

Установлено, что окислительная термообработка углеродсодержащих отходов приводит к усреднению минерально-фазового состава, что имеет важное значение в технологии получения строительных материалов.

Полученные данные позволили уточнить технологические характеристики объектов и дать прогнозную технологическую оценку свойств сопутствующих пород и вышеназванных отходов для переработки их в полезные продукты.

Библиографический список

1. **Надмолекулярная** организация, структура и свойства угля / В.И.Саранчук, А.Т.Айруни, К.Е.Ковалев. — Киев: Наук.думка, 1988. — 192 с.
2. **Гагарин С.Г., Королев Ю.М.** Преобразование рентгенофазовой структуры органической массы угля в ряду регионального метаморфизма // Кокс и химия, 1994. — № 11. — С. 2–6.
3. **Херблат Н., Клейн К.** Минералогия по системе ДЭНа. — М.: Недра, 1982. — 728 с.
4. **Миковский А.В.** Минералогия и петрография. — М.: Недра, 1973. — 367 с.
5. **Минералогия** Донецкого бассейна / Е.К.Лазаренко, Б.С.Панов, В.И.Павлишин. — Киев: Наук.думка, 1975. — Ч.1 и Ч.2 — 254 с. и 502 с.

© Шендрик Т.Г., Пащенко Л.В., Кудряшов А.Н., Пащенко А.В., 2004

УДК 553.31:549.3 (477.63)

Докт. геол.-мінер. наук ЄВТЄХОВ В.Д., інж. ФЕДОРОВА І.А. (Криворізький технічний університет)

МІНЕРАЛОГІЯ ТЕХНОГЕННИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПОКЛАДІВ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Криворізький басейн є основним виробником залізорудної сировини в Україні. У поточний час тут працює 17 гірничовидобувних підприємств, у тому числі 12 шахт і 5 гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗКів). В процесі видобутку і переробки залізних руд за більш ніж 100 років накопичені значні об'єми розкривних порід у відвалах і відходів збагачення (хвостів) у хвостосховищах. Останні, загальний об'єм яких у шести хвостосховищах ГЗКів Кривбасу, за різними оцінками, складає від 4 до 6 млрд. т. твердої фракції, у поточний час активно вивчаються як техногенна залізорудна сировина [1, 2, 3].

Всі хвостосховища Кривбасу відносять до комбінованих рівнинно-балочних. За способом спорудження вони спочатку мали характерні риси хвостосховищ гребельного типу, але останнім часом у зв'язку з переповненням і нарощуванням дамб набули ознак хвостосховищ поступової надбудови. В залежності від рельєфу місцевості хвостосховища Кривбасу відносять до комбінованих рівнинно-балочного типу. Виключенням є рівнинного типу хвостосховище ІнГЗКу. Всі хвостосховища мають перший клас капітальності, тобто відносяться до особливо відповідальних гідротехнічних споруд [3–5].

Заповнення хвостосховищ усіх ГЗКів Кривбасу відходами збагачення (так звані, лежалі хвости) виконується за допомогою пульпопроводів, по яких відходи збагачення (так звані, текучі хвости) транспортуються об'єднаним потоком з усієї збагачувальної фабрики. Текучі хвости мають вигляд суспензій моно-, бі- та полімінеральних часток у воді, вміст твердої фракції складає 4–6 мас. %. Переважний розмір часток коливається від 0,001 до 3–5 мм.

Мінералогічні дослідження дозволили виявити ряд загальних закономірностей у зміні мінерального складу лежалих хвостів. В цілому для родовищ Кривбасу він,

головним чином, залежить від мінерального складу, кількості і просторових відношень в рудах кристалів магнетиту, залізної слюдки та інших мінеральних фаз, ступеню розкриття магнетиту і залізної слюдки та інших показників, які тісно пов'язані з мінералогічними показниками руд відповідних родовищ. Значну роль відіграє також ефективність роботи збагачувального обладнання.

Різний ступінь метаморфізму залізних руд [6, 7] і різне проявлення в них епігенетичних гідротермально-метасоматичних процесів [8, 9] є головною причиною коливань складу нерудного компоненту хвостів. Тобто, в залежності від мінерального складу вихідної залізородної сировини, спостерігається чітка **регіональна мінералогічна зональність** хвостів Кривбасу. У напрямку з півночі (Північний ГЗК) і з півдня (Інгулецький ГЗК) до центральної частини басейну закономірно зменшується вміст у хвостах амфіболів, піроксенів, біотиту і гранату та зростає вміст карбонатів і хлориту (табл. 1). Дещо зменшується також вміст рудних мінералів — магнетиту і гематиту. Це компенсується помітним підвищенням кількості кварцу.

