

2. Короновский Н. В., Якушова А. Ф. Основы геологии. — М.: Высшая школа, 1991.
3. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Расторгуев — М., 1982.
4. Вакалова Т. В., Хабас Т. А., Верещагин В. И. Рентгенофазовый анализ силикатных материалов. Методические указания по курсу «Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений». — Томск: «Элика», 1997.
5. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герфардта и др. — Т. 1. — М.: Мир, 1983.
6. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов — Л.: Наука, 1974.
7. Каравайко Г. И., Кузнецов С. И., Голомзик А. И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд — М.: Наука, 1972.
8. Карупу В. Я. Электронная микроскопия. — К.: Высшая школа, 1984.
9. Александров В. Г. Силикатные бактерии — М.: Сельхозгиз, 1953.

10. Белканова Н. П., Каравайко Г. И., Авакян З. А. // Микробиология. — Т. 54. — Вып. 1. — 1985. **ГЖ**

E-mail: m_shamis@mail.ru

STUDY OF THE ROLE OF MICROORGANISMS IN THE PROCESSES OF DESTRUCTION OF NATURAL PHOSPHORUS AT DZERORY-SARDAR'YNSKOE DEPOSIT

Trifonova N. A., Chubik M. V.

It is shown that leaching of silicon- and calcium-containing minerals and, respectively, ore concentration with phosphorus occurs as a result of bacteria effect on phosphorites at Dzeroy-Sardar'yinskoe deposit. This effect can be used as the method of ore preparation for subsequent concentration.

Key words: phosphorites, bacterial processing, leaching, preliminary concentration.

УДК 622.778.913.1

© Коллектив авторов, 2008

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУХОГО ОБОГАЩЕНИЯ ГЕМАТИТ-МАРТИТОВЫХ РУД ШАХТНОЙ ДОБЫЧИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ИЗБИРАТЕЛЬНЫМ ДРОБЛЕНИЕМ



С. А. ЗАБОЛОТНИЙ,
директор



Ю. В. ВЕЛИЧКО,
зам. директора
по научно-исследовательской работе



А. А. ШИРЯЕВ,
заведующий
лабораторией,
канд. техн. наук



Ю. Л. ГРИЦАЙ,
ведущий научный
сотрудник, канд.
геол.-минерал. наук



В. В. БОТВИННИКОВ,
главный технический
инспектор
(Криворожская
горно-техническая
инспекция)



В. В. ВОРОБЬЕВ,
зам. директора
по научной работе
(НПО «Центр»,
Беларусь)

ООО «НПП «Укрэкология»

Технология сухой магнитной сепарации (СМС) некондиционных гематит-мартитовых руд была впервые разработана специалистами ООО «НПП «Укрэкология» в 2002 г. и получила широкое распространение на шахтах и карьерах повторной отработки шахтных полей Криворожского железорудного бассейна. В настоящее время в эксплуатации находятся пять технологических комплексов, перерабатывающих некондиционное сырье, содержащее от 42,6 до 45 % железа, которое ранее складировали в отвалах или использовали для засыпки воронок сдвигания и рекультива-

ции. Годовая производительность этих установок по исходному сырью составляет 1,41 млн т. Выпуск товарной продукции в виде аглоруды (содержание железа около 54 %) достигает 0,394 млн т в год.

Большинство технологических комплексов находится в южной части Криворожского месторождения богатых окисленных железных руд. Они перерабатывают кусковую часть разновидностей, содержащих 59,8–63,3 % железа и имеющих крепость по шкале проф. М. М. Протодяконова 3–8. Соотношение минерально-структурных разновидностей в таких рудах

приведено в табл. 1 по результатам рудоразборки продукта I стадии дробления некондиционной части руды карьера «Южный».

В северной части месторождения исходным сырьем для СМС являются отходы дробильно-сортировочных фабрик (ДСФ) шахт им. Фрунзе, «Юбилейная», «Гвардейская», им. Ленина [1, 2]. Как видно (см. табл. 1), доля богатых разновидностей в отходах ДСФ шахты «Юбилейная» снижена до 20–25 %, увеличено количество труднодробимых кварцитов, имеющих крепость 10–17 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. В кварцитах наблюдается повышенное содержание магнетита (от 1 до 3 %), что является причиной их увеличенной удельной магнитной восприимчивости до $(195,3-234,4) \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Для сравнения: средняя удельная магнитная восприимчивость богатых разновидностей равна $465,3 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Указанное обстоятельство является причиной снижения эффективности СМС и захвата бедных разновидностей в магнитный продукт. Качество магнитного продукта при этом снижается вследствие разубоживания богатой рудной части бедными разновидностями с повышенной удельной магнитной восприимчивостью [3].

