

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ОТДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОГЕНИИ ИНСТИТУТА
ГЕОХИМИИ, МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРА-
ЗОВАНИЯ

На правах рукописи

ГУБИНА ВИКТОРИЯ ГЕОРГИЕВНА

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ
ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

Специальность 04.00.11 - геология, поиски и разведка рудных и
нерудных месторождений; металлогения

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Работа выполнена в Научно-исследовательском горнорудном институте НИГРИ

Научные руководители:

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник

В.М. Казак

кандидат геолого-минералогических наук,
профессор

В.Я. Легедза

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент

В.А. Горлицкий

А.И. Каталенец

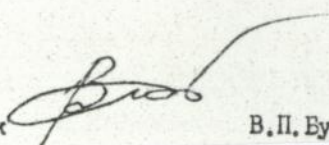
Ведущее предприятие: Геолого-разведочная
экспедиция "Кривбасс-
геология", г.Кривой Рог

Защита состоится 4 октября 1994 г. в 10.00 часов
на заседании Специализированного совета Д.016.17.02
при Отделении металлогении Института геохимии, мине-
ралогии и рудообразования АН Украины по адресу:
252142, г.Киев-142, пр.Палладина, 34 ОМ ИГМР АН Украины.

С диссертацией можно ознакомиться
в библиотеке ИГМР АН Украины

Автореферат разослан 10 июня 1994 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета,
доктор
геолого-минералогических наук



В.П. Бухарев

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00756492 (X)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность работы. Отрицательное воздействие горных работ на окружающую среду остро ставит вопрос о разработке и внедрении в практику ресурсосберегающих технологий добычи и переработки полезных ископаемых. Помимо этого, добыча полезных ископаемых с течением времени смещается во все более трудно достигаемые географические зоны, а также ведется в более сложных горно-геологических условиях, вследствие чего стоимость первичного сырья постоянно растет и увеличивается количество промышленных отходов, которые являются вторичными ресурсами. Широкое вовлечение вторичных ресурсов в народнохозяйственную деятельность обеспечит значительную экономию сырья, материалов, топлива. Следовательно, необходимо ускорить повторное и многократное использование уже добытых ресурсов.

Цель работы. Установить закономерности формирования техногенных месторождений из отходов обогащения железистых кварцитов горнообогатительных комбинатов.

Задачи работы. 1. Прогнозирование вещественного состава и технологических свойств отходов обогащения.

2. Исследование физико-химических изменений, происходящих в хвостохранилищах при накоплении техногенного сырья.

3. Изучение возможности управления процессом формирования техногенного месторождения.

4. Изучение распределения полезных компонентов в теле техногенного месторождения.

Методы исследований. Методическую основу составляет комплексный подход, включающий анализ и обобщение литературных данных, теоретические и технико-экономические расчеты, экспериментальные исследования с использованием спектрального, химического, минералогического, магнитного, рентгеноструктурного и других методов анализа, математическое моделирование и математико-статистическую обработку результатов исследований на ЭВМ.

Научная новизна. 1. Установлена взаимосвязь качественных и количественных характеристик вещественного состава отходов обогащения и железистых кварцитов месторождений Кривбасса.

2. Получены зависимости, позволяющие прогнозировать качество и количество отходов обогащения, их гранулометрический состав до складирования в хвостохранилища.

3. Теоретически и экспериментально определено протекание физико-химических превращений в техногенных месторождениях.

4. Разработаны блок-схема и программа для математического моделирования осадконакопления, результаты которого свидетельствуют о возможности планомерного управления процессами формирования техногенных месторождений, с целью их более эффективного использования.

5. Исследованы особенности пространственного распределения полезных компонентов в теле техногенного месторождения ЦГОКа.

6. Определены граничные условия и установлена экономическая целесообразность вовлечения в эксплуатацию отходов обогащения железистых кварцитов.

Практическая ценность работы. 1. Получены уравнения, позволяющие прогнозировать качественно-количественные параметры техногенных месторождений.

2. Показана возможность планомерного управления формированием техногенного месторождения.

3. Произведена геолого-технологическая оценка техногенного месторождения ЦГОКа.

4. Установлено влияние физико-химических превращений на технологические свойства техногенного сырья.

Основные защищаемые положения.

1. Из отходов обогащения железистых кварцитов ЦГОКа в результате гравитационной дифференциации и физико-химических превращений сформировалось техногенное месторождение железа и кварцевых песков.

2. В процессе осадконакопления в техногенных месторождениях происходят физико-химические процессы окисления, растворения, разложения, карбонитизации, приводящие к изменению физических и технологических свойств техногенного сырья.

3. Процессом формирования техногенного месторождения можно управлять путем изменения скорости расхода пульпы и изменения массовой доли твердой фазы в ней.

Фактический материал. В основу работы положены результаты исследований, выполненных автором за период обучения в аспирантуре Отдела геологии и сырьевых ресурсов Научно-исследовательского горнорудного института. Изучение лежалых хвостов Центрального горнообогатительного комбината проводилось по 550 пробам, отобранным на хвостохранилище из 55 скважин, пробуренных на всю глубину

накопленной голши хвостов. Химический состав хвостов определялся по сокращенным и полным химическим анализам. Сокращенный химический анализ проводился на массовую долю общего и магнетитового железа по всем рядовым пробам и отдельно по классам крупности. Всего было выполнено 834 анализа, из них 284 для характеристики грансостава. Полные химанализы проводились по II пробам, скомпанованным из рядовых проб. Изучение минерального состава хвостов осуществлялось пересчетом с полных химических анализов по II пробам. Изучение текущих хвостов проводилось по 1500 пробам, отобраным из хвостоканав обогатительных фабрик. Твердая фаза хвостов анализировалась на массовую долю магнетитового и общего железа, а также гранулометрический состав для установления зависимостей между ними.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на Конференции молодых ученых (Симферополь, ИМП, 1986, 1987 гг.), заседании Ученого Совета НИГРИ (Кривой Рог, 1989г.), всесоюзном семинаре "Охрана недр и комплексное использование минерального сырья в железорудной промышленности (Москва, ВДНХ, 1989 г.), заседании группы отделов Отделения металлогении ИГФМ Украины (г. Киев, 1990 г.), IV областной научно-практической конференции "Комплексное и рациональное освоение железорудных месторождений и охрана природы". (г.Губкин, 1990 г.), Всесоюзной научно-технической конференции "Совершенствование технологии горного производства для снижения негативного воздействия на окружающую природную среду" (г.Кривой Рог, 1991 г.), Межреспубликанской научно-практической конференции "Пути повышения эколого-технологических задач на горных предприятиях" (г.Ташкент, 1991 г.), Ученом совете геологического факультета ЛГУ (г.Львов, 1991 г.).

