

УДК 553.31 : 622.7 (477.63)

Федорова И.А., Евтехов В.Д.

Гранулометрический состав отходов обогащения Северного горнообогатительного комбината Криворожского бассейна

Рассмотрено распределение твердой составляющей отходов обогатительных фабрик Северного горно-обогатительного комбината по гранулометрическим фракциям. Выявлено закономерное снижение выходов гранулометрических классов от наиболее мелких (0–0,05 мм) к имеющим максимальную крупность (более 1,0 мм). Охарактеризовано распределение частиц разного размера по поверхности пляжевых отложений шламохранилища.

В Криворожском бассейне в процессе добычи и переработки железных руд накоплены значительные объемы вскрышных пород и отходов обогащения (шламов, хвостов обогащения) [4, 6]. Количество последних, по разным оценкам, составляет от 5 до 8 млрд. т., шламохранилищами занято до 10 тыс. га земельных угодий. Под отвалами, сложенными вскрышными породами, занята площадь более 5 тыс. га, на которой сосредоточено более 3 млрд. м³ горной массы. Кроме выведения из хозяйственного оборота огромных земельных площадей отвалы и шламохранилища оказывают долговременное негативное влияние на окружающую среду, здоровье людей. Решению этих проблем не способствуют проводящиеся пока в недостаточных масштабах рекультивация отвалов и шламохранилищ и утилизация отходов горного производства и обогащения железных руд.

Неоднократно предпринимавшиеся попытки разработки технологий использования шламов как техногенного минерального сырья до последнего времени не имели заметного успеха из-за недостаточного изучения фундаментальных вопросов: минерального состава отходов обогащения, характера срастания в них рудных и нерудных минералов, особенностей техногенного минералогенеза в шламохранилищах и пр. Кроме того, в ранее выполненных работах недостаточно обосновывалось комплексное использование отходов обогащения, которое способно обеспечить наиболее эффективное решение связанных с этим минерально-сырьевых, экономических, экологических и других проблем.

Одним из крупнейших в Кривбассе является шламохранилище Северного горно-обогатительного комбината (СевГОКа) – основной объект исследований авторов – расположенное в правобережной части поймы реки Саксагань в 1 км к востоку от рудообогатительной фабрики № 1 (РОФ-1). Его длина 6,25 км, ширина 3,75 км, средняя глубина 12,5 м, максимальная глубина 50 м, площадь 1750 га, количество шламовых отходов около 1 млрд. т. В шламохранилище накапливаются продукты переработки железистых кварцитов, поступающих на обогатительные

фабрики комбината из двух месторождений – Первомайского и Анновского.

В пределах продуктивных и вмещающих толщ названных месторождений обнаружены около 20 видов полезных ископаемых. Из металлических наибольший интерес представляют скандий, ванадий, германий, золото, цирконий, иттрий, бериллий, литий, платина и платиноиды, вольфрам, молибден, медь, титан, хром, никель. К наиболее перспективным неметаллическим полезным ископаемым относятся тальк, гранат, мусковит, мрамор, гранит, полевой шпат, кварц, песок, глина, известняк, охра, сурик и др. [3]. Часть из них попадает в ходе добычи железных руд в подаваемую на обогатительную фабрику рудную массу, а в процессе обогащения руд – в шламы. Как следствие, в последних накапливаются промышленные и близкие к ним концентрации скандия, ванадия, золота, серебра и других металлов. В качестве ценного неметаллического сырья шламы можно использовать для производства гранатового, кварцевого, мусковит-биотитового, пироксен-амфиболового и других концентратов. Перспективным является получение из отходов обогащения высококачественных железорудных концентратов (66-68 мас.% железа) и суперконцентратов (69-71 мас.% железа).

Для разработки технологий использования отходов обогащения необходимо создание минералогической модели шламоохранилища, основанной на результатах изучения минерального, химического, гранулометрического состава шламов. Исследование последнего является целью настоящей работы.

