

# Железные руды

---

# Месторождения железных руд

Железорудные месторождения формируются в различных геологических условиях, что естественно ведет и к разнообразию минерального облика железных руд. Принадлежность конкретных месторождений железа к той или иной генетической группе в большинстве случаев определяется достаточно уверенно. Однако генезис ряда месторождений часто дискуссионен.

# Месторождения железных руд

## Экзогенные

Остаточные

Инфильтрационные

Осадочные

Метаморфизированные

## Эндогенные

Магматические

Контактово-  
метасоматические

Гидротермальные

Подводно-  
экспляционные



# Эндогенные месторождения

Магматические месторождения представлены вкрапленными и жильными ильменит-магнетитовыми рудами и титаномагнетитовыми рудами. Почти все эти месторождения известны на Урале и в Сибири (Качканарское, Лысанское, Кусинское). Среди зарубежных магматических месторождений следует отметить уникальное по размерам богатых титано-железистых руд бушвельского комплекса (Трансвааль).

Контактово-метасоматические месторождения железных руд, как правило, представлены вкрапленными и сплошными магнетитовыми рудами, которые в зоне выветривания частично превращены в мартитовые и полумартитовые. Большинство месторождений находится в Западной Сибири, на Урале, Алдане, Казахстане. Из зарубежных следует отметить месторождения США, Марокко, Румынии, Италии.



Гидротермальные месторождения представлены магнетитовыми и сидеритовыми рудами. Самое крупное месторождение Коршуновское образовано магнетитовыми рудами.

## Подводно-эксталяционные

(вулкологенноосадочные) месторождения формировались при извержениях на дне морских бассейнов вулканических продуктов. К такому типу относятся Гаринское месторождение в Амурской области и Холзунское в горном Алтае, месторождения Лан-Дильского округа (ФРГ) и Гонцен (Швейцария).

# Экзогенные месторождения

Остаточные месторождения представлены сидерито-мартитовыми и гидрогематито-мартитовыми рудами. Характерными представителями этого подтипа являются месторождения богатых руд КМА (Яковлевское, Гостищевское, Лебединское, Михайловское и др.). Из зарубежных следует отметить весьма крупные скопления богатых мартитовых руд США.



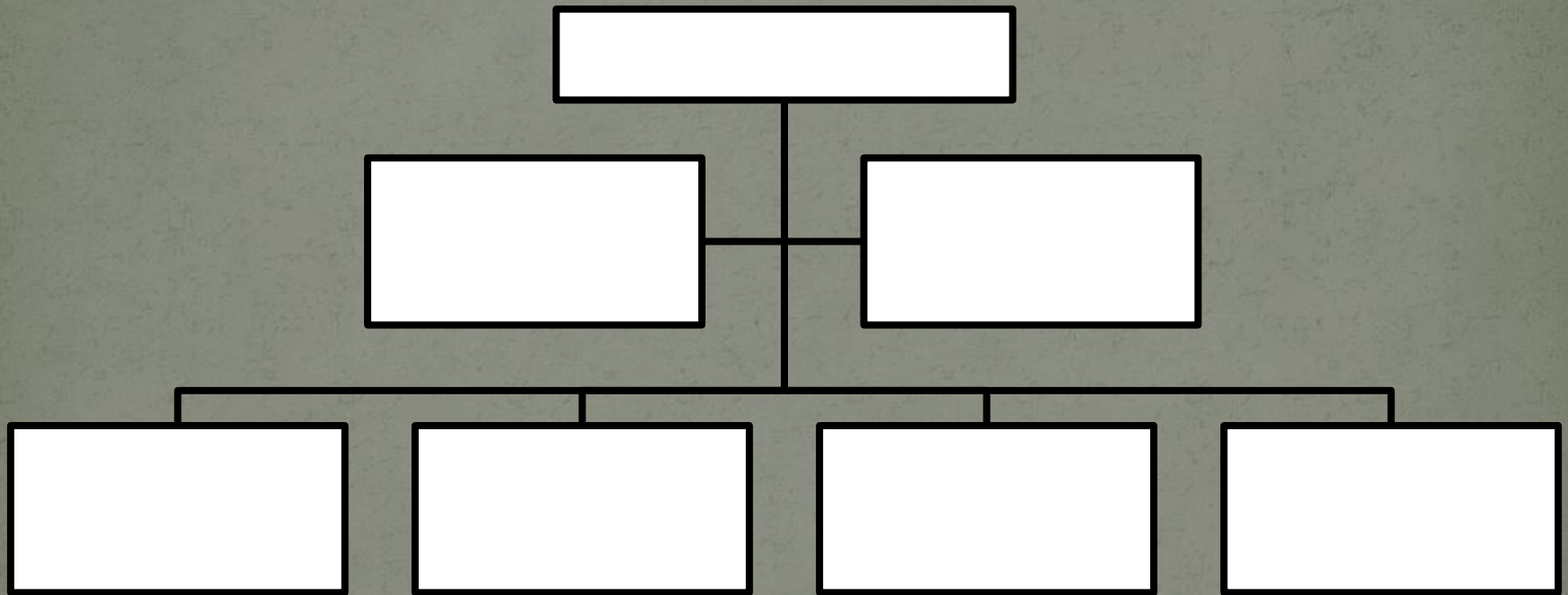
Инфильтрационные (элювильно-метасоматические) месторождения (Зыряновское, Алапаевское и Верхне-синячихинское) представлены, в основном, окисленными (гидрогетитовыми и стриговит-гидрогетитовыми) рудами.

