

рождений от мелких и средних хорошо видны из таблицы. Крупное золоторудное Майское месторождение, расположенное на Чукотке в России, по сравнению со средним и мелким, расположенными также на Чукотке, характеризуется более высокими показателями: комплексным составом, размерами ореолов золота, удельной продуктивностью, коэффициентом вариации, суммарными коэффициентами концентрации, отношением суммы низкокларковых х. э. к сумме основных элементов-индикаторов.

Таким образом, региональный характер АГХП и рассмотренный выше комплекс геохимических критериев являются важными во время прогнозирования площадей с уникальным минерогенетическим потенциалом, а, следовательно, месторождений-гигантов. Поэтому однозначно важна роль региональных работ масштаба 1 : 200 000 - 1 : 1 000 000, позволяющих выявлять АГХП уникальных и крупных месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников Л.Н. Прогноз рудных месторождений. - М.: Недра, 1992 - 309 с.
2. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходарковский И.Л. Справочник термодинамических величин. - М.: Атомиздат, 1971. - 239 с.

УДК 553.31:622.7

В.Г. ГУБИНА

## ОСОБЛИВОСТІ РЕЧОВОГО СКЛАДУ ТА РОЗПОДІЛ РЕЧОВИНИ У ХВОСТОСХОВИЩАХ ГЗК КРИВБАСУ

*Наведені результати дослідження речового, гранулометричного складу та особливостей розподілу відходів збагачення у хвостосховищах гірничозбагачувальних комбінатів Кривбасу. Показано, що поточні відходи збагачення переважно належать до дрібного класу крупності, лежали, відібрані у верхній частині хвостосховища - крупного. Масова частка заліза лежалих відходів має підвищене значення у фракції -0,071 мм; в поточних відходах масова частка має менше значення. В електромагнітних фракціях концентруються рідкісноземельні елементи. В процесі накопичення відходів збагачення у хвостосховищах здійснюється утворення збагачених залізом ділянок.*

#### ВСТУП

Збагачення залізистих кварцитів супроводжується великою кількістю відходів. Вихід їх для магнетитових кварцитів складає 53-65 %. Відходи збагачення представляють собою суміш технічної рідини та твердої частини: на 90-95 % рідини припадає 5-10 % твердої речовини. При цьому тверда фаза на 70-90 % складається з часток розміром < 0,005 мм. Крім цього у хвостосховища скидається шахтна вода з середньою мінералізацією 40 г/л. Проблема збільшується через те, що всі хвостосховища Кривбасу розташовані в природних балках, які не мають екранувального ложа, отже частина рідини потрапляє в підземні горизонти з прісною водою, якими живляться річки і на яких споруджені водосховища питного постачання.

За 50 років роботи гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК) у хвостосховищах Криворізького басейну накопичено близько 3,0 млрд м<sup>3</sup> відходів збагачення залізистих кварцитів, загальна маса яких складає 4,0-6 млрд т, що складає 40 % площі, порушеної гірничими роботами. Крім відходів збагачення

#### РЕЗЮМЕ

За результатами досліджень автори дійшли висновку, що рудні об'єкти можна виявляти за наявності певних критеріїв - аномальних геохімічних полів і особливостей, що генетично пов'язані з ними, важливо також враховувати розмір, структуру, зональність, присутність елементів-індикаторів, значення варіаційних коефіцієнтів тощо.

#### SUMMARY

As a result of research it was established that high-resource ore objects can be revealed from the existence of anomalous geochemical fields and characteristics genetically related to them: considerable size, contrasting structure of zonality, complex composition with mostly increasing role of low-clarke elements-indicators, high values of variation coefficients and others.

*Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), г. Москва  
e-mail: golovin@imgre.ru*

ня в хвостосховищах акумульовано 0,5 млрд м<sup>3</sup> води. Вони займають загальну площу 7-10 тис. га. Вважається, що з відходами збагачення щорічно втрачається ~ 25 % заліза, серед якого 14-26 заліза загального і 5-10 % заліза, пов'язаного з магнетитом. Разом з кар'єрами хвостосховища викидають у повітря до 1 млн т поллютантів. Фільтрація води з хвостосховищ складає 15 млн м<sup>3</sup> на рік.