Публикации материалов. По теме диссертации опубликовано 3 статьи и 6 тезисов докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения общим объемом 164 страницы, в том числе 27 рисунков, 30 таблиц, приложений на 3 страницах. Список литературы включает 77 наименований.

Автор глубоко благодарен научным руководителям канд. геол.-мин. наук Казаку В.М. и канд. геол.-мин. наук, профессору КГРИ В.Я. Легедзе, сотрудникам Отдела геологии и сырьевых ресурсов НИГРИ к.геол.-мин. наук Бетину Д.И., канд. техн. наук Борисенко В.Г. и Дядечкину Н.И., инженеру Чичкан Л.Н., а также сотрудникам КГРИ канд.

геол.-мин. наук, профессору Черновскому М.И., канд. геол.-мин. наук Каталенцу А.И. за содействие и помощь в выполнении настоящей работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Состояние изученности техногенных месторождений и возможности использования вторичного рудного сырья.

Проведен обзор работ, посвященных источникам образования техногенных месторождений. Показано, что важнейшими источниками образования техногенных месторождений вторичного рудного сырья являются добывающие и перерабатывающие предприятия металлургической, угольной, химической, строительной и энергетической отраслей промышленности. Отходы этих предприятий в виде вскрышных пород, отходов обогащения, шлаков, шламов, пыли, золы складировались десятилетиями, образуя на поверхности земли техногенные скопления.

Ежегодно только из недр Криворожского бассейна извлекается около 100 млн. м³ пустых пород, для размещения которых требуется не менее 200 га земли. В хвостохранилищах бассейна заскладировано более 2 млрд. т хвостов обогащения и уложено в отвалы более 3 млрд. м³ вскрышных пород. Земельный отвод под размещение различных объектов горнообогатительных комбинатов Кривбасса превысил 25 тыс. га. За последние 30 лет в Кривом Роге добыто 3,5 млрд. т концентрата и 2 млрд. т отходов обогащения. Количество складированных хвостов увеличивается ежегодно на 130 млн. т. Складирование хвостов в Криворожском бассейне осуществляется по трем основным схемам:

- от дамбы, когда складирование производится по периметру или в отдельные карты, расположенные по периметру хвостохранилища;
- от верховья или устья балки с постепенным наращиванием центральной дамбы вглубь емкости хвостохранилища;
- комбинированные, когда складирование хвостов производится одновременно по периметру и от устья балки.

Установлено, что во втором случае, при большой одновременности заполнения емкости и сбросу пульпы в одном месте, в хвостохранилище создаются благоприятные условия для гравитационной диф-

ференциации твердой фазы и образования пространственно обособленного обогащенного железом участка.

Глава 2. Краткая геологическая характеристика месторождений железистых кварцитов Кривбасса и технологические свойства отходов обогащения.

Месторождения железистых кварцитов, разрабатываемые горно-обогатительными комбинатами Кривбасса приурочены к саксаганской свите криворожской серии метаморфизированных пород докембрия. Минеральный и химический состав, текстурно-структурные признаки определяются фацией метаморфизма, к которой относятся кварциты того или иного месторождения. По степени и характеру метаморфизма железистые кварциты Криворожского бассейна относятся к двум фациям - зеленых сланцев (подфации биотито-хлоритовая и биотито-куммингтонитовая) и амфиболитовая.

Для железистых кварцитов фации зеленых сланцев характерны: мелко- и тонкозернистое оруденение (крупность зерен магнетита в среднем 0,03-0,1 мм, а гематита - 0,001-0,05 мм; в основном ксеноморфные выделения магнетита, в карбонатсодержащих разновидностях чаще идиоморфные выделения; тонкая рудная вкрапленность в различных нерудных минералах; преобладание хлорита над другими силикатами, присутствие значительного количества магнезиально-железистых и маложелезистых карбонатов. Уже в самой фации зеленых сланцев заметно изменяется минеральный состав при переходе от биотито-хлоритовой к биотито-куммингтонитовой подфации и прежде всего хлорит- и карбонатсодержащих разновидностей кварцитов.

В кварцитах биотито-куммингтонитовой подфации размер зерен магнетита увеличивается от 0,03-0,06 до 0,08-0,15 мм. Магнетит очищается от кварцевых включений, что сказывается на повышении качества концентрата и уменьшении потерь железа в хвостах.

В железистых кварцитах амфиболитовой фации собирательная перекристаллизация выражена еще резче с образованием крупнозернистых шлировых выделений магнетита, неяснослоистых текстур. Силикаты представлены обыкновенной роговой обманкой, актинолитом, геденбергитом, диопсидом, гранатом.

Вещественный состав и технологические свойства железистых кварцитов привели к необходимости осуществления на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса многостадийных схем обогащения.

Практика работы предприятий и исследовательские данные показывают, что извлечение железа магнетитового в концентрат и потери металла с отходами зависят от массовой доли магнетитового железа в исходной руде (d мг) и хвостах (b мг), а также массовой доли общего железа в концентрате (β) и выражается уравнением:

$$E_{\text{мг}} = 94,545 + 0,397d_{\text{мг}} - 0,0645\beta - 2,537b_{\text{мг}} \quad (1)$$

Данная зависимость действительна в пределах изменения d мг от 19,8 до 29,6%; β от 62,0 до 66,4% и b мг от 1,6 до 6,3%.

Количество (выход) отходов обогащения зависит от крупности измельчения исходной руды и для различных месторождений эти зависимости имеют одинаковый характер, отличаясь лишь абсолютными значениями.

Установлено, что при одинаковой крупности измельчения ($\varphi_{\text{отх}}$) количество отходов по стадиям f отх уменьшается обратно пропорционально доле рудного минерала в исходной руде.