Осадочные месторождения железных руд пользуются очень широким распространением. Наибольший практический интерес представляют Лисаковское месторождение, приаральская группа месторождений и месторождения Северо-западной Германии, Англии и др.

К метаморфизированным относятся железорудные месторождения первично-осадочного происхождения, сформировавшиеся в докембрийских морских бассейнах и представлены мощными толщами кварцево-магнетитовых и кварцево-гематитовых полосчатых пород, известных под общим названием железистых кварцитов.



# Типы руд и требования, предъявляемые к Fe концентратам



Титаномагнетитовые руды содержат основные минералы (магнетит, титаномагнетит и ильменит), второстепенные (мартит, гематит, рутил и хромит) и примеси (пирит, халькопирит, кобальтирит-пиротин, пентландит, сфалерит, гетит, гидрогетит, малахит, азурит и др.). Из нерудных минералов присутствуют роговые обманки, пироксены, полевые шпаты, кварц, биотит и др.

Магнетитовые руды содержат рудные минералы: магнетит, мартит, гетит, гидрогетит и примеси (сульфиды железа, меди и других цветных металлов). Нерудные минералы, главным образом, представлены силикатами из групп гранатов, пироксенов, амфиболов, полевых шпатов.



Гематитовые руды. Важное значение имеют гематито-мартитовые руды месторождений КМА, Атасуйской группы, Криворожского бассейна и Белозерского. Из зарубежных следует отметить месторождения США, Бразилии и Индии.

Бурые железняки являются самым распространенным типом в экзогенных железорудных месторождениях.

Руды осадочных месторождений, как правило, оолитовые. Главными рудными минералами в них являются: гидрогетит, шамозит, сидерит, гетит, гематит, а примесями – пирит, пиротин, псиломелан. Нерудные минералы представлены, в основном, кварцем, хлоритом, каолинитом. Из наших месторождений необходимо отметить Тульское, Камышбурунское, Алапаевское, из зарубежных – месторождения Франции, Испании.



Сидеритовые руды образовались в гидротермальных осадочных инфильтрационных месторождениях. Промышленное значение имеют Березовское, Ахтенское и Бакальская группа месторождений.

Силикатные железные руды, как промышленный тип руд могут рассматриваться только в природных смесях с бурыми железняками.