Для определения рациональной схемы подготовки гематит-мартитовых руд к СМС были рассмотрены три варианта организации II стадии дробления: применение конусной дробилки в замкнутом цикле с грохотом (рис. 1, а); открытый цикл с валковой дробилкой и двумя операциями предварительного грохочения, причем первый надрешетный продукт сбрасывается в отвал (руды южной группы шахт, рис. 1, б); частично замкнутый цикл дробления в центробежной дробилке ударного действия с отдельными операциями предварительного и поверочного грохочения. В последнем варианте для поверочного грохочения предусмотрен двухситный грохот с удалением надрешетного продукта верхнего сита в отвал и направлением надрешетного продукта нижнего сита в дробилку (руды северной группы рудников, рис. 1, в).

Приведенные выше варианты оценивали по степени концентрации богатых (рудных) минерально-текстурных разновидностей в продукте дробления (питании СМС), по потерям богатых разновидностей в отвальном продукте, а также по эффективности разделения (предварительного обогащения), выраженной критерием Ханкокка — Луйкена η , %: $\eta = \epsilon_{\text{бог}} - \epsilon_{\text{бед}}$, где $\epsilon_{\text{бог}}$ и $\epsilon_{\text{бед}}$ — извлечение (%) в целевой продукт богатых и бедных разновидностей соответственно.

Были приняты следующие условия сравнения: $K = \epsilon_{\text{бог}} / \epsilon'_{\text{бог}} > \max$, при $\epsilon_{+25 \text{ мм}} \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow 100$ %, где $K = \epsilon_{\text{бог}} / \epsilon'_{\text{бог}}$ — степень концентрации богатых разновидностей в целевом классе (–12 мм) дробленого продукта ($\epsilon'_{\text{бог}}$ — содержание целевого класса в исходном продукте); $\epsilon_{+25 \text{ мм}}$ — извлечение богатых разновидностей в класс +25 мм дробленого продукта; η — критерий Ханкокка — Луйкена для процесса выделения богатых разновидностей в целевой класс дробленого продукта.

Соотношение богатых и бедных разновидностей в продуктах схем дробления приведено на рис. 1, а, б и в. Данные для анализа вариантов схем в соответствии с указанными условиями приведены в табл. 2.

Сравнение различных способов разрушения хвостов ДСФ, реализованных в конусных, валковых и центробежных дробилках, показало преимущество «свободного» удара [4]. В последнем случае достигается наибольшая степень концентрации богатых разновидностей в классе –12 мм при приемлемых потерях богатых разновидностей в классе +25 мм (7,57 %), а значительная доля крепких разновидностей (кварцитов) концентрируется в классе +25 мм и может быть выделена грохочением в отвальный продукт уже на стадии дробления. Эффективность выделения богатых разновидностей в целевой продукт в этом случае имеет наибольшее значение и достигает 25,7 %.

Для реализации технологии II стадии дробления была выбрана центробежно-ударная дробилка марки ДЦ-1,6, разработанная в НПО «Центр» [5]. В основу конструкции дробилки заложен опорный узел «на воздушной подушке», позволяющий создать самобалансирующую систему рабочего органа дробилки «статор — ротор — ускоритель» и обеспечить надежную работу оборудования при значительных дисбалансах без сооружения специального фундамента.

