

УДК 549:669:622

## ПРИРОДА РИТМІЧНОЇ ШАРУВАТОСТІ ДИСПЕРСНИХ ВІДКЛАДІВ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ

**Т. Нестеренко**

*Криворізький технічний університет  
50002 м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 44  
E-mail: evtekhov@mail.ru*

Схарактеризовано петрологічні особливості шламових покладів та причини виникнення структурно-текстурної неоднорідності шламів.

*Ключові слова:* металургійні шлами, структура, текстура, шаруватість, порожнистість.

Незважаючи на збільшення останніми роками обсягів використання техногенних заліззовмісних відходів у процесі металургійного виробництва, досі актуальною є проблема накопичення металургійних шламів та їхньої повторної переробки, пов'язана з багатьма чинниками, серед яких головні – мінералого-технологічні особливості металургійних відходів та недостатня вивченість петрології шламових покладів.

З огляду на вміст заліза (у середньому близько 40 мас. %) металургійні шлами можна порівняти з бідними залізними рудами, які потребують збагачення. Однак, на відміну від природних залізних руд, за генезисом шлами є природно-техногенними утвореннями і тому мають набір специфічних властивостей, які необхідно детально вивчати, щоб раціонально використовувати цей різновид металургійних відходів. Ми проаналізували літературні джерела з цієї тематики і дійшли висновку, що мінеральний склад шламів вивчений на достатньо високому рівні [2–4], водночас не проводили детальні петрологічні дослідження шламових покладів, які суттєво впливають на поведінку шламів у технологічному ланцюзі повторної переробки.

Завдання наших досліджень – вивчення структурно-текстурних особливостей техногенного залізородного покладу, які значно впливають на технологічні властивості і результати збагачення руд [1].

Об'єктом досліджень були металургійні шлами Криворізького металургійного комбінату. Це продукти очищення від пилу металургійних газів доменних, мартенівського і конверторного цехів. Суміш твердих часток і технічної води у співвідношенні близько 3–5 г/л (шлам поточного виробництва) скидають у карти, ставки-освітлювачі й акумулювальний шламонакопичувач.

Карти, або шламонакопичувачі, – це штучні водоймища, обмежені дамбами. Стічні води, що надходять на карту, рухаються з одного її боку до іншого. У цьому разі відбувається осадження твердої фази. Після припинення подачі шламів на кар-

ту відбувається збезводнювання осаду внаслідок дренажу води через систему труб у ставки-освітлювачі.

Збезводнені шлами з карт-відстійників у невеликих об'ємах (130–140 кг/т агломерату) надходять без збагачення на агломераційну фабрику, де їх шихтують з іншою залізородною сировиною і спікають в агломерат.

Загальна маса заскладованих на комбінаті шламів становить близько 10 млн т. Головною причиною, яка перешкоджає використанню накопичених залізовмісних шламів, є відсутність економічно доцільної технології їхнього збагачення і переробки.

З огляду на спосіб утворення і накопичення металургійні шлами є техногенно-осадовими утвореннями.

За ступенем кристалічності серед вивчених шламів переважають напівкристалічні (склуваті) структури.

Вивчені шлами мають дрібно-, середньо- або грубозернисту структуру. Поширені також різнозернисті структури, утворені внаслідок змішування різних за походженням і розміром зерен природних і техногенних матеріалів (рис. 1). Трапляються шлами рівномірно-тонкозернистої структури (рис. 2).



Рис. 1. Шлам масивний різнозернистий. Полірований шліф.  $\times 50$ .

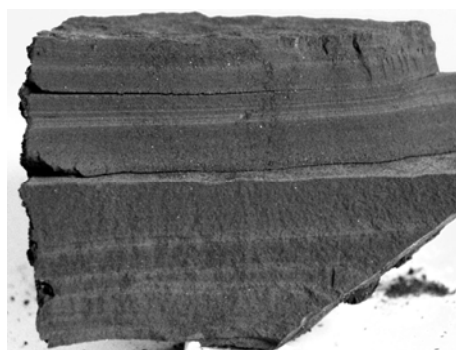


Рис. 2. Тонкошаруватий щільний шлам рівномірно-тонкозернистої структури.