Для промышленных условий СевГОКа-2 получена следующая зависимость:

$$f_{\text{отх}} = 53,3033I - 1,55267d_{\text{мг}} - 0,040683\beta - 0,07I \quad (2)$$

Коэффициент корреляции для такой зависимости 0,989.

Управление такого типа рекомендуется для прогнозных расчетов выхода отходов на месторождениях Кривбасса.

Установлена зависимость массовой доли общего и магнетитового железа в отходах обогащения от массовой доли общего и магнетитового железа в исходной руде (для руд месторождений НКГОКа и ИнГОКа). Выведено следующее корреляционное уравнение:

$$\theta = -2,69519 - 0,166398d_{\text{мг}} + 1,264122(d_{\text{общ}} - d_{\text{мг}}) \quad (3)$$

где: θ - массовая доля общего железа в отходах обогащения, %;
 $d_{\text{общ}}$ - массовая доля общего железа в исходной руде, %;
 $d_{\text{мг}}$ - массовая доля железа магнетитового в исходной руде, %.

Коэффициент множественной корреляции для этого уравнения 0,823. Данную зависимость можно использовать для прогнозирования массовой доли железа в отходах обогащения.

Гранулометрические характеристики отходов хорошо аппроксимируются уравнением Розина-Рамлера:

$$R = 100e^{-kd^n} \quad (4)$$

где: R - суммарный выход классов крупнее определенного класса крупности;

k и n - коэффициенты;

d - размер отверстий сита.

Получена зависимость коэффициента "к" от массовой доли класса $-0,071$ мм в обших текущих отходах

$$k = -3,8138 + 0,13706 \beta_{-0,071} \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) уравнение для прогнозного расчета гранулометрического состава текущих отходов обогащения по массовой доле одного заданного класса крупности принимает следующий вид:

$$R = 100e^{-(0,13706 \beta_{-0,071} - 3,81318) d^{0,55}} \quad (6)$$

Данное уравнение достаточно точно описывает гранулометрический состав текущих отходов обогащения в интервале более 30% класса $-0,071$ мм, что характерно для обогатительных фабрик ГОКов Кривбасса.

Глава 3. Основы физико-химических изменений в техногенных месторождениях.

Рассмотрены основы физико-химических изменений вещественного состава и технологических свойств железосодержащих песков в хвостохранилищах.

Составлены предполагаемые уравнения химических реакций и вычислены для них потенциалы Гиббса. Термодинамические расчеты свидетельствуют о принципиальной возможности протекания ряда превращений в нормальных условиях при отсутствии кинетических затруднений.

К таким превращениям относятся:

- окисление монооксида железа, пирротина;
- карбонатизация оксида кальция;
- разложение или взаимодействие с другими минералами куммингтонита.

Теоретические расчеты подтверждены экспериментальными исследованиями текущих отходов обогащения и их же после 6 и 12 месяцев контакта с минерализованной технической водой.

Изменение солевого состава воды во время свидетельствует о протекании реакции между жидкой и твердой фазами отходов обогащения.

Показано частичное окисление магнетита с образованием бурой пленки гидроксидов железа. Порядок окисления определяется по от-

ношению O/Fe. Для магнетита это отношение равно 1,33, для гематита 1,5 (для отходов обогащения из обожженной руды). Увеличилось также значение потерь при прокаливании с 0,76 до 0,86% в отходах обогащения обожженной руды и с 6,24 до 6,25% в отходах обогащения железистых кварцитов.

Анализ магнитных характеристик, измеренных по методу ГУИ, свидетельствует, что удельные величины (магнитная восприимчивость и намагниченность) отходов обогащения обожженной руды со временем уменьшаются, тогда как магнитных руд изменяются не сильно.

Таблица I

Магнитные свойства отходов обогащения

Тип отходов обогащения	Срок выдержки в воде, мес.	Напряженность магнитного поля, кА/М	Удельная магнитная восприимчивость, м ³ /кг	Удельная намагниченность, Ам ² /кг
Обоженные	исходные	80	68	5,45
		800	16,7	13,3
	12	80	62,5	5,0
		800	15,0	12,0
Магнетитовые	исходные	80	49,0	3,9
		800	10,4	8,25
	12	80	42,0	3,4
		800	10,1	8,05

Изучение степени раскрытия рудных минералов показало, что с увеличением времени контакта твердой фазы отходов обогащения с технической водой, в них происходит некоторое увеличение массовой доли свободной рудной фазы и мономинеральных зерен кварца при уменьшении общего количества сростков. Так в классе крупности -0,071 мм (для отходов обогащения обожженной руды), доля магнетита за 12 месяцев увеличилась с 12,0 до 14,0%, кварца с 59,0 до 64,0%, а общее количество сростков уменьшилось с 27% до 20%.

Исследование флокул в отходах обогащения показало, что в отходах обогащения обожженной руды частички магнетита сфлуктурированы в комочки диаметром 0,1-1,0 мм. Наряду с раскрытыми зернами

магнетита в флоккулы затянута сростки нерудных минералов с магнетитом. Содержание магнетита в таких сростках от 60 до 1%. С увеличением времени контакта твердой фазы отходов с водой интенсивность захвата нерудных минералов в флоккулы снижается, особенно в фракции 0,1 мм, где за 6 месяцев хранения массовая доля флоккул уменьшается в 2 раза (с 18,2 до 9,1%).

Анализ солевого состава технической воды, приведенный в таблице 2 указывает на происходящее в ней изменения.

Таблица 2

Солевой состав технической воды

Тип воды	Fe ⁺⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Общая жест-	рН
Тип отходов обогащения	мг/л	мг-экв	мг-экв	мг-экв	мг-экв	мг-экв	кость	
		л	л	л	л	л	мг-экв	
							л	

Обожженная руда

Исходная

вода	0,3	12,0	12,0	1,01	6,0	26,2	32,2	6,9
6 месяцев	0,4	16,0	2,0	3,33	23,0	23,0	46,0	6,8
12 месяцев	0,5	20,0	1,0	4,0	29,0	47,0	76,0	6,2

Магнетитовые кварциты

Исходная

вода	0,2	14,0	8,0	1,51	22,0	14,0	36,0	6,0
6 месяцев	0,18	20,0	3,0	3,0	24,0	24,0	48,0	5,9
12 месяцев	0,3	24,0	2,0	2,0	26,0	43,0	69,0	7,0

Изучение крупко-пластических свойств отходов обогащения магнетитовых кварцитов показало, что после 12 месяцев контакта твердой и жидкой фазы отходов величина предельного напряжения изменяется с 0,81 кг/мм² до 0,74 кг/мм². Деформация увеличивается при этом на 3% за счет снижения коэффициента хрупкости на 3,2% и увеличения коэффициента пластичности на 1,1%.