Таблица 1. Результаты рудоразборки продуктов I стадии дробления

Тип руд	Выход, %	Содержание железа, %
<i>Богатые разновидности</i>		
Богатая железослюдко-мартитовая	24,3/14,69	62,8/63,3
Богатая дисперсно-гематитовая	8,11/2	53,5/53,9
Кварцит гематит-мартитовый богатый	—/7,21	—/50,9
<i>Бедные разновидности</i>		
Кварцит гематит-мартитовый тонкослоистый	36,27/13,98	46,5/46,7
Кварцит дисперсно-гематитовый	—/25,37	—/31,2
Кварцит мартит-дисперсно-гематитовый	8,21/—	32/—
Кварцит мартитовый	6,8/28,66	41,9/43,1
Сланцы хлористые	8,08/1,75	21/23,2
Кварцит малорудный и безрудный	8,23/6,34	16,5/16,7
Итого	100/100	45/42,3
Примечание. В числителе — кондиционная часть руды карьера «Южный», в знаменателе — отходы ДСФ шахты «Юбилейная».		

Таблица 2. Данные для анализа вариантов схем

Критерий сравнения	Вариант схемы дробления		
	а	б	в
K	1	1,2	1,3
$\epsilon_{+25 \text{ мм}}$, %	0	17,16	7,57
η , %	0	20,4	25,7