Форма шламових часток дуже мінлива. Найпоширеніші ідіоморфні зерна у вигляді куль. Вони складаються з силікатного скла, металевого заліза, вюститу, магнетиту, мартиту, силікатів. Трапляються також полімінеральні агрегати у вигляді куль. За внутрішньою будовою кулі щільні й пористі (з однією або багатьма порожнинами). Розміри їх невеликі – від кількох мікронів до десятих часток міліметра.

Іншим різновидом ідіоморфних кристалів є багатогранні індивіди. Вони характерні для магнетиту, гематиту (залізної слюдки), шпінелі, тридиміту, кристобаліту, графіту й інших мінералів.

Панідіоморфнозерниста структура простежена в прозорих і полірованих шліфах за значного збільшення мікроскопа (рис. 3). В окремих ділянках шламового покладу переважають кутасті частки у вигляді уламків кристалів і мінеральних агрегатів (рис. 4). Ці відміни шламів мають, відповідно, кристало- та літокластичну структури.

Текстури досліджених металургійних шламів різноманітні. Найбільше поширені порожнисті різновиди шламів (див. рис. 3, 5). Розмір порожнин і загальний їхній об'єм залежать від розміру шламових часток. Як бачимо з фото, у ділянках осаду, вповнених більшими за розміром частками, порожнини між ними теж збільшені.

Дрібніші частки утворюють щільніший осад. Крім того, порожнистість шламів залежить від форми зерен. Вона значно збільшується в разі наявності кутастих, лускуватих, зігнутих уламків подрібненого коксу, вапняку, графіту і шлаку.

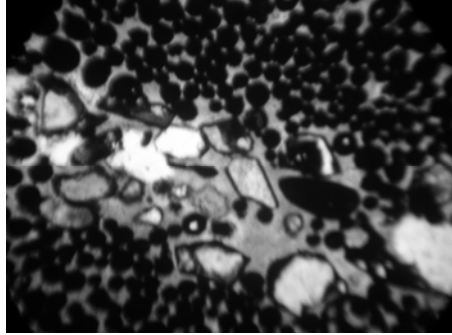


Рис. 3. Порожнистий металургійний шлам панідіоморфнозернистої структури. Прозорий шліф.  $\times 50$ .

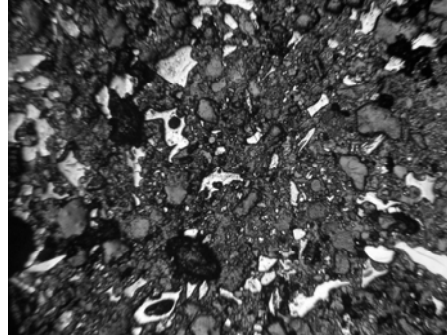


Рис. 4. Кутасті уламки кристалів і мінеральних агрегатів у складі шламу. Полірований шліф.  $\times 50$ .

Середній розмір часток скла і силікатів у кілька разів переважає розмір куль магнетиту, вюститу і металевого заліза (рис. 6, 7), оскільки густина їх значно більша, ніж густина скла.

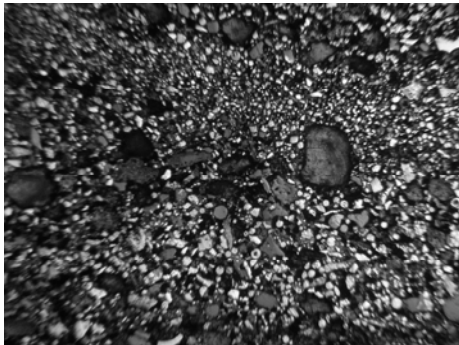


Рис. 5. Шарувата текстура шламу. Прошарки відрізняються між собою за мінеральним складом, розміром, формою та внутрішньою будовою часток, кількістю порожнин у прошарку. Полірований шліф.  $\times 20$ .