Твердая фаза шламов представлена смесью минеральных частиц, размер которых изменяется от долей микрометра до 1-2 и более мм. Ранее выполненные исследования показали, что в распределении частиц разной крупности в объеме шламоохранилища существуют устойчивые закономерности [1, 2, 5]. Для пляжевых отложений одного гипсометрического горизонта шламоохранилища вследствие механической дифференциации материала при его осаждении характерно изменение по направлению от гребня дамбы к центру пруда гранулометрического состава отложений от крупнозернистых песков (иногда гравия) до пылеватых супесей и суглинков. Наблюдаются и нарушения этой закономерности. Например, вследствие больших расстояний между шламосливными трубами материал мелких фракций может откладываться в непосредственной близости от гребня дамбы. Чем чаще расположены трубы, и чем равномернее они подключаются к работе, тем более упорядоченным является фракционирование материала в направлении от гребня к пруду. Кроме того, на перераспределение материала в шламоохранилище оказывают влияние также плотность минералов, входящих в состав частиц измельченного материала, направление и сила течения шламового потока, ветровая эрозия и другие факторы.

Исходными для исследований явились пробы, отобранные из пляжевых отложений шламоохранилища СевГОКа по 20 профилям, ориен-

тированным от гребня дамбы к центру пруда (рис. 1). Расстояние между профилями составляло 50-60 м; протяженность профилей, в зависимости от расстояния между дамбой и урезом пруда, изменялась от 350 до 550 м; общая площадь территории отбора проб составила около 450 тыс. м². В одну пробу объединялся материал, отобранный по одному профилю методом зачерпывания через 5 м. Масса каждой из 20 проб составляла около 20 кг.

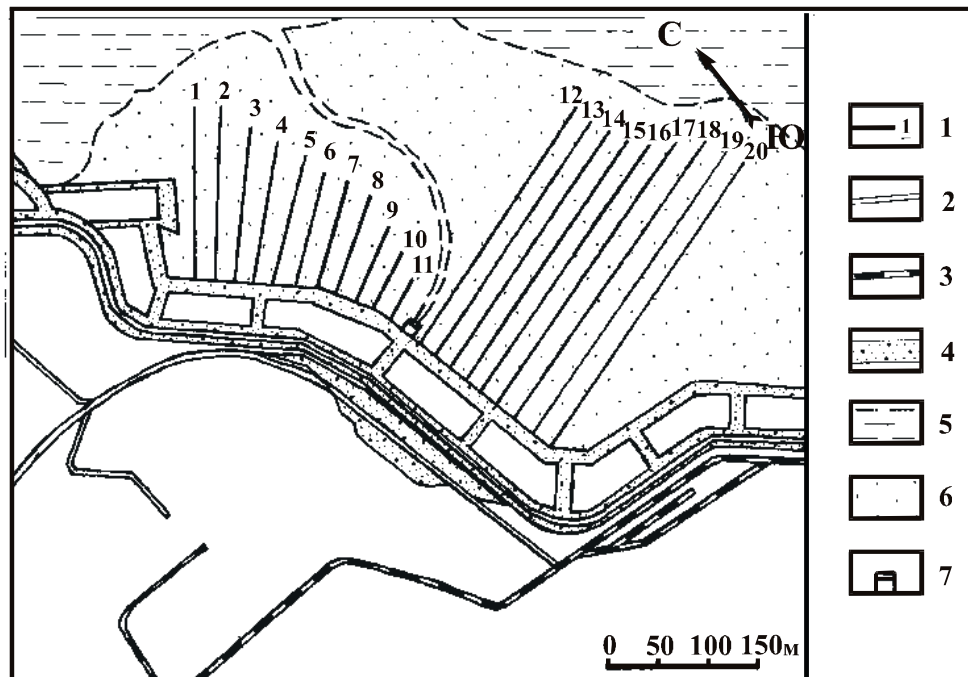


Рис. 1. Схема отбора проб.

1 – линии профилей отбора проб и их номера; 2 – автомобильные дороги; 3 – железные дороги; 4 – тело плотины шламохранилища; 5 – водное зеркало шламохранилища; 6 – пляжевая зона шламохранилища; 7 – современное положение шламосливной трубы.

Для всех рядовых проб было выполнено определение гранулометрического состава. Предварительно материал был усреднен методом кольца и конуса; затем методом квартования из него отбирались навески массой 1 кг. Для определения гранулометрического состава твердой составляющей шламов был проведен ситовый анализ материала всех проб. Использовались сита с размером отверстий 1,0; 0,5; 0,315; 0,25; 0,16; 0,1; 0,074; 0,05 мм. Предварительно исследуемый материал промывался водой через сито с диаметром отверстия 50 мкм и полученные продукты просушивались. Материал крупностью +50 мкм разделялся на гранулометрические фракции с помощью классифицирующего прибора ротап в течение 15 минут. Полученный при этом материал фракции -50

мкм соединялся с материалом такой же крупности, полученным после промывки. Все продукты просушивались, взвешивались, и материал их изучался с помощью бинокулярных, петрографических и рудных микроскопов.