# Требования к железным концентратам

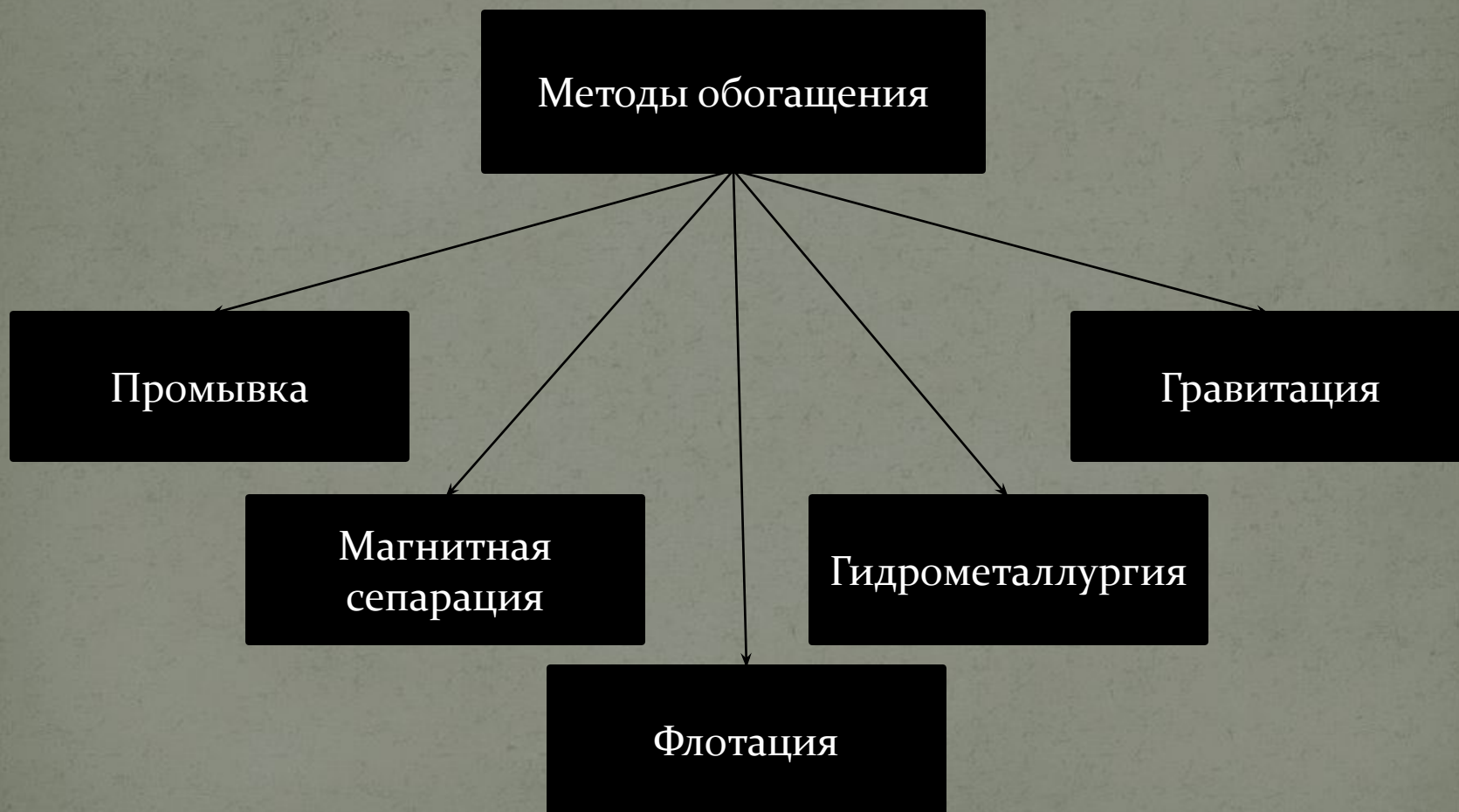
## Кондиции на железорудные концентраты

Сорт руды	Содержание, %					Гранулометрический состав	
	Fe, не менее	S, не более	P, не более	Дополнительные показатели	Влаги	Крупность, мм	Содержание класса, %
Агломерационные	53-61,7	0,4	0,1	–	2,5-10,5	-6(10)+0 -25(35)+25 +25	Не более 10 Не менее 80 Не более 10
Доменантные железорудные	50-53	0,5	0,1	Zn 0,25	1-2	-10+0 -35+10 -28+12 +28(35)	Не более 10 Не менее 80 Не менее 80 Не более 10
Магнетитовые	63-68	–	–	–	9,35-11,5	– -8+0 -60+8 +60	– не более 8 не менее 87 не более 5
Сидеритовые обожженные	50	0,2	–	Mg не более 14		-60+8 +60	Не менее 87 Не более 5
Бурожелезняковые	49	0,08	0,8	–	5-12	–	–
Обжигмагнетитовые	64,5	–	–	–	12,5	–	–