Измельчаемость отходов обогащения магнетитовых руд увеличи-

вается на 1,85-3,7%, а обожженной руды на 2,77-3,7%.

Таким образом, теоретические расчеты и экспериментальные данные свидетельствуют о превращениях, происходящих с техногенным сырьем, находящимся в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов в технических минерализованных водах, что подтверждает второе защищаемое положение.

Глава 4. Моделирование процессов седиментации в техногенных месторождениях.

Для изучения процессов седиментации использована модель распределения концентрации взвеси по глубине и длине отстойного пруда:

$$S_h = S_H \exp\left(-\frac{235W_i}{U_{cp}} \cdot \frac{H-h}{H}\right), \quad (7)$$

где: S_h - концентрация взвеси на глубине от поверхности, кг/м³;
 S_H - концентрация взвеси в придонной части пруда, кг/м³;
 W_i - гидравлическая крупность частиц, м/с;
 U_{cp} - скорость потока воды, м/с;
 H - глубина пруда, м.

Разработан алгоритм и программа расчета на ЭВМ распределения осадков по длине и высоте потока при заполнении техногенного месторождения.

Моделирование на ЭВМ показало:

1. Более интенсивное образование осадка для частиц всех крупностей происходит ближе к началу потока, чем в конце. Распределение частиц различной крупности по длине хвостохранилища показано на рис. 1, где видно, что ближе к началу потока располагаются более крупные частицы, на определенном расстоянии для каждой крупности происходит перегиб кривых. Это позволяет производить ориентировочный расчет распределения частиц по крупности в осадках по длине хвостохранилища.

2. Снижение расхода пульпы связано с более близким расположением как начала формирования осадка так и максимальной его высоты к началу потока, т.е. для большего потока требуется большая длина хвостохранилища при получении одинаковой степени осветления.

3. Уплотнение пульпы приводит к резкому повышению высоты осадка и его приближению к началу движения потока в хвостохрани-

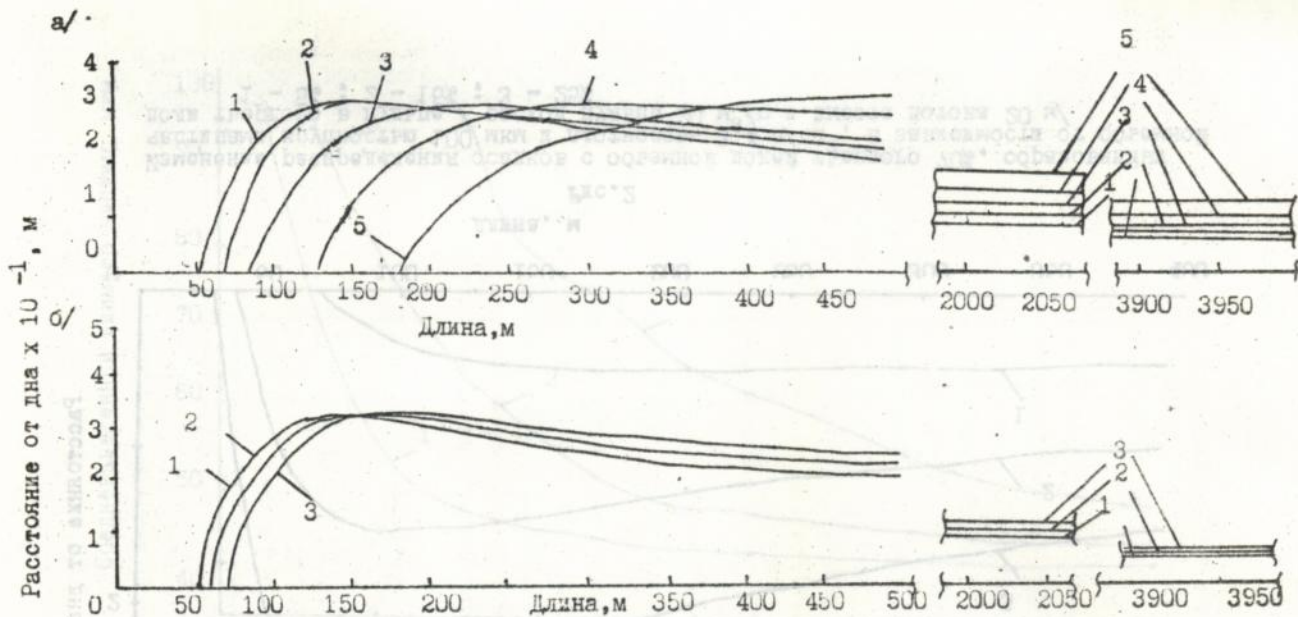


Рис. I

Распределение по длине и высоте потока осадков с объемной долей твердого (высота потока 20 м; расход пульпы - 10 м³/с; объемная доля твердого - 3%)

- а) с крупностью частиц, мкм: 1-100; 2-70; 3-40; 4-20 (плотность частиц 3,4 г/см³);
 б) с плотностью частиц, г/см³: 1-4,2; 2-3,4; 3-2,8 (крупность частиц - 100 мкм).