Оставшийся после гранулометрических исследований рядовых проб материал был объединен в укрупненную лабораторную пробу массой около 400 кг. После усреднения по стандартным методикам, из полученного материала была отобрана навеска массой 5 кг, которая также использовалась как материал для выполнения гранулометрических и минералогических исследований.

Результаты определения гранулометрического состава шламов приведены в табл. 1. Анализ полученных данных свидетельствует о заметных колебаниях размера частиц рядовых проб по отношению к средним для них данным и к гранулометрическому составу объединенной пробы ШС-0. Например, содержание в объединенной пробе материала крупности $+0,16$ мм составляет 26,8 мас.%, а для отдельных рядовых проб величина этого показателя изменяется от 8,6 до 46,4 %, материала крупности $-0,16+0,05$ мм – 44,6 мас.% (колебания от 35,0 до 66,1%), материала крупности $-0,05$ мм – 28,6 мас.% (колебания от 15,3 до 52,4%).

На рис. 2 показаны вариации выходов гранулометрических классов шламов изученных проб, имеющих крупность более 0,16 мм, а на рис. 3 – то же для классов крупностью менее 0,16 мм. Выбор размера частиц 0,16 мм в качестве границы гранулометрических групп материала шламов был обусловлен результатами проведенных авторами предварительных минералого-технологических исследований. Результаты их показали, что получение высококачественного железорудного концентрата из шламов возможно только при работе с материалом, имеющим крупность частиц менее 0,16 мм, содержащим магнетит и гематит, преимущественно, в раскрытом виде. В материале крупности $-0,05$ мм практически весь магнетит находится в раскрытом состоянии, в материале крупности $-0,16+0,05$ мм раскрыта большая его часть (60-80%), тогда как в материале крупности $+0,16$ мм практически весь магнетит находится в сростаниях с кварцем и другими минералами.

Представленная на рис. 4 гистограмма показывает, что выходы гранулометрических классов материала шламов волнообразно, но закономерно уменьшаются от наиболее мелких к наиболее крупным фракциям.

По соотношению гранулометрических фракций в изученном материале, шламы СевГОКа можно отнести к пылеватым [5], так как выход частиц, имеющих размер более 0,1 мм, составляет в них менее 75 %.

Таблица 1

Распределение материала шламовых проб по гранулометрическим классам

Номера проб	Выходы гранулометрических классов γ , %										
	+1,0 мм	-1,0+0,5 мм	-0,5+0,315 мм	-0,315+0,25 мм	-0,25+0,16 мм	всего фрак- ций +0,16 мм	-0,16+0,1 мм	-0,1+0,074 мм	-0,074+0,05 мм	всего фрак- ций -0,16+0,05	-0,05 мм
ШС-1	0,2	0,7	2,3	1,5	3,9	8,6	12,1	10,9	16,0	39,0	52,4
ШС-2	0,3	1,8	4,5	3,0	7,9	17,5	19,8	28,7	10,3	58,8	23,7
ШС-3	0,3	5,1	12,3	6,1	11,9	35,7	19,1	12,1	13,4	44,6	19,7
ШС-4	0,9	4,3	8,3	5,9	10,7	30,1	16,3	9,6	12,6	38,5	31,4
ШС-5	0,7	4,3	9,8	5,8	11,1	31,7	19,3	10,8	10,9	41,0	27,3
ШС-6	0,6	3,3	8,3	3,7	9,6	25,5	20,8	12,3	14,6	47,7	26,8
ШС-7	0,9	6,1	13,9	7,1	12,1	40,1	17,5	10,8	11,8	40,1	19,8
ШС-8	1,1	7,1	15,6	6,8	15,8	46,4	21,6	9,8	6,9	38,3	15,3
ШС-9	1,0	6,8	10,7	5,7	10,5	34,7	18,4	10,0	9,7	38,1	27,2
ШС-10	0,9	6,8	14,2	5,2	12,4	39,5	19,4	10,2	10,1	39,7	20,8
ШС-11	1,5	6,4	12,6	6,3	12,9	39,7	19,1	14,1	6,0	39,2	21,1
ШС-12	2,0	7,4	10,8	5,5	9,4	35,1	15,8	9,5	9,7	35,0	29,9
ШС-13	1,3	5,5	7,6	3,2	6,3	23,9	13,3	12,2	13,7	39,2	36,9
ШС-14	0,5	3,0	4,1	1,7	4,2	13,5	13,8	22,2	20,6	56,6	29,9
ШС-15	0,8	2,5	4,9	1,9	5,0	15,1	15,7	13,0	18,4	47,1	37,8
ШС-16	0,8	1,7	3,8	2,4	7,0	15,7	20,3	21,1	15,3	56,7	27,6
ШС-17	0,3	1,5	3,5	2,5	8,5	16,3	27,3	25,4	13,4	66,1	17,6
ШС-18	1,3	3,5	6,6	3,0	6,9	21,3	13,1	18,2	12,3	43,6	35,1
ШС-19	0,8	2,5	6,7	5,2	9,9	25,1	23,3	17,8	14,3	55,4	19,5
ШС-20	0,6	4,8	11,9	5,3	11,2	33,8	19,4	12,4	13,9	45,7	20,5
Колебания значений γ , %	0,2- 2,0	0,7-7,4	2,3-15,6	1,5-7,1	3,9-15,8	8,6-46,4	12,1-27,3	9,5-28,7	6,0-20,6	35,0-66,1	15,3- 52,4
Среднее значение	0,84	4,26	8,62	4,39	8,86	5,39	18,27	14,56	12,7	15,18	27,01
Объединенная проба ШС-0	0,8	4,2	7,4	4,7	9,7	26,8	17,5	14,4	12,7	44,6	28,6