# Требования к химическому составу концентратов

Назначение железорудных концентратов	Содержание, %		
	Fe	SiO <sub>2</sub>	Сумма примесей
	не менее	не более	не более
Для производства трубчатого железа	70	2	3,3
Для производства порошков высшего сорта	72,1	0,15	0,4
I сорта	72,0	0,31	0,6
II сорта	71,7	0,38	1,0
Для аккумуляторов	71,4	1,07	1,4

# Методы обогащения железных руд





## ● Обогащение магнетитовых руд

- Обогащение магнетитовых руд, как у нас, так и за рубежом проводится по магнитным комбинированным схемам (в случае комплексного состава руды). Для магнитного обогащения используют сепарацию в поле низкой интенсивности, для извлечения сопутствующих компонентов обычно применяют флотационные методы обогащения (рис. 13.1 – 13.2).
- Технология магнитного обогащения руд одноступенчатая и предусматривает стадийное обогащение с последовательным выводом нерудной части в хвосты. Число стадий обогащения колеблется от одной до пяти (рис.13.3). Стадийность схем определяется их обогатимостью. Со снижением вкрапленности руд стадийность схем увеличивается. Это увеличение прослеживается в зависимости от разновидности магнетитовых руд в следующей последовательности: магнетитовые руды скарнового типа, титаномагнетитовые, магнетитовые кварциты.
- Вкрапленность нерудных минералов является основным показателем возможности применения сухой магнитной сепарации. Концентраты содержат 62-65% железа.
- Для получения высокосортного концентрата применяется более сложная схема обогащения. Она включает доизмельчение рядового концентрата, магнитную сепарацию, обратную флотацию, сушку и сухую магнитную сепарацию.
- Концентраты зарубежных фабрик содержат 64-70% железа. При извлечении ванадия, сосредоточенного в магните, обычно применяют гидрометаллургический метод. Концентрат, содержащий около 0,6% ванадия, окомковывается и обжигается совместно с содой (300 кг/т), в результате чего ванадиевые соединения переходят в водорастворимые соединения. Выщелачивание ванадия проводится водой. В растворе содержится 10-20 г/л ванадия, который осаждается в слабом растворе серной кислоты. Осадок фильтруется и обжигается при температуре 1000 °С для удаления влаги, хлора, летучих, серы и азота.

- **Обогащение гематитовых руд**
- Объем производства железорудных концентратов из этого типа руд является значительным в общем производстве товарных руд в Канаде, США, Австралии, Мексике, а в Бразилии эти руды являются практически единственным источником железорудного сырья не только для собственного потребления, но и для экспорта в больших объемах.
- Технология обогащения гематитовых руд включает гравитационные, магнитные (в поле высокой интенсивности) и флотационные методы обогащения, которые используются как в комбинированных, так и в обычных схемах обогащения. Последовательность их применения в комбинированных схемах определяется технологической характеристикой руды, главным образом вкрапленностью рудных и нерудных минералов.
- Широко используется для этих руд избирательное дробление, которое при добычи и переработки, природных руд позволяет более бедную часть руды перевести в мелочь и затем выделить ее для складирования или обогащения каким-либо способом (например, грохочением, промывкой в спиральных классификаторах).
- Наиболее крупная обогатительная фабрика КЦГОКа обогащает мартито-гематитовые руды по обжигмагнитной технологии. Химический состав концентрата и хвостов практически не отличается от аналогичных продуктов, полученных из магнетитовых руд. Концентрат содержит 63-65% железа при извлечении 82-83% магнитного железа и 67-68% общего железа.