Нині криворізькі ГЗК складають відходи збагачення у шести хвостосховищах: балка Петрикова (Північний ГЗК), Войкове (Південний ГЗК), Об'єднане (Південний ГЗК та ГЗК Арселор Міттал Стіл), Мироліувівське (ГЗК Арселор Міттал Стіл), балка Лозоватка (Центральний ГЗК), хвостосховище Інгулецького ГЗК.

Метою даної роботи є аналіз речового складу та розподілу в хвостосховищах відходів збагачення залізистих кварцитів гірничозбагачувальних комбінатів Криворізького басейну.

Попередніми роботами, проведеними на хвостосховищах Північного, Центрального та Інгулецького комбінатів встановлено, що на придамбових ділян-

ках хвостосховищ (безпосередньо біля хвостозливних труб) накопичується крупнозернистий матеріал - від 3-4 до 0,2 - 0,3 мм, зростки магнетиту та гематиту з нерудними мінералами та дрібні мономінеральні частки магнетиту та гематиту [1, 2].

Формуванню збагаченій залізом ділянці у хвостосховищі сприяє значний розмір хвостосховища і подавання пульпи з меншої кількості пульпопроводів. У такому випадку утворюється ділянка, у межах якої значення масової частки заліза наближується до його значення у кар'єрі. Наприклад, в хвостосховищі Центрального ГЗК збагачена залізом ділянка утворилась вздовж дамби центрального пульпопроводу в придонній частині хвостосховища [2-4]. Аналіз розподілу за-

ліза в ємності хвостосховища показав, що вздовж центральної дамби пульпопроводу масова частка заліза зменшується з віддаленням точки опробування від першочергового положення пульпопроводу, а в хрест розташування дамби зменшення масової частки заліза з віддаленням від дамби не простежується. Навпаки, в деяких точках опробування вона підвищується, що можна пояснити виносом заліза, яке зосереджене в дрібних фракціях, а також технологічними режимами роботи збагачувальних фабрик.

Порівняння даних відділу технічного контролю ГЗК та результатів опробування поточних відходів збагачення щодо вмісту заліза загального та магнетитового з даними опробування лежалих відходів збагачення

Таблиця 1. Гранулометричний склад поточних відходів збагачення, ваг. %

ГЗК	Фракції, мм			
	-0,25	-0,25+0,125	-0,125+0,071	-0,071
Північний, п	0,01	0,09	2,56	97,34
Центральний, II, п.	4,64	10,22	24,85	60,30
Центральний, III, п.	1,81	5,28	17,45	75,55
Північний, л.	49,75	24,25	13,79	12,27
ГЗК "Міттал Стіл"	3,87	9,99	19,11	67,03
Південний	3,75	9,00	14,78	72,48
Інгулецький	0,58	0,68	2,79	95,96

Примітка. Тут і у табл. 2: п. — поточні відходи збагачення, л. — лежалі відходи збагачення; Центральний II, III — друга, третя черги комбінату

Таблиця 2. Хімічний склад відходів збагачення, ваг. %

Фракції, мм	Fe заг.	Ca	Mg	Mn
Північний, л. заг.	19,2	1,1	1,3	0,02
Північний, л. > 0,25	11,5	1	1,3	0,016
Північний, л. (0,25-0,125)	21,0	1,4	1,3	0,024
Північний, л. (0,125-0,071)	27,0	1,2	1,3	0,026
Північний, л. < 0,071	38,0	0,8	1,2	0,022
Північний, л. (тонкозерн.)	14,0	1,4	2,2	0,036
Північний, п., вих.-вал	15,0	1,7	3,4	0,05
Північний, п. (0,125-0,071)	8,9	1,4	2,1	0,029
Північний, п. < 0,071	14,0	1,8	3,4	0,044
Північний, п. (тонкозерн.)	11,9	2,0	4,0	0,057
Центральний, II, п., вих.	12,6	0,8	1,6	0,046
Центральний, II, п. > 0,25	9,4	0,5	1,2	0,038
Центральний, II, п. (0,25+0,125)	10,0	0,6	1,3	0,040
Центральний, II, п. (0,125+0,071)	9,8	0,8	1,3	0,037
Центральний, II, п. < 0,071	14,5	0,9	1,8	0,052
Центральний, II, п. (-0,03)	13,6	0,9	2,0	0,066
Центральний, III, п. (-0,03)	14,1	1,1	2,9	0,078
Новокриворізький, п. (-0,03)	11,0	1,8	3,4	0,076
Південний, п. (-0,03)	9,5	2,3	4,8	0,083

показало, що масова частка заліза в останніх вища [5].