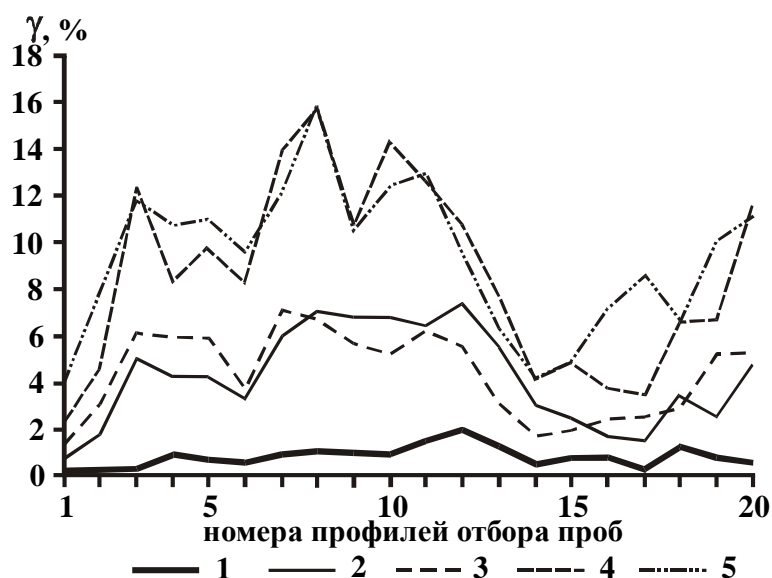


Рис. 2. Вариации выходов гранулометрических классов материала изученных рядовых проб, имеющего крупность более 0,16 мм.

Крупность материала: 1 – более 1,0 мм; 2 – -1,0+0,5 мм; 3 – -0,5+0,315 мм; 4 – -0,315+0,25 мм; 5 – -0,25+0,16 мм.

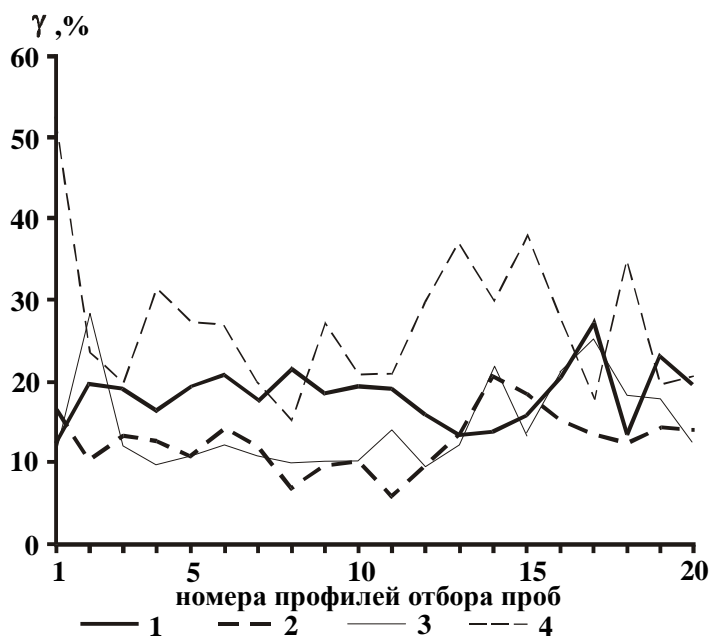


Рис. 3. Вариации выходов гранулометрических классов материала изученных рядовых проб, имеющего крупность менее 0,16 мм.