Табл. 1. Середній мінеральний склад (об'ємн.%) відходів збагачення бідних магнетитових руд гірничо-збагачувальних комбінатів Криворізького басейну

Мінерали	Гірничозбагачувальні комбінати				
	Інгулецький	Південний	Новокриворізький	Центральний	Північний
кварц	59,83	64,75	63,29	62,18	59,01
магнетит	7,91	5,87	6,03	6,69	7,25
в т.ч. розкритий	2,64	2,49	2,92	3,37	3,88
гематит	7,15	6,13	5,72	7,93	7,64
в т.ч. розкритий	3,11	2,43	2,25	3,95	4,09
гетит + лепідокрокит	0,18	0,09	0,11	0,30	0,13
гранат	1,82	0,02	0,11	0,54	1,33
кумінгтоніт	8,58	2,59	4,18	5,89	9,66
рибекіт, магнезіо-рибекіт	0,79	0,01	0,34	1,98	5,57
егірін	0,20	0,00	0,00	0,42	1,50
біотит	2,04	0,62	1,72	0,95	2,31
тетраферибіотит	0,00	0,00	0,00	0,04	0,33
Fe-тальк	0,42	0,14	0,52	0,23	0,48
селадоніт	1,58	0,03	0,09	0,15	0,49
стильпномелан	1,24	0,06	0,13	0,22	0,83
хлорит	4,97	14,52	12,92	8,74	1,25
карбонати	1,86	4,28	3,85	2,55	0,92
пірит	0,52	0,24	0,28	0,60	0,31
піротин	0,16	0,07	0,08	0,11	0,06
інші мінерали	0,75	0,58	0,63	1,06	0,93
Всього	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

В межах кожного окремого хвостосховища спостерігається **вертикальна мінералогічна зональність**. Формування її пов'язане, головним чином, зі зміною в процесі експлуатації родовищ мінерального складу залізних руд.

Головними причинами цього є: 1) зменшення з поглибленням кар'єру вмісту в складі залізородної сировині гіпергенно змінених залізних руд; 2) поступовий перехід до нових рудних покладів або нових їх частин у процесі експлуатації родовища;

3) залучення до розробки нових родовищ (наприклад, на Північному ГЗКу — Ганнівського, на Центральному — Петровського і Артемівського, на Новокриворізькому — Валявкінського).

Для кожного хвостосховища характерна також **горизонтальна мінералогічна зональність**, формування якої обумовлене, головним чином, динамікою осадження відходів збагачення руд. Фактори, які впливають на цей процес, вивчені відносно слабо. Їх сумарний вплив визначає закономірне зменшення у напрямку від дамби до центру хвостосховищ вмісту крупнозернистої складової хвостів і кількості розкритих часток магнетиту і залізної слюдки (табл. 2).

Табл.2. Мінеральний склад (об'ємн.%) текучих і лежалих хвостів хвостосховища Північного гірничозбагачувального комбінату

Мінерали	Текучі хвости	Лежалі хвости	
		придамбових частин	центральных частин
кварц	59,01	56,19	60,84
<u>магнетит</u> в т.ч. розкритий	<u>7,25</u> 3,88	<u>20,43</u> 11,92	<u>3,96</u> 1,60
<u>гематит</u> в т.ч. розкритий	<u>7,64</u> 4,09	<u>9,70</u> 5,65	<u>6,63</u> 6,19
гетит + лепідокрокит	0,13	0,11	0,13
гранат	1,33	1,25	0,73
кумінгтоніт	9,66	5,02	10,82
рибекіт, магнезіорибекіт	5,57	3,03	6,21
егірин	1,50	0,72	1,7
біотит	2,31	1,17	2,58
тетраферибіотит	0,33	0,10	0,39
Fe-тальк	0,48	0,15	0,56
селадоніт	0,49	0,18	0,57
стильпомелан	0,83	0,20	0,98
хлорит	1,25	0,29	1,49
карбонати	0,92	0,18	1,11
пірит	0,31	0,46	0,27
піротин	0,06	0,10	0,05
інші мінерали	0,93	0,72	0,98
Всього	100,00	100,00	100,00

Наслідком цього є утворення в придамбових частинах хвостосховищ вторинних концентрацій рудних мінералів (магнетиту до 12–15% від об'єму хвостів, гематиту — до 15–20%), які за своїми якісними показниками можуть розглядатися як високоякісна техногенна залізородна сировина [1–5, 10]. За попередніми підрахунками, об'єм техногенних рудних покладів для різних хвостосховищ складає від 15 до 25% від їх загального об'єму.