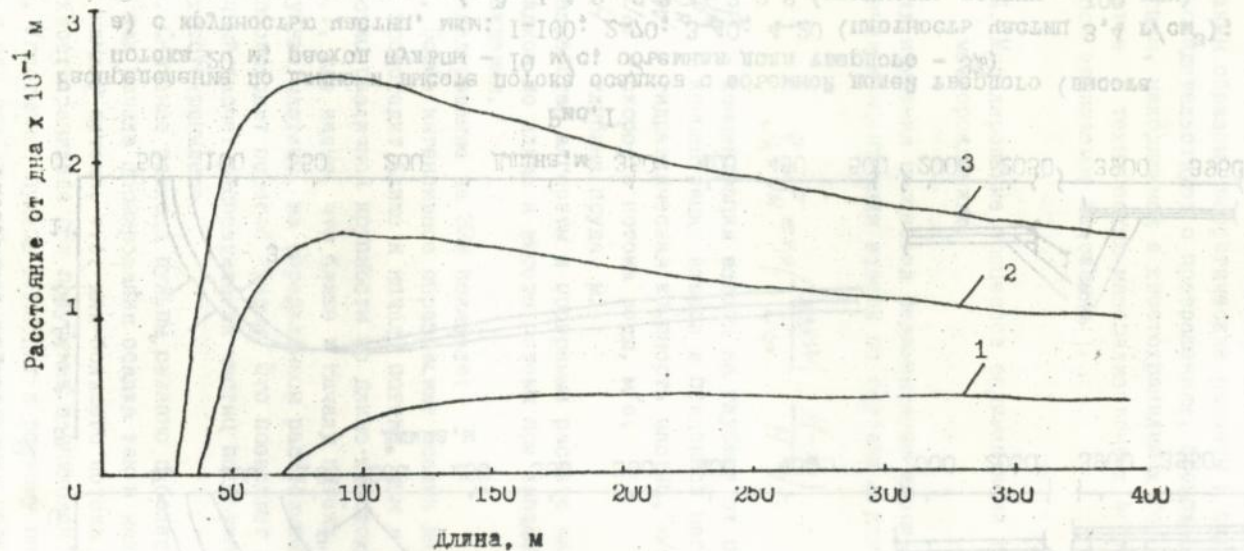


Рис. 2

Изменение распределения осадков с объемной долей твердого 70%, образованных частицами крупностью 100 мкм и плотностью $3,4 \text{ г/см}^3$, в зависимости от объемной доли твердого в пульпе / расход пульпы $20 \text{ м}^3/\text{с}$ и высота потока 20 м
 1 - 5% ; 2 - 15% ; 3 - 25%

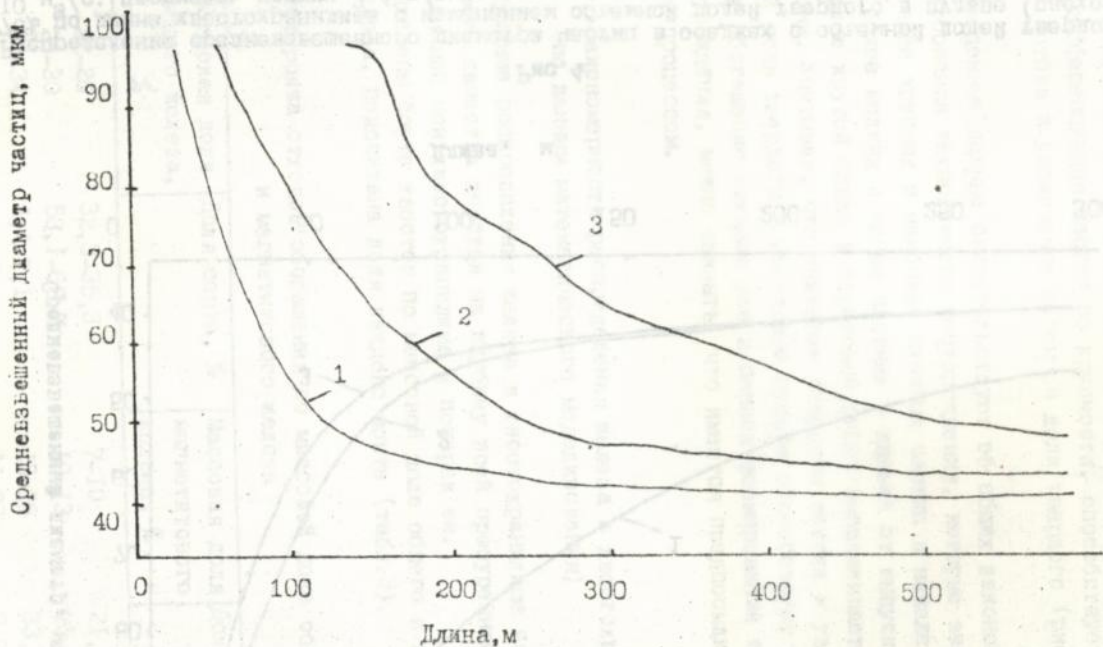


Рис.3

Распределение средневзвешенного диаметра частиц в осадках с объемной долей твердого 70% по длине хвостохранилища с изменением расхода пульпы /объемная доля твердого 3%; плотность частиц 3,4 г/см³; средневзвешенный диаметр 48 мкм/
 1 - 5 м³/с ; 2 - 10 м³/с ; 3 - 20 м³/с

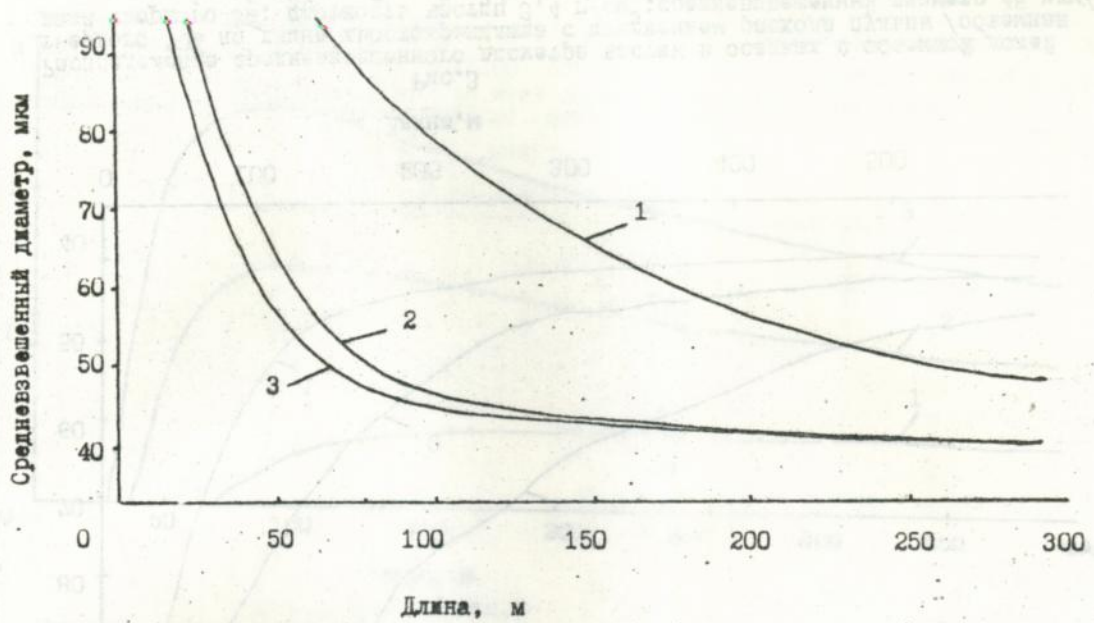


Рис.4

Распределение средневзвешенного диаметра частиц в осадках с объемной долей твердого 70% по длине хвостохранилища с изменением объемной долей твердого, в пульпе (расход 10 м³/с; плотность частиц 3,4 г/см³; средневзвешенный диаметр 48 мкм)