Крупность материала: 1 – -0,16+0,1 мм; 2 – -0,1+0,074 мм; 3 – -0,074+0,05 мм; 4 – менее 0,05 мм.

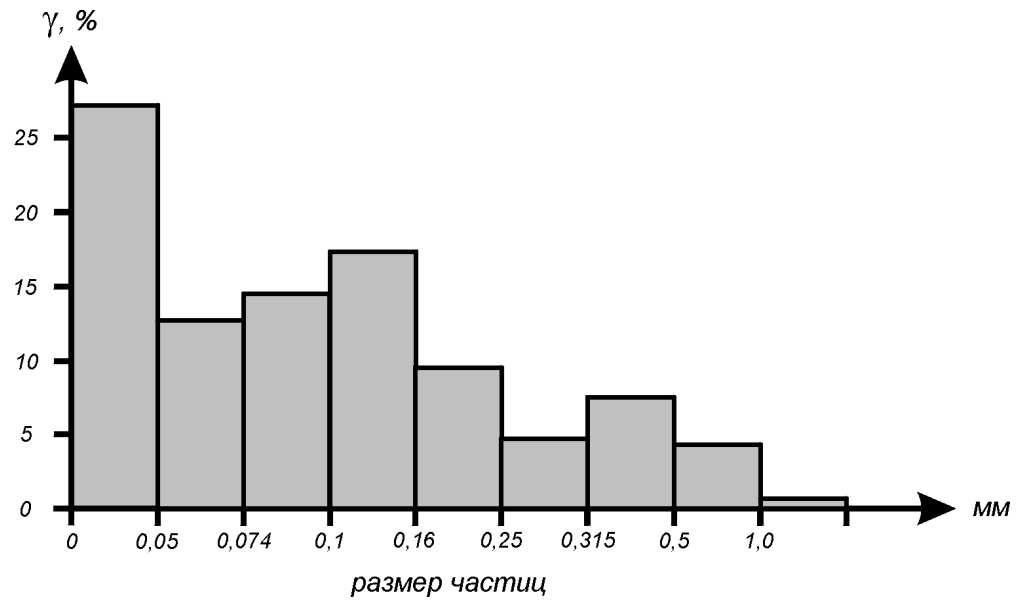


Рис. 4 Гистограмма значений выходов гранулометрических классов материала укрупненной лабораторной пробы шламов СевГОКа.

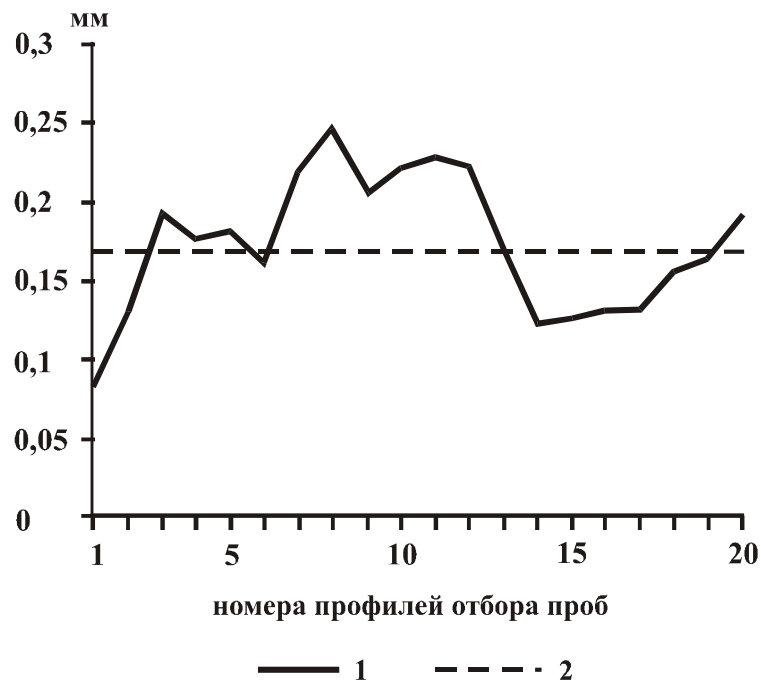


Рис. 5. Изменение средневзвешенных (по величинам выходов гранулометрических фракций) значений среднего размера частиц отдельных проб (1), 2 – линия среднего размера частиц материала объединенной пробы.