Певну роль у формуванні вертикальної і горизонтальної мінералогічної зональності хвостосховищ відіграють техногенні фактори, в першу чергу — періодичність зміни місцезнаходження хвостозливних труб. Вони обумовлюють більш тонкі варіації мінерального складу хвостів.

Авторами були виконані дослідження мінерального складу понад 60 проб лежалих хвостів ПнГЗКу з використанням традиційного мікроскопічного, а також диференційного термічного і рентгеноструктурного методів. Це дозволило виявити у їх складі 25 мінералів і мінеральних різновидів. Тонкозернистий матеріал хвостів (кру-

пність часток менше 0,16 мм) складається, переважно, з переподрібненого кварцу, силікатів (талък, Fe-талък, рипідоліт, біотит, тетраферибіотит, тюрингіт, вермикуліт, монтморилоніт, амфіболи і піроксени), карбонатів (кальцит, сидерит, сидероплезит, гідросидероплезит), сульфатів (язозит), сульфідів (пірит, пірротин). Рудні мінерали в цьому матеріалі представлені, переважно, мономінеральними частками магнетиту і залізної слюдки. В більш крупнозернистому матеріалі (понад 0,16 мм) переважають полімінеральні частки. До їх складу входять, головним чином, оксиди (кварц, меншою мірою магнетит, залізна слюдка) і силікати (кумінгтоніт, рибекіт, магнезіорибекіт, глаукофан, актиноліт, егірін).

Результати топомінералогічних досліджень хвостосховищ Кривбасу є основою їх оцінки як техногенних родовищ і можуть бути використані при розробці ефективної технології повторного збагачення хвостів з метою одержання високоякісного залізородного концентрату [11, 12], будівельних матеріалів, декількох різновидів неметалічної мінеральної сировини, а також рідкісних і благородних металів.

Бібліографічний список

1. **Барышников В.Г., Горелов А.М., Папков Г.И. и др.** Вторичные материальные ресурсы черной металлургии. Т. 2. Шлаки, шламы, отходы обогащения железных и марганцевых руд, отходы коксохимической промышленности, железный купорос. — Москва: Экономика, 1986. — 344 с.
2. **Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В.** Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна. — Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1999. — 70 с.
3. **Федоров И.С., Захаров М.Н.** Складирование отходов рудообогашения. — Москва: Недра, 1985. — 228 с.
4. **Евдокимов П.Д.** Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик. — Москва: Госгортехиздат, 1960. — 420 с.
5. **Евтехов В.Д., Федорова И.А.** Гранулометрический состав отходов обогащения Северного горнообогатительного комбината Криворожского бассейна // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету, 2001. — №1. — С. 38–46.
6. **Белевцев Р.Я., Бељев О.Я., Ветренников В.В. и др.** Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Метаморфизм. — Киев: Наукова думка, 1989. — 148 с.
7. **Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др.** Геология криворожских железорудных месторождений. — Киев: Изд. АН УССР, 1962. — Т.1. — 487 с.
8. **Евтехов В.Д., Зарайский Г.П., Балашов В.Н., Валеев О.К.** Экспериментальное исследование натриевого метасоматоза в железистых кварцитах докембрия / Метасоматиты докембрия и их рудоносность. — Москва: Наука, 1989. — С. 248–259.
9. **Елисеев Н.И., Никольский А.П., Кушев В.Г.** Метасоматиты Криворожского рудного пояса / Труды Лаборатории геологии докембрия АН СССР. — Москва-Ленинград: Изд. АН СССР, 1961. — Вып. 13. — 204 с.
10. **Одинцов Б.Н.** Вторичные продукты горнообогатительных комбинатов Кривбасса — ценное строительное сырье // Разведка и охрана недр, 1976. — №3. — С. 27–31.
11. **Коц Г.А., Чернопятов С.Ф., Шманенков И.В.** Технологическое опробование и картирование месторождений. — Москва: Недра, 1980. — 288 с.
12. **Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин И.В., Тарасенко В.Н.** Технологическая минералогия железных руд. — Ленинград: Наука, 1988. — 302 с.

© Евтехов В.Д., Федорова И.А., 2004