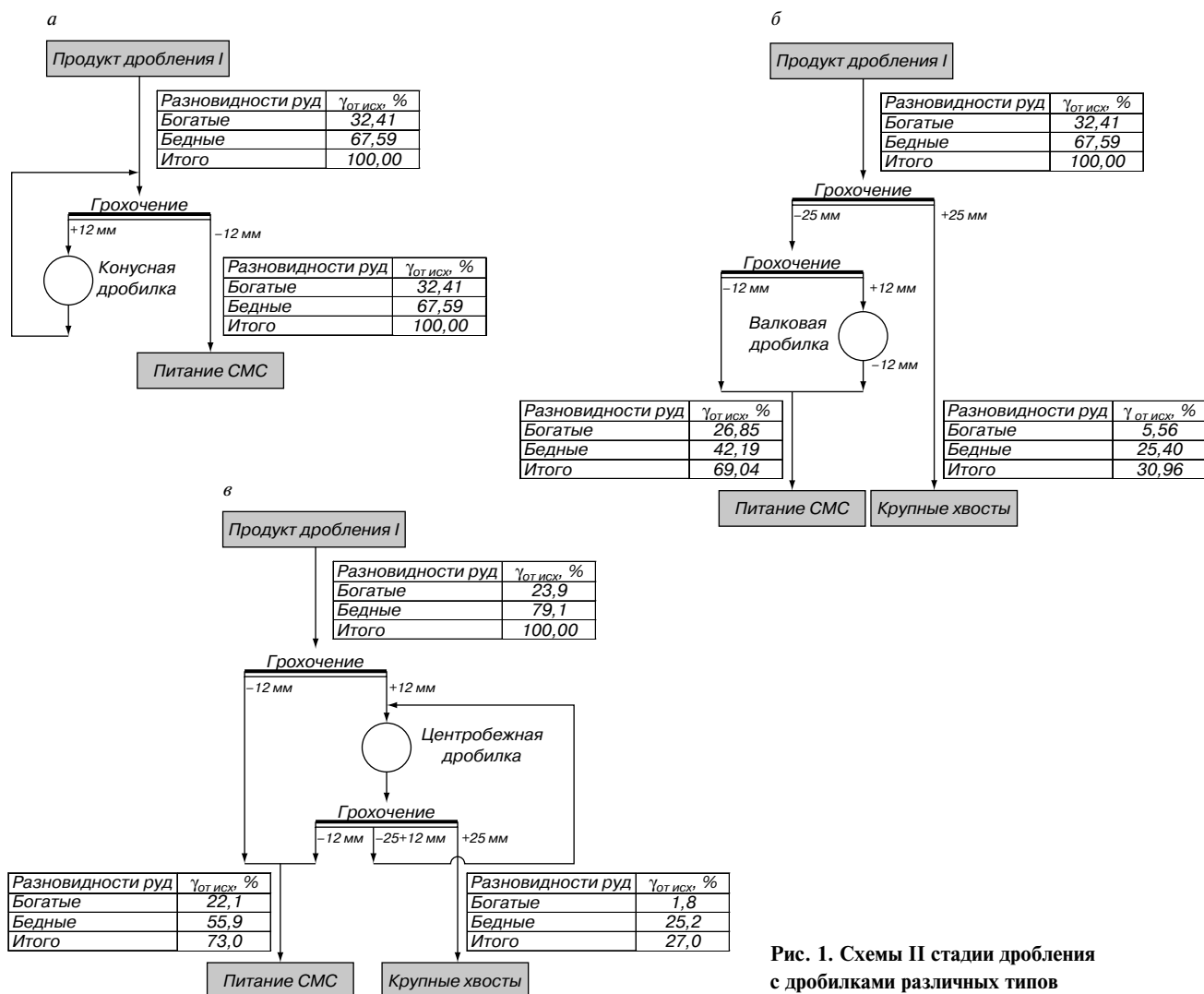


Рис. 1. Схемы II стадии дробления с дробилками различных типов

Как известно, эффективность разрушения материала в центробежной дробилке и гранулометрический состав дробленого продукта определяются скоростью приложения ударной нагрузки. На испытательном стенде была исследована зависимость гранулометрического состава дробленого продукта от окружной скорости ускорителя.



Рис. 2. Технологический комплекс сухой магнитной сепарации с предварительным избирательным дроблением

При окружной скорости вращения от 65 до 100 м/с средневзвешенный диаметр дробленого продукта снижается с 18,45 до 9,26 мм. Исходя из условий достижения необходимой крупности готового продукта (95 % класса – 10 мм) с учетом технологических свойств сырья и экономически приемлемого срока службы элементов защиты лопаток дробилки рациональная окружная скорость вращения ускорителя принята равной 65 м/с.

Первый технологический комплекс СМС с предварительным избирательным дроблением производительностью 0,512 млн т в год по исходному сырью был смонтирован на промышленной площадке шахты «Юбилейная» ОАО «Суша Балка». Для СМС дробленого материала применены барабанные магнитные сепараторы ПБСС-90/110 конструкции и изготовления ООО «НПП «Укрэкология». Блоки магнитной системы собраны из магнитов, для изготовления которых использован сплав Nd—Fe—В, характеризующийся высокой магнитной энергией (366 кДж/м³). Новым техническим решением при изготовлении обечаек барабанов магнитных сепараторов явилось применение стеклопластика вместо традиционной «немагнитной» нержавеющей стали, позволившее исключить нагревание

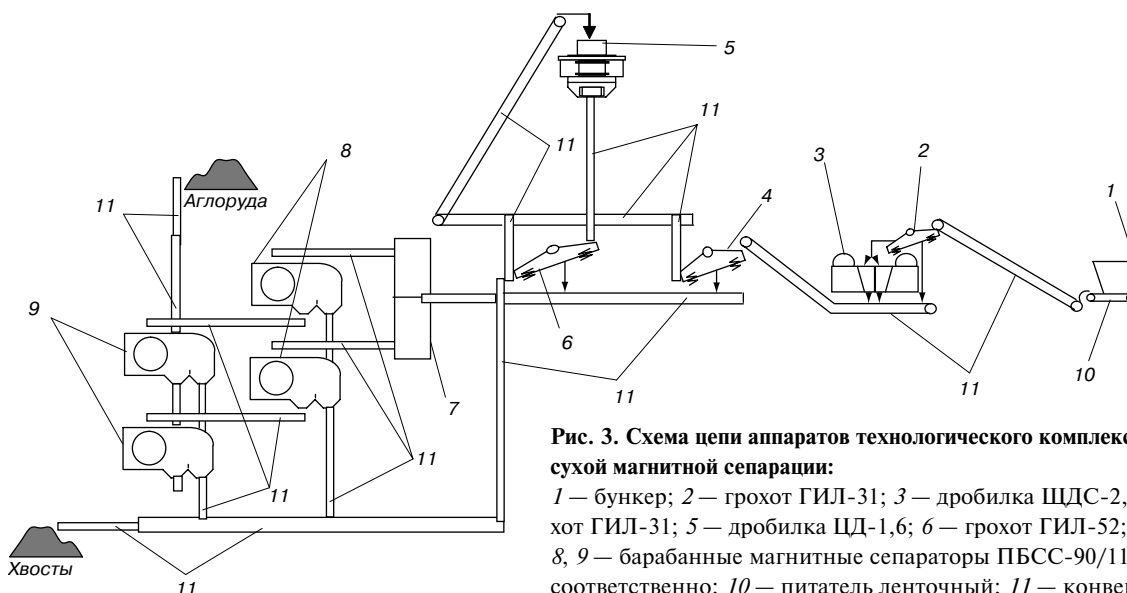


Рис. 3. Схема цепи аппаратов технологического комплекса сухой магнитной сепарации:

1 — бункер; 2 — грохот ГИЛ-31; 3 — дробилка ЩДС-2,5×9; 4 — грохот ГИЛ-31; 5 — дробилка ЦД-1,6; 6 — грохот ГИЛ-52; 7 — делитель; 8, 9 — барабанные магнитные сепараторы ПБСС-90/110 I и II приема соответственно; 10 — питатель ленточный; 11 — конвейеры

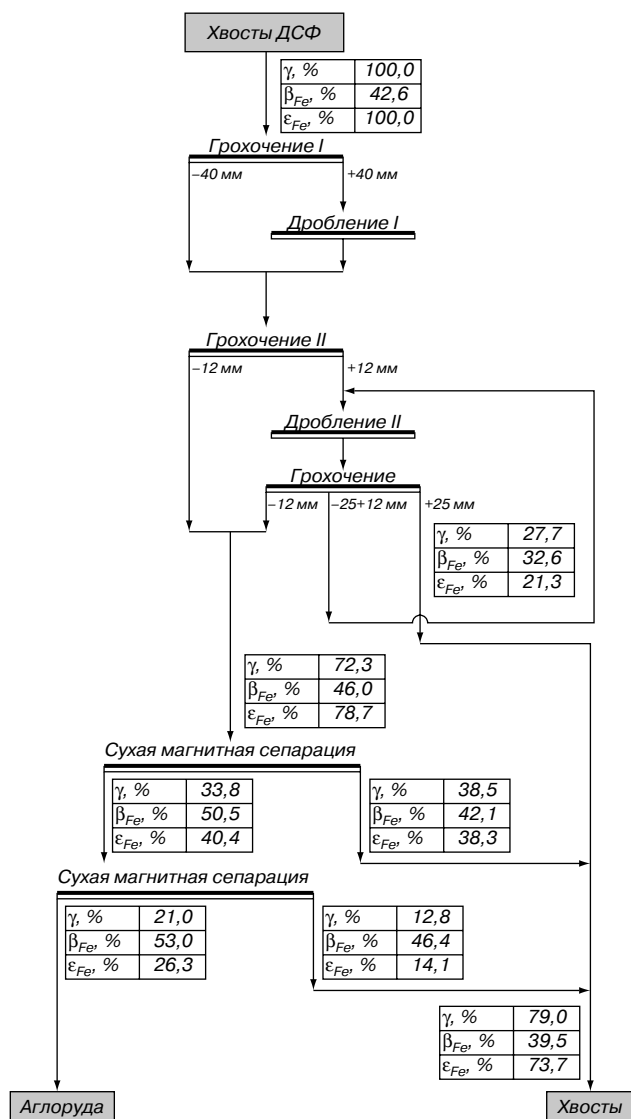


Рис. 4. Технологическая схема обогащения хвостов ДСФ шахты «Юбилейная»

магнитной системы, потерю магнитной индукции, снизить потребляемую электроприводом мощность на 30–40 % и достичь магнитной индукции на поверхности барабана до 0,65 Тл.

Общий вид и схема цепи аппаратов технологического комплекса приведены на рис. 2 и 3. В ходе освоения технологического комплекса подтверждена возможность выделить уже на стадии рудоподготовки около 28 % бедного по содержанию железа продукта крупностью –35+25 мм и направить его вместе с хвостами СМС в отвал (рис. 4). При этом содержание железа в питании СМС повышается на 3,7 %, что положительно влияет на технологические показатели обогащения. При избирательном дроблении в центробежной дробилке засорение магнитного продукта бедными разновидностями ниже на 7–12 % по сравнению с другими способами подготовки сырья к обогащению.

Новая схема подготовки железорудного сырья показала также возможность регулирования содержания железа в аглоруде в пределах от 53 до 57 %. Годовое производство аглоруды на технологическом комплексе составило свыше 100 тыс. т.

В настоящее время технологический комплекс по обогащению гематит-мартитовых руд с избирательным дроблением эксплуатируется на рудах карьера «Южный» ОАО «АлселорМиттал Стил Кривой Рог». Содержание железа в аглоруде достигает 56 %.