Для получения более наглядных данных о гранулометрическом составе шламов был проведен расчет средневзвешенных (по величинам выходов гранулометрических фракций) значений среднего размера частиц материала рядовых проб. Результаты расчетов показаны на рис. 5. Горизонтальная линия отвечает средневзвешенному значению размера частиц объединенной пробы – 0,168 мм. Наблюдаемые на графике колебания отражают неравномерность распределения материала различной крупности на поверхности шламохранилища, различную динамику осаждения шламов и пр. Как и на рис. 2 и 3, максимумы графика рис. 5 соответствуют положениям шламосливных труб, минимумы – промежуткам между ними.

Результаты исследований являются основой для разработки технологии получения железорудного концентрата из отходов обогащения бедных железных руд СевГОКа, а также для определения возможных направлений использования других продуктов переработки шламов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горелик Л.Ш.* Натурные исследования хвостохранилищ / Транспорт и складирование отходов производства в условиях повышения требований к защите окружающей среды. // Ленинград, 1980. – С. 25-33.
2. *Евдокимов П.Д.* Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик // Москва: Госгортехиздат, 1960. – 420 с.
3. *Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В.* Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна // Кривой Рог: Изд-во Криворожского технического университета, 1999. – 70 с.
4. *Куделя А.Д.* Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных обогатительных комбинатов УССР // Киев: Наукова думка, 1984. – 496 с.
5. *Федоров И.С., Добровинская О.Х.* Свойства и расчетные характеристики намытых хвостов рудообогатительных фабрик // Москва: Недра, 1970. – 152 с.
6. *Яковлев С.О., Бент О.Й., Бесседа М.І., Сляднєв В.О.* Екологічна політика у техногенно напружених регіонах України // Мінеральні ресурси України. – 1997. – № 3. – с. 29-31.

ФЕДОРОВА І.А., ЄВТЕХОВ В.Д. Гранулометричний склад відходів збагачення Північного гірничо-збагачувального комбінату Криворізького басейну.

РЕЗЮМЕ. У шламосховищі Північного гірничо-збагачувального комбінату нагромаджено близько 1 млрд. т. відходів збагачення магнетитових кварцитів. Розмір мінеральних часток шламів коливається від 0,001 до 3 мм. Виходи гранулометричних фракцій шламів закономірно зменшуються від найбільш дрібнозернистих (0–0,05 мм) до крупнозернистих (1–3 мм). Мономінеральні частки магнетиту і гематиту концентруються у гранулометричних фракціях шламів менше 0,16 мм. Результати їх мінералогічного дослідження є основою для розробки технології виробництва з шламів високоякісного залізородного концентрату.

ФЕДОРОВА И.А., ЕВТЕХОВ В.Д. Гранулометрический состав отходов обогащения Северного горно-обогатительного комбината Криворожского бассейна.

РЕЗЮМЕ. В шламохранилище Северного горно-обогатительного комбината накоплено около 1 млрд. т. отходов обогащения магнетитовых кварцитов. Размер минеральных частиц шламов колеблется от 0,001 до 3 мм. Выходы гранулометрических фракций шламов закономерно уменьшаются от наиболее мелкозернистых (0–0,05 мм) к крупнозернистым (1–3 мм). Мономинеральные частицы магнетита и гематита концентрируются в гранулометрических фракциях шламов менее 0,16 мм.

Результаты их минералогического изучения являются основой для разработки технологии производства из шламов высококачественного железорудного концентрата.

FEDOROVA I.A., EVTEKHOV V.D. The granulometric composition of washery refuses of the Northern mining-and-processing integrated works, Krivoy Rog basin.

SUMMARY. About 1 billion tons of magnetite quartzites washery refuses are accumulated in slimestore of the Northern mining-and-processing integrated works. The size of the slime mineral particles changes from 0.001 to 3 mm. The granulometric fractions yields are regularly decrease from the smallest (0-0.05 mm) to the largest (1-3 mm) of them. The monomineral magnetite and hematite particles concentrate in slime granulometric fractions less than 0.16 mm. The results of their mineralogical studying are the base for creation of technology of producing of high-grade iron concentrate from slimes.

*Надійшла до редакції
14 вересня 2000 р.*