Рис. 6. Співвідношення розмірів нерудних і рудних мінералів та коксового пилу. Полірований шліф.  $\times 80$ .

Після кількох років перебування у відстійниках шлами ущільнюються. З іншого боку, унаслідок вилугування окремих мінералів і виникнення мережі тріщинок висихання в об'ємі глинистих часток і осаду загалом порожнистість шламів може навіть збільшитися.

Технологічно порожниста текстура зменшує час збезводнення шламів у відстійниках. У разі ущільнення шламів їхня водовіддача зменшується і може практично припинитися, незважаючи на значну кількість вологи, яка ще є в їхньому об'ємі.

Тобто об'єктивно існує ефективний час відстоювання, після якого немає сенсу в перебуванні шламу у відстійниках.

З урахуванням взаємного розташування складових частин осаду, виділяють такі текстури: шарувату, лінзоподібну, масивну, плямисту. Серед них найбільше поширена шарувата (див. рис. 2, 3, 5, 7, 8). Вона виникає внаслідок того, що у шлам потрапляють різноманітні за розміром, формою, внутрішньою будовою, мінеральним і петрографічним складом частки металургійного і природного походження. Безпосереднім чинником утворення шаруватості у шламових покладах є седиментаційна диференціація матеріалу. Частки з однаковими або близькими значеннями седиментаційної густини (швидкості осадження у водному середовищі) утворюють самостійні верстви або прошарки. Так виникли рудні й нерудні шламові прошарки. У вертикальному розрізі осадів шламосховища вони чергуються між собою і формують тонкошарувату товщу, яку можна зіставити з природними флішем або залізистим кварцитом.

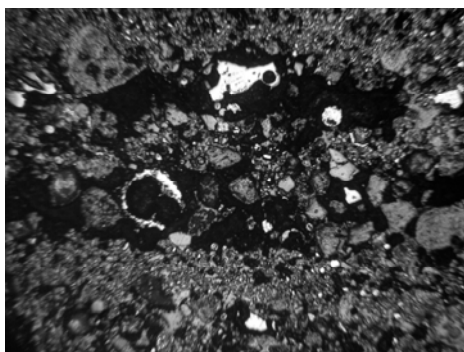


Рис. 7. Шарувата текстура шламу. Полірований шліф. Переважний розмір часток у щільному прошарку – 0,05 мм, у пористому – 0,20 мм.

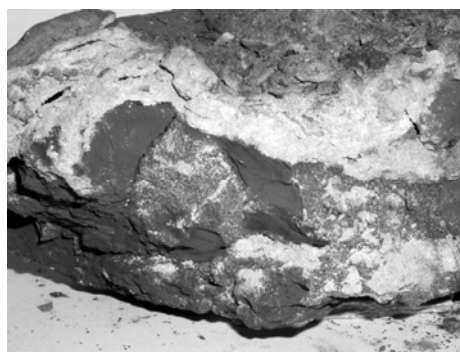


Рис. 8. Грубошаруватий шлам з атектонічними складками, які виникли внаслідок місцевого зміщення матеріалу під час седиментації та наступного висихання осаду. Потужність прошарків з вицвітами – до 1 см.

Шарувата текстура техногенного осаду простежена в стінках шурфів, окремих взірцях шламу, а також у прозорих і полірованих шліфах, виготовлених за спеціальною методикою. Рудні прошарки покладу складаються з невеликих за розміром щільних куль, утворених оксидами й гідроксидами заліза. У складі нерудних прошарків діагностовано мінерали кремнезему (тридиміт, кристобаліт, кварц), силікати і силікатне скло, кокс, а також порівняно великі пустотілі кулясті утворення рудних мінералів, схожі на ялинкові іграшки.