Список литературы

1. Перспективы сухого магнитного обогащения руд подземной добычи шахт Кривбасса / Ю. П. Капленко, М. Б. Федько, Л. А. Ломонцев и др. // В сб.: Разработка рудных месторождений. — Кривой Рог: Изд-во КТУ, 2002.
2. Николенко Е. М., Римарчук Б. И., Павленок Ф. Л. Хвосты переработки руд шахтной добычи — потенциальное железорудное сырье // Metallургическая и горнорудная промышленность. — 2005. — № 2.
3. Ботвинников В. В. Особенности разделения окисленных железных руд в магнитном поле высокой ин-

тенсивности с открытым градиентом // В сб.: Збагачення корисних копалин. — Днепропетровск: Изд-во НГУ, 2005.

4. *Качество минерального сырья* / А. А. Азарян, В. А. Колосов, Л. А. Ломовцев и др. / Под ред. В. Ф. Бызова. — Кривой Рог: Минерал, 2001.
5. *Воробьев В. В.* Некоторые аспекты центробежно-ударного измельчения материалов // Строительные материалы. — 2005. — № 1. **ДК**

E-mail: ylgrit@rambler.ru

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR DRY CONCENTRATION OF HAEMATITE-MARTITE ORES BY MINING WITH PRELIMINARY SELECTIVE CRUSHING
Zabolotniy S. A., Velichko Yu. V., Shiryaev A. A., Gritsay Yu. L., otvinnikov V. V., Vorob'yev V. V.

The technology of dry magnetic concentration of haematite-martite ores by mining with preliminary selective crushing on the base of difference between strength and magnetic susceptibility of mineral-texture sorts has been developed for the first time and put into practice. It is shown that usage of centrifugal crushing maximally contributes to increase of Fe content.

Key words: haematite-martite ores, dry magnetic separation, centrifugal crusher, sintering ore.

УДК 622.782:628.33

© А. С. Кирнарский, А. С. Красуля, П. И. Пилов, 2008

ТЕХНОЛОГИЯ СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВОЙ ПУЛЬПЫ НА ПОЛТАВСКОМ ГОКЕ*



А. С. КИРНАРСКИЙ,
эксперт по обогащению
полезных ископаемых,
д-р техн. наук
(Engineering Dobersek GmbH)



А. С. КРАСУЛЯ,
инженер
(Полтавский ГОК)



П. И. ПИЛОВ,
проф., д-р техн. наук
(Национальный горный
университет, Украина)

Известно, что организация хвостового хозяйства на горно-обогатительных комбинатах связана с большими затратами. Так, суммарное потребление электроэнергии цехом хвостового хозяйства современного железорудного ГОКа в среднем составляет 25–30 % общего потребления комбинатом электроэнергии, а общие затраты предприятий на хвостовое хозяйство достигают 50 % всех затрат на обогатительный передел.

* Авторы выражают искреннюю благодарность главному обогатителю Полтавского ГОКа Т. С. Красуле и сотрудникам лаборатории опробования за организацию и проведение седиментационных исследований непосредственно в условиях обогатительного производства, а также главному инженеру Полтавского ГОКа В. В. Лотоусу, заместителю главного инженера комбината по гидротехническим сооружениям В. В. Винтеру и начальнику шламового цеха В. И. Кошело за внимание, поддержку и ценные советы при проведении настоящей работы.

Анализ состояния данного вопроса с ретроспективной в 40 лет показал, что при строительстве новых и реконструкции действующих обогатительных фабрик США, Канады, Японии, ЮАР и других стран всегда предусматривалась организация внутризаводского водооборота. При этом максимальное использование оборотных вод достигалось путем сгущения хвостовой пульпы (до 30–70 % твердого) и возврата осветленной воды для технологических нужд, в то время как обогатительные предприятия черной металлургии Украины, России, Казахстана предпочитали осветлять хвостовую пульпу в хвостохранилищах, куда перекачивали хвосты обогащения, содержащие 2–8 % твердого.

В последние годы проводятся исследования по изысканию наиболее эффективной системы сгущения, гидротранспортирования и складирования хвостовой пульпы. Степень ее уплотнения в каждом кон-