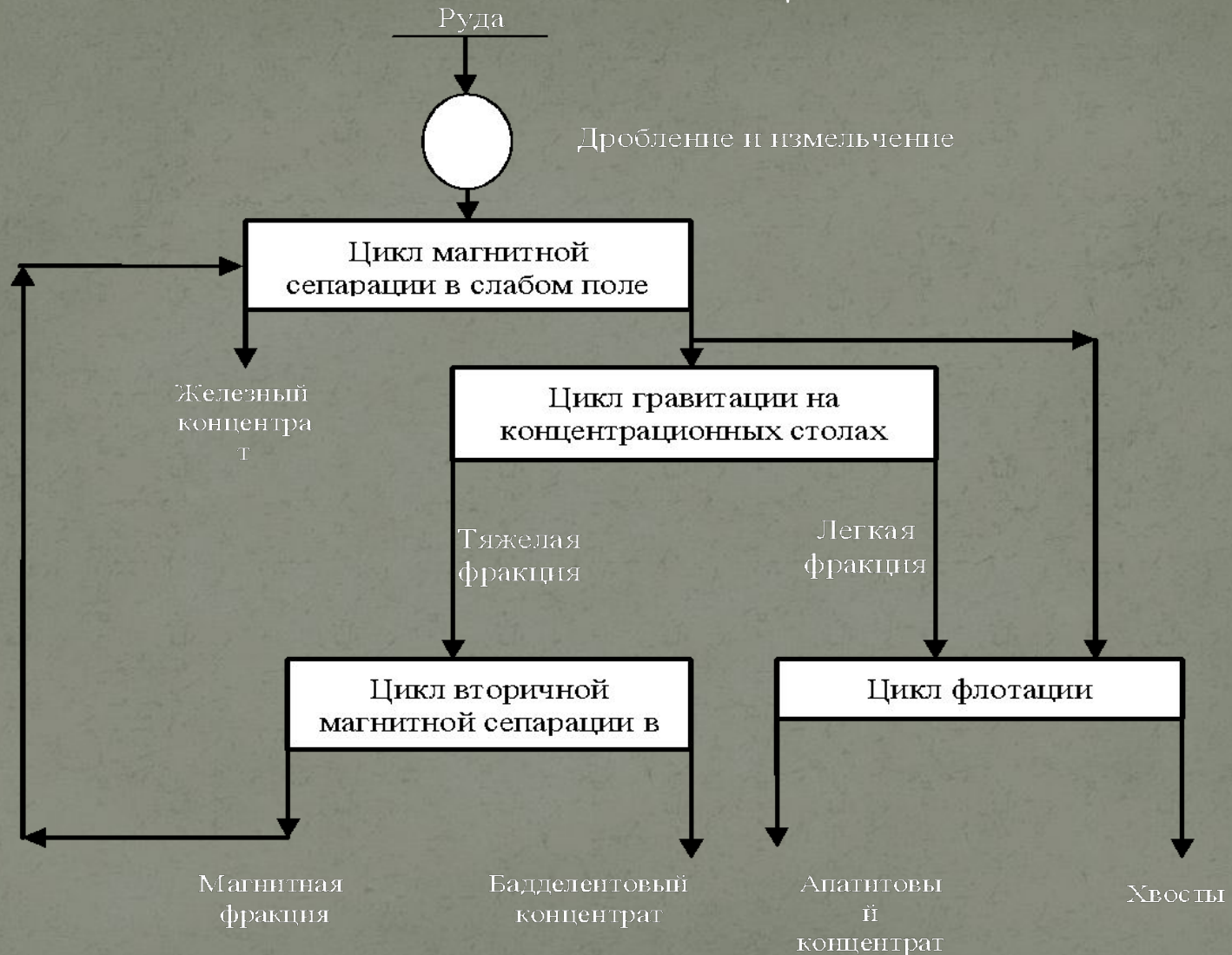


- **Обогащение бурожелезняковых руд**
- Бурожелезняковые руды занимают около 4% от общего объема обогащаемых руд в СНГ. Горно-обогатительные предприятия по переработке этих руд немногочисленны и расположены на Украине, в Казахстане и на Урале. Основные из них следующие: Камыш-Бурунский, Лисаковский, Туканская и Западно-Майгашлинская дробильно-обогатительные фабрики. В большинстве зарубежных стран объем производства железорудного сырья из бурожелезняковых руд сокращается, в связи с невысокой металлургической ценностью получаемых концентратов.
- Обогащение руд производится в основном по промывочным, гравитационным и комбинированным гравитационно-магнитным схемам обогащения. Наибольшее распространение получили промывка, подсадка и обогащение в тяжелых суспензиях. Промывка является одной из основных операций, поскольку в рудах содержится значительное количество глины. Есть чисто промывочные схемы обогащения (Туканская, Западно-Майгашлинская фабрики и Лоун-Старстиль).
- Концентраты содержат 30-43% железа.
- Более совершенные гравитационно-магнитная и обжиг-магнитная технологии обогащения бурожелезняковых руд осуществлены у нас на Лисаковском горно-обогатительном комбинате и за рубежом – на Кремиковском металлургическом комбинате, которые позволяют получать соответственно концентраты с содержанием железа 61,6% и 49,5% при извлечении 85,1% и 70%.