1-3%; 2-15%; 3-25%

лище. Зависимость распределения частиц одинаковой крупности и плотности по длине и глубине отстойника от концентрации твердого в исходном потоке показана на рис. 2.

4. Уменьшению длины участка хвостохранилища, на котором происходит дифференциация частиц по крупности, способствует снижение скорости потока и увеличение объемной доли твердого (рис. 3 и рис. 4).

Приведенные данные свидетельствуют об общих закономерностях при формировании техногенного месторождения, которые заключаются в накоплении крупных и наиболее плотных частиц в начале выпуска пульпы, более мелких и менее плотных - дальше от выпуска; профиль пляжа более крутой ближе к береговой линии выполаживается к прудковой зоне. Учитывая, что снижение скорости потока и увеличение объемной доли твердого в хвостовой пульпе способствует предварительному обогащению отходов уже в период формирования техногенного месторождения, можно сказать, что имеются предпосылки управления этим процессом.

Глава 5, Закономерности распределения железа в хвостохранилище (по данным математического моделирования)

Изучение распределения железа в хвостохранилище показало изменчивость качества хвостов на глубину всей пробуренной толши вдоль длинной оси хвостохранилища и поперек ее.

Выделены сорта хвостов по массовой доле общего и магнетитового железа, подсчитана доля каждого сорта (табл. 3).

Таблица 3

Сортировка отходов обогащения по массовой доле общего и магнетитового железа

Сорт	Массовая доля общего железа, %	Доля сорта, %	Массовая доля магнетитового железа, %	Доля сорта, %
1	22-26	32,3-35,3	7-10	21,1-26,2
2	26-30	58,1-62,7	10-13	25,2-35,1
3	30-34	4,4-7,1	13-16	33,5-38,5
4	-	-	16-20	7,9-10,5

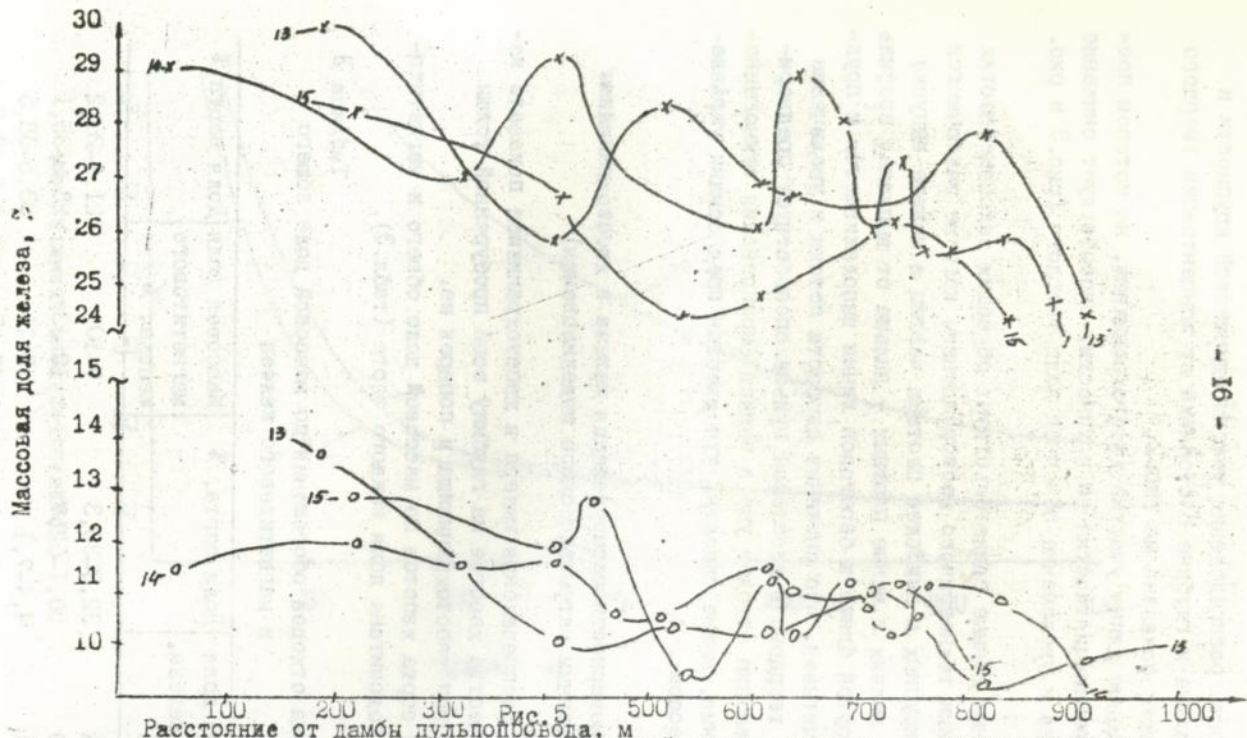


Рис. 5
 Распределение массовой доли железа вдоль длинной оси техногена
 магнетитового железа; — массовая доля общего железа; 13, 14, 15 — номера разведочных профилей

