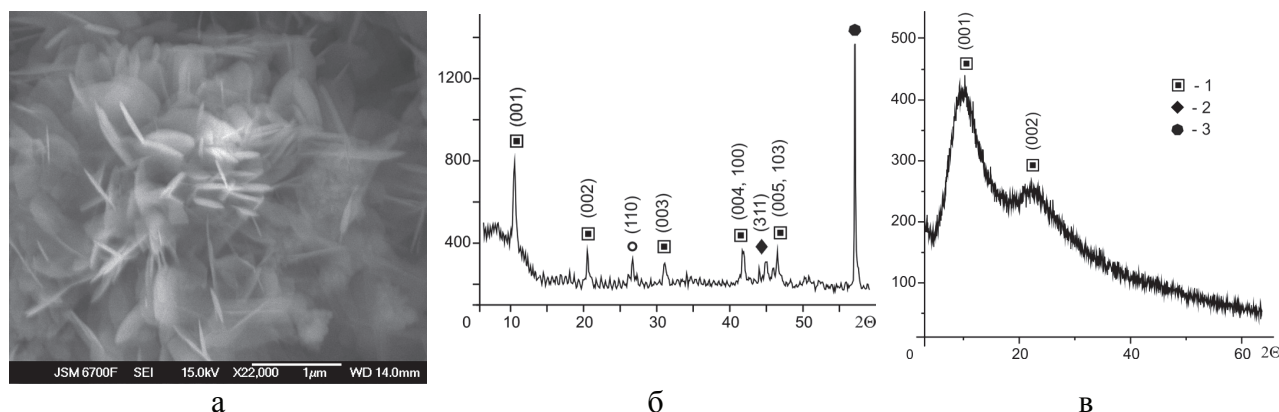


Рис. 1. Результати дослідження гідроксисульфатного Green Rust: а — СЕМ-зображення і б — GR корозійного походження (РФА); в — GR біогенного походження (РФА). Цифрами позначено: 1 — $\text{GR}(\text{SO}_4^{2-})$; 2 — магнетит; 3 — металічне залізо (поверхня сталі).

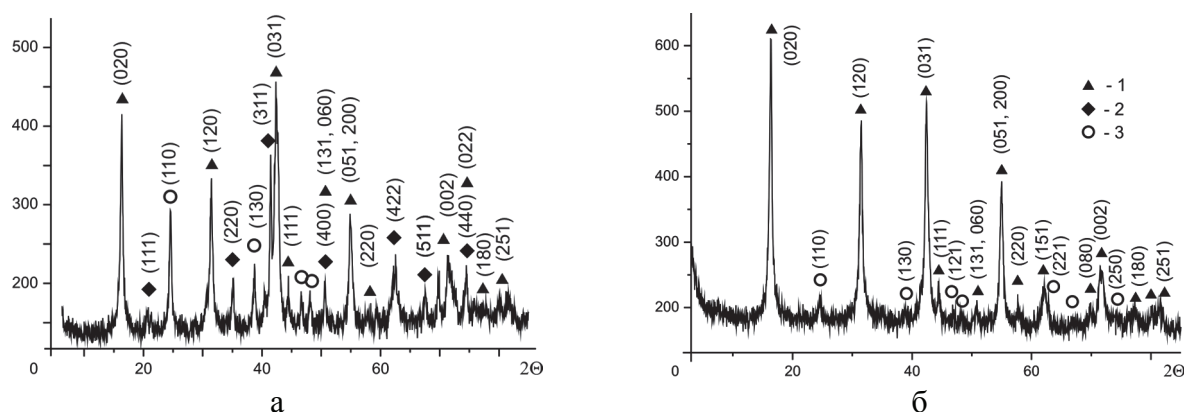


Рис. 2. Рентгенограми продуктів окиснення Green Rust, утвореного на поверхні сталі при її контакті з розчинами солей: а — $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; б — $(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4] \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Цифрами позначено мінеральні фази: 1 — лепідокрокіту; 2 — магнетиту; 3 — гетиту.

Література

1. Waseda Y., Suzuki Sh. Characterization of corrosion products on steel surfaces / Springer, 2006. — 297 p.
2. Bioreduction of ferric species and biogenesis of green rusts in soils / J. Berthelin, G. Ona-Nguema, S. Stemmler [et al.] // C. R. Geosci. — 2006. — V. 338. — P. 447–455.
3. Deng Y., Stumm W. Reactivity of aquatic iron (III) oxyhydroxides simplifications for redox cycling of iron in natural waters // Appl. Geochem. — 1994. — V. 9. — P. 3–36.
4. Лавриненко О.М., Волобаєв І.І., Прокопенко В.А. Утворення феригідриту біогенного та хімічного походження і взаємодія біокомполітів на його основі з частинками золота // Доповіді академії наук України — 2013. — № 5. — С. 139–147.