У будові рудних прошарків помітна внутрішня похила мікрошаруватість (рис. 9). Вона відображає фаціальні умови осадонакопичення, близькі до умов руслових річкових потоків. Розгалуження шламових потоків можна спостерігати з бортів дамб шламо- і хвостосховищ. Додатковою умовою формування похилих стрічок є магнітні властивості оксидів заліза. Унаслідок дії магнітного поля за умов водної суспензії утворюються ланцюжки рудних мінералів. Потім вони осаджуються узгоджено з мікрорельєфом дна басейну під кутом до основного (горизонтального) напрямку рудного шару.

Масивна текстура характерна як для деяких ділянок шламового покладу, так і для окремих шарів. Вона є ознакою стабільних умов седиментації рівномірнотзернистого (звичайно мікротзернистого) матеріалу (рис. 10).

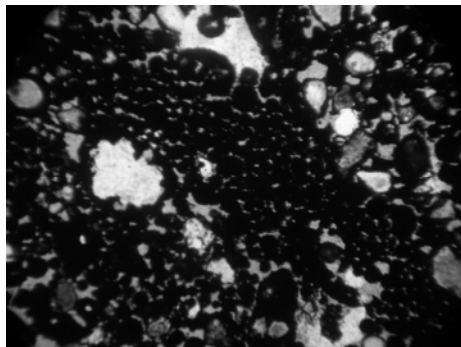


Рис. 9. Похила мікросаруватість у рудному прошарку. Прозорий шліф.  $\times 50$ .

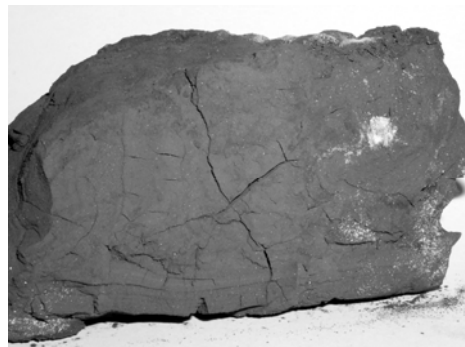


Рис. 10. Масивна текстура шламу з гніздами карбонатів і тріщинами всихання.

Структурно-текстурні ознаки вторинних змін металургійних шламів такі: збезводнення і розвиток тріщинок усихання шламів; ущільнення і деформація прошарків; зміна морфології шламових часток (див. рис. 8, 10).

Отже, з огляду на спосіб формування, накопичення і перетворення, металургійний шлам є техногенно-осадовим утворенням. Процес седиментації шламів неоднорідний і різноманітний. Діагностика всього спектра кристалічних фаз шламів, вивчення їхніх структурно-текстурних ознак (морфологія зерен, типи зростання і проростання, гранулометрія, шаруватість, порожнистість та інші особливості) сприятиме розробці раціональної схеми збагачення і утилізації шламів, зменшенню обсягів їхнього накопичення.

1. Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Текстуры и структуры руд. М., 1958.
2. Минеральный состав и агломерация железосодержащих металлургических шламов / Иванченко В.В., Котляр М.И., Шатоха В.И. и др. Кривой Рог, 2007.
3. Иванченко В.В., Кекух А.В., Оторвин П.И. и др. Нерудные минералы в металлургических шламах ОАО «КГМК «Миттал Стіл Кривой Рог» // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2004. № 3. С. 17–22.
4. Филенко В.В., Тырышкина С.Н., Иванченко В.В. и др. Состав и технологические свойства металлургических шламов ОАО «Криворожсталь» // Геол.-минерал. вісн. 2005. № 2. С. 109–113.

**GENESIS OF RHYTHMICAL BEDDING  
IN TECHNOGENETIC RAW MATERIALS DISPERSED SEDIMENTS**

**T. Nesterenko**

*Kryvyi Rih Technical University  
Pushkina St. 44, UA – 50002 Kryvyi Rih, Ukraine  
E-mail: evtekhov@mail.ru*

The petrological features of slime deposits and reasons of their structurally-texture heterogeneity origin have been characterized.

*Key words:* metallurgical slimes, structure, texture, bedding, porosity.

Стаття надійшла до редколегії 11.03.2008

Прийнята до друку 30.10.2008