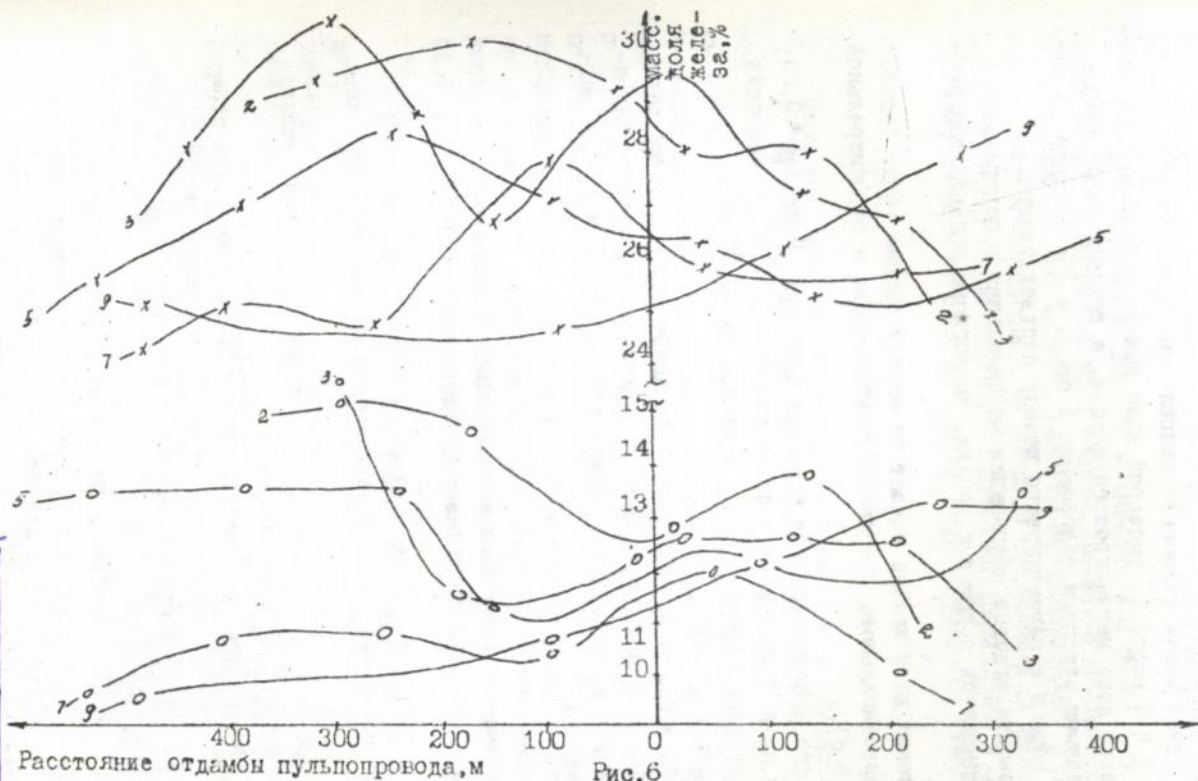


Рис.6

Распределение массовой доли железа поперек длинной оси техногена - массовая доля магнетитового железа; - массовая доля общего железа; 2, 3, 5... - номер разведочного профиля

Установлены следующие закономерности распределения железа в техногенном месторождении:

1. В нижней части техногена расположены более богатые отходы обогащения 2 и 3 сорта по массовой доле общего железа и 3 и 4 сорта по массовой доле магнетитового железа, а верхняя часть представлена бедными отходами обогащения I сорта и 2 и I сорта по массовой доле общего и магнетитового железа соответственно.

2. Мощность отходов обогащения максимальная в центральной части и уменьшается в краевых частях, аналогично рельефу дна балки.

3. Массовая доля железа падает по мере удаления точки отбора от первоначального положения пульпопровода и от центральной дамбы (рис. 5, 6).

4. Железо концентрируется в мелких фракциях. В классе + 0,25 мм массовая доля общего железа имеет значение 13-15%, а массовая доля магнетитового железа - 3-4%, в классе же - 0,05 мм - 41-43% и 29-31% соответственно.

5. В целом по техногенному месторождению распределение железа подчиняется логнормальному закону, максимальная частота случаев соответствует массовой доле общего железа 24-26% и 10-12% магнетитового железа.

Глава 6. Техничко-экономическая оценка целесообразности вовлечения в эксплуатацию хвостохранилища ЦГОКа

Произведены расчеты изменения технико-экономических показателей обогащения техногенного сырья в зависимости от массовой доли железа в нем.

За базовый вариант приняты предпроектных проработки институтов "Кривбасспроект" и "Механобрчермет".

На участке техногенного месторождения ЦГОКа утверждены запасы вторичного сырья по категориям В + С₁ + С₂ в количестве 59,5 млн. т. Для эксплуатации принят вариант с производительностью комплекса 4,14 млн. т по сухим пескам.

Разработка железосодержащих песков на участке техногенного месторождения площадью 310 га в течение 15 лет уменьшит емкость необходимую для складирования отходов на 31 млн. м³.

Дополнительный прирост емкости хвостохранилища за счет полу-

чения железного концентрата и строительного песка в объеме 15,8 млн.м³ обеспечит условную экономию капитальных вложений в сумме 12,5 млн.руб. и продлит срок его службы на 1,66 года при годовом выходе хвостов 9,5 млн.м³.

Расчеты приведены для шести вариантов с различной массовой долей общего и магнетитового железа. Качество концентрата во всех случаях принято 65% железа. Расчеты свидетельствуют о пониженной себестоимости концентрата из хвостов обогащения по сравнению с себестоимостью концентрата из обожженной руды ЦГОКа и магнетитовых кварцитов подземной добычи РУ им.Дзержинского (табл.4).

Заключение

Основные результаты исследований состоят в следующем.

1. На хвостохранилище Центрального горно-обогатительного комбината в результате большой емкости заполнения и сбросу пульпы в одном месте сформировалось техногенное месторождение железа и кварцевых песков, пригодных для строительных целей. Изучен характер распределения хвостов вдоль длинной оси хвостохранилища, поперек ее и на глубину. Обогащенные железом отходы обогащения располагаются в нижней части хвостохранилища и вдоль дамбы пульпопровода, а более бедные и легкие - верхней части и распределены по всему телу хвостохранилища. Техничко-экономический анализ указал на целесообразность вовлечения в эксплуатацию лежалых хвостов ЦГОКа, себестоимость концентрата из которых ниже себестоимости концентрата некоторых ГОКов Кривбасса.