Нами були проаналізовані поточні відходи збагачення, відібрані за схемами, які прийняті на збагачувальних фабриках ГЗК для контролю якості концентрату та відходів протягом одного-двох місяців роботи всіх ГЗК Кривбасу, а також лежали відходи збагачення Північного ГЗК, відібрані у верхній частині хвостосховища біля дамби. Гранулометричний склад вихідних відходів наведений у табл. 1, з якої видно, що поточні відходи збагачення на

60-97 % представлені класом  $-0,071$  мм, а в лежалих, відібраних у верхній частині хвостосховища різко зростає частка крупних класів.

Хімічний склад відходів збагачення, розподілених за класами крупності, наведений у табл. 2, з якої видно, що найбільше значення вмісту заліза визначено у фракції  $< 0,071$  мм лежалих відходів збагачення, відібраних у верхній частині хвостосховища, воно сягає 38 %. Це підтверджує думку про накопичення заліза в місцях випуску пульпи.

Таблиця 3. Мікрокомпонентний склад лежалих відходів збагачення Північного ГЗК, г/т

Елемент	Вихідні відходи збагачення	Магн.	Е/магн.-1	Е/магн.-2	Е/магн.-3	Не/е. магн.
Mn	450	400	400	500	400	200
Co	Сліди	2	2	1	3	3
Mo	Сліди	Сліди	1	1	Сліди	Сліди
Cu	18	10	10	10	10	10
Pb	2	3	3	2	5	3
Zn	18	40	50	40	80	80
Cd	Сліди	1	1	1	1	1
P	Сліди	600	500	300	500	1000
Ag	1	1	1	1	1	1
Ge	4	6	8	8	5	Сліди
Ce	67	Сліди	200	200	100	300
La	100	Сліди	100	100	100	100
Y	10	8	6	8	6	8
Yb	1	1	1	1	1	1
$\Sigma$ TR	178	9	307	309	207	409

Таблиця 4. Мікрокомпонентний склад поточних відходів збагачення Північного ГЗК, г/т

Елемент	Вихідні відходи збагачення	Магн.	Е/магн.-1	Е/магн.-2	Е/магн.-3	Не/е. магн.
		175	450	300	400	80
Co	8	0	5	7	6	9
Mo	1	Сліди	1	1	Сліди	2
Cu	23	20	20	22	20	25
Pb	9	3,5	3	1	3	2
Zn	Сліди	150	Сліди	Сліди	Сліди	Сліди
Cd	"	Сліди	"	"	"	"
P	470	300	400	400	300	1000
Ag	1	1	1	1	Сліди	Сліди
Ge	5	4	3	3	2	"
Ce	100	Сліди	200	125	Сліди	225
La	68	55	200	90	60	65
Y	29	15	25	15	20	35
Yb	3	1	2	2	2	2
$\Sigma$ TR	200	71	427	232	82	327

Примітка. Фракції електромагнітного розподілу за різної напруги магнітного поля: магн. — магнітна, е/магнітна — 1, 2, 3 — перша, друга та третя електромагнітні відповідно, не/е.магн. — неелектромагнітна. Мінеральний склад магнітної та немагнітних фракцій відходів збагачення, визначений за допомогою фазового рентгенівського аналізу на дифрактометрі "Дрон-2", наведений у табл. 5

Таблиця 5. Мінеральний склад відходів збагачення ГЗК Кривбасу за фракціями

Фракція				Мінерали			
				ГЗК			
	Північний поточні	Північний лежалі	Центральний II	Центральний III	Новокриво-різький	Південний	Інгулецький
Магнітна	<u>Кварц</u> <u>Магнетит</u> Сліди: гематит, крокічасткит (кумінгтоніт), доломіт	<u>Кварц</u> <u>Магнетит</u> <u>Гематит</u> Сліди: доломіт, крокічасткит (кумінгтоніт)	<u>Кварц</u> <u>Магнетит</u> <u>Гематит</u> Сліди: крокічасткит (кумінгтоніт)	<u>Кварц</u> <u>Магнетит</u> <u>крокічасткит</u> <u>(кумінгтоніт)</u> Сліди: гематит, клінохлор	<u>Кварц, гематит, магнетит, крокічасткит (кумінгтоніт), хлорити</u> Сліди: пірит, аміант, тальк	<u>Кварц, магнетит</u> Сліди: гематит, крокічасткит (кумінгтоніт), доломіт, ПШ	<u>Магнетит, кварц</u> Сліди: гематит, антофіліт, (кумінгтоніт), доломіт, ПШ, серицит, аміант, дістен
Крупнозерниста немагнітна (+0,03 мм), з питомою щільністю < 2,9 г/см <sup>3</sup>	—	<u>Кварц</u> <u>Гематит</u> Сліди: доломіт, крокічасткит (кумінгтоніт), магнетит, хлорит	<u>Кварц, гематит</u> Сліди: серицит, крокічасткит (кумінгтоніт), ПШ, хлорит, аміант, стільпномелан	<u>Кварц, гематит</u> Сліди: крокічасткит (кумінгтоніт), ПШ, хлорит, аміант, монтморилоніт	<u>Кварц, гематит</u> Сліди: серицит, крокічасткит (кумінгтоніт), ПШ, хлорит, доломіт, аміант, (тальк)	<u>Кварц, гематит, доломіт, крокічасткит (кумінгтоніт)</u> Сліди: хлорити, ПШ	<u>Кварц, гематит, доломіт, крокічасткит, (кумінгтоніт)</u> Сліди: хлорити, ПШ
Тонкозерниста немагнітна (-0,03 мм)	<u>Кварц, гематит, серицит, кумінгтоніт, сапоніт, хлорити, кальцит, доломіт</u> Сліди: аміант, монтморилоніт, (тальк)	<u>Кварц, гематит, аміант, доломіт</u> Сліди: серицит, хлорит, магнетит, сапоніт, актиноліт, (тальк)	<u>Кварц, хлорит, гематит, кумінгтоніт, стільпно-мелан</u> Сліди: аміант, доломіт, серицит, рибекіт, сидерит	<u>Кварц, хлорит, гематит, актиноліт, стільпномелан</u> Сліди: доломіт, серицит, монтмо-рилоніт, сидерит	<u>Кварц, гематит, серицит, кумінгтоніт, хлорит, аміант, доломіт</u> Сліди: крокідо-літ, сидерит	<u>Кварц, кумінгтоніт, доломіт</u> Сліди: тальк, гематит, хлорит, магнетит	<u>Кварц, доломіт, серицит, кумінгтоніт</u> Сліди: гематит, хлорит, ПШ
Електромагнітна	<u>Кварц</u> <u>Гематит</u>	<u>Кварц, гематит, доломіт</u> Сліди: аміант, пірит, ПШ, сапоніт, тальк	<u>Кварц, магнетит, гематит</u> Сліди: кумінгтоніт, хлорит	<u>Кварц, пірит, гематит</u> Сліди: кумінгтоніт, сидерит, силіманіт, тальк, кальцит, апатит	<u>Кварц, доломіт, гематит</u> Сліди: кумінгтоніт, серицит, пірит, сидерит, аміант	<u>Кварц, доломіт, гематит</u> Сліди: пірит, Mn-кальцит	<u>Кварц, кумінгтоніт, доломіт</u> Сліди: гематит, пірит, серицит

В поточних відходах збагачення масова частка заліза загального не перевищує 14 %.

Вихідні відходи збагачення ми розподілили на різні фракції в магнітних і гравітаційних полях і в результаті отримали різні за фізичними властивостями фракції.

Проведений аналіз мікрокомпонентного складу показав, що в електромагнітних фракціях Північного ГЗК концентруються церій, лантан, ітрій, ітербій. Найбільшого значення масова частка TR набуває в неелектромагнітній фракції у лежалих відходах збагачення і електромагнітній -1 за найменшої напруги магнітного поля в поточних відходах, що видно з табл. 3, 4. Підвищених значень концентрації германію у відходах збагачення Північного та інших ГЗК ми не спостерігаємо. Це підтверджує тезу про перерозподіл германію в залізистий концентрат під час збагачення залізистих кварцитів всіх комбінатів.

### ВИСНОВКИ

Отже, можна дійти таких висновків.

- Поточні відходи збагачення, складені переважно зернами дрібного класу крупності -0,071 мм; лежалі відходи, відібрані у верхній частині хвостосховища - крупним класом -0,25 мм.
- Масова частка заліза лежалих відходів має підвищене значення - до 38 % у фракції -0,071 мм; в поточних відходах масова частка в окремих класах крупності не перевищує 14 %.
- В електромагнітних фракціях концентруються рідкісноземельні елементи, сумарний вміст перевищує 300 г/т.
- У процесі накопичення відходів збагачення у хвостосховищах здійснюється концентрація заліза в дрібних фракціях і утворення збагачених залізом ділянок.
- Утворенню збагачених залізом ділянок сприяють більші розміри хвостосховища і подача пульпи з меншої кількості пульпопроводів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Казак В.М., Борисенко В.Г., Губина В.Г. Умовия образования, особенности изучения, оценки техногенных месторождений хвостов обогащения железистых кварцитов // Тез. докл. "Охрана недр и комплексное использование сырья в железорудной промышленности". - М., 1989. - С. 59.
2. Губина В.Г. Распределение железа в техногенном месторождении Центрального ГОКа по данным математического моделирования // Сб. научн.

труд. Механобрчермет "Новое в технологии, технике и экономике переработки минерального сырья". Ч. 2. - Кривой Рог, 1998. - С. 87-97.

3. Евтехов В.Д., Федорова И.А. Топоминералогия отходов обогащения бедных железных руд Кривбасса как техногенного железорудного сырья // Геол.-минерал. вісник. - Кривий Ріг, 2001. - № 2. - С. 81-86.

4. Евтехов В.Д., Грицай Е.Ю., Паранько И.С. и др. Минералогические особенности и обогатимость лежалых хвостов Ингулецкого горно-обогатительного комбината // Там само. - 2004. - № 2. - С. 74-77.

5. Губина В.Г. Изменение вещественного состава и свойств вторичного железосиликатного сырья техногенных месторождений // Обогащение руд. - Днепропетровск, 1991. - С. 92-97.

### РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований вещественного, гранулометрического состава и особенностей распределения отходов обогащения железистых кварцитов в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов Кривбасса. Показано, что поточные отходы обогащения преимущественно представлены мелким классом крупности, лежалые, отобраные в верхней части хвостохранилища - крупным. Массовая часть железа лежалых отходов имеет повышенное значение во фракции -0,071 мм, в поточных - массовая доля железа ниже. В электромагнитных фракциях концентрируются редкоземельные элементы. В процессе накопления отходов обогащения происходит формирование обогащенных железом участков.

### SUMMARY

The investigation data about material and granulometric constitution and the distribution of iron tails in the tailing dumps of Kryvbass ore dressing and processing enterprise is represented. It's shown that the flow tails are introduced by small fractions, but the stale tails from the top of tailing dumps are coarse fractions. The most iron content in stale tails is in the fraction of -0.071 mm, but stale tails have low iron content. Rare earths are concentrated in electromagnetic fractions. Concentrated by iron sections are formed during accumulation tails.

*Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, м. Київ  
e-mail: etn@rambler.ru*

УДК 550.4

Е.Я. ЖОВИНСЬКИЙ, Н.О. КРЮЧЕНКО

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПОШУКОВОЇ ГЕОХІМІЇ

*Розглянуто ступінь ефективності геохімічних методів і представлені напрями подальших досліджень для розвитку пошукової геохімії.*

Геохімічні методи пошуків корисних копалин були широко застосовані на території України в 50-70 рр. ХХ ст. Вони базуються на дослідженнях В.І. Вернадського, В.М. Гольдшміда, О.С. Ферсмана, О.П. Виноградова та ін.

На той час висока ефективність використання лі-

тогеохімічних пошуків за первинними та вторинними механічними ореолами розсіювання була обумовлена відкриттям більшості родовищ, розташованих поблизу земної поверхні. Але за умов сучасного високого антропогенного навантаження та переходу до пошуків корисних копалин глибинного за-