2. Теоретические расчеты и экспериментальные данные указывают на физико-химические превращения, происходящие с техногенным сырьем в процессе его накопления в хвостохранилищах. Изменяется химический состав твердой и жидкой фаз, уменьшаются удельные магнитные характеристики, увеличивается массовая доля рудной фазы и мономинеральных зерен кварца при уменьшении общего количества сростков, происходит окисление отходов обогащения, снижается коэффициент хрупкости, увеличивается коэффициент пластичности, улучшается измельчаемость хвостов, что приводит к облегчению их дальнейшей переработки.

3. Разработан алгоритм и программа расчетов на ЭВМ распределения осадка по длине и высоте потока при заполнении хвостохранилища. Показано, что процессом формирования техногенного месторожде-

Таблица 4

Основные технико-экономические показатели обогащения
железосодержащих песков с различной массовой долей
железа в них

Варианты	Годовое производство, тыс. т			Массовая доля железа, %		Выход концентрата, %	Полная себестоимость 1 т концентрата, руб.	Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.	Капитальные вложения, тыс. руб.
	по железосодержащим пескам (сухой вес)	по концентрату влаж. вес сухой вес	по пескам влаж. вес сухой вес	в железосодержащих песках, общ магн.	в концентрате				
База	4140,0	<u>967,8</u> 869,0	<u>1418,6</u> 1163,2	<u>25,92</u> 11,60	65,0	21,0	8,685	8406,0	32285,3
1	4140,0	<u>924,6</u> 832,1	<u>1434,0</u> 1176,0	<u>24,8</u> 11,1	65,0	20,1	8,931	8257,6	32285,3
2	4140,0	<u>874,0</u> 787,0	<u>1454,0</u> 1192,0	<u>23,5</u> 10,5	65,0	19,9	9,011	7875,6	32285,3
3	4140,0	<u>833,0</u> 749,0	<u>1471,0</u> 1206,0	<u>22,3</u> 10,0	65,0	18,1	9,169	7637,8	32285,3
4	4140,0	<u>791,0</u> 712,0	<u>1487,0</u> 1219,0	<u>21,23</u> 9,5	65,0	17,2	9,360	7403,8	32285,3
5	4140,0	<u>751,5</u> 674,8	<u>1502,7</u> 1232,2	<u>20,1</u> 9,0	65,0	16,3	9,551	7177,6	32285,3
6	4140,0	<u>600,3</u>	<u>1535,0</u> 1258,7	<u>17,9</u> 8,0	65,0	14,5	10,01	6736,7	32285,0

ния можно управлять путем изменения скорости потока пульпы и объемной доли твердой фазы в ней.

4. Получены зависимости, позволяющие прогнозировать качество и количество отходов обогащения до их складирования. Установлено, что извлечение железа магнетитового в концентрат, а следовательно и потери металла с отходами обогащения зависит от массовой доли магнетитового железа в исходной руде и хвостах, а также от массовой доли общего железа в концентрате. Количество отходов по стадиям уменьшается обратнопропорционально доле рудного минерала в исходной руде (при одинаковой крупности измельчения). Установлена также линейная прямопропорциональная зависимость между массовой долей общего железа в отходах обогащения и массовой долей магнетитового железа в исходной руде и линейная обратнопропорциональная зависимость между массовой долей общего железа в отходах и разностью между общим и магнетитовым железом в исходной руде. Установленные зависимости могут быть использованы для прогнозных расчетов количества отходов обогащения, прогнозирования массовой доли железа в отходах и потерь металла с ними.

Список работ по теме диссертации

1. Борисенко В.Г., Губина В.Г., Казак В.М.. Актуальность изучения и промышленного освоения шламов техногенных железорудных месторождений Кривбасса.- Симферополь, 1987.- Деп. в ВИЭМС 17.03.88, № 32-09/1194-д. Диссертантом исследовано распределение железа в теле техногенного месторождения ЦГОКа.

2. Казак В.М., Борисенко В.Г., Губина В.Г.. О промышленном использовании хвостов-обогащения железистых кварцитов Кривбасса// Сб. науч. трудов НИГРИ.- Кривой Рог, 1988.- С.12-15. Диссертантом исследованы и проанализированы показатели извлечения железа в концентрат и хвосты на ГОКах Кривбасса.

3. Казак В.М., Борисенко В.Г., Губина В.Г.. Условия образования, особенности изучения, оценки техногенных месторождений хвостов обогащения железистых кварцитов// Охрана недр и комплексное использование минерального сырья в железорудной промышленности/ Тез. докладов всесоюз. семинара.- Москва, 1989.- С.52. Диссертантом исследовано распределение железа на углубину в хвостохранилище ЦГОКа и выделены сорта техногенных руд в зависимости от массовой доли общего и магнетитового железа.

4. Казак В.М., Борисенко В.Г., Губина В.Г.. Влияние жесткой технической воды на изменение некоторых свойств отходов обогащения//Комплексное и рациональное освоение железорудных месторождений.../Тез.докл. IV обл. науч. конф./Губкин, 1990.- С.73-74. Диссертантом составлены уравнения термодинамических реакций, свидетельствующих о принципиальной возможности некоторых превращений техногенного сырья.

5. Губина В.Г.. Математическое моделирование процессов седиментации в техногенных месторождениях//Физические процессы горного производства/Тез.докл. X Всесоюзн. конф./ Москва, 1990.- С. 25.

6. Губина В.Г.. Закономерности распределения железа в техногенном месторождении ЦГОКа//Совершенствование технологии горного производства.../Тез.докл. Всесоюзн. науч.-техн. конф./ Кривой Рог, 1991.- С.32.

7. Губина В.Г. Основные задачи работ по разведке и промышленной оценке техногенных месторождений//Геолого-геофизическое обслуживание.../Тез.докл. Всесоюзн. совещ./ Москва, 1991.- С.38.

8. Губина В.Г.. Характер пространственного распределения железа в техногенном месторождении ЦГОКа//Пути повышения эколого-технологических задач.../Тез.докл. межресп. науч.-практ. конф./ Тамкент, 1991.- С.68.

9. Губина В.Г.. Изменение вещественного состава и свойств вторичного железокремниевго сырья техногенных месторождений// Обогащение полезных ископаемых.- Киев, 1992.- С.92-97.

Аспирант

В.Г.Губина

Подписано к печати 10.05.94 г.
Усл.печ. л. I. Заказ № 46
Тираж 100 экз. Ротапринт НИГРИ
г. Кривой Рог

457611

AB 30.528

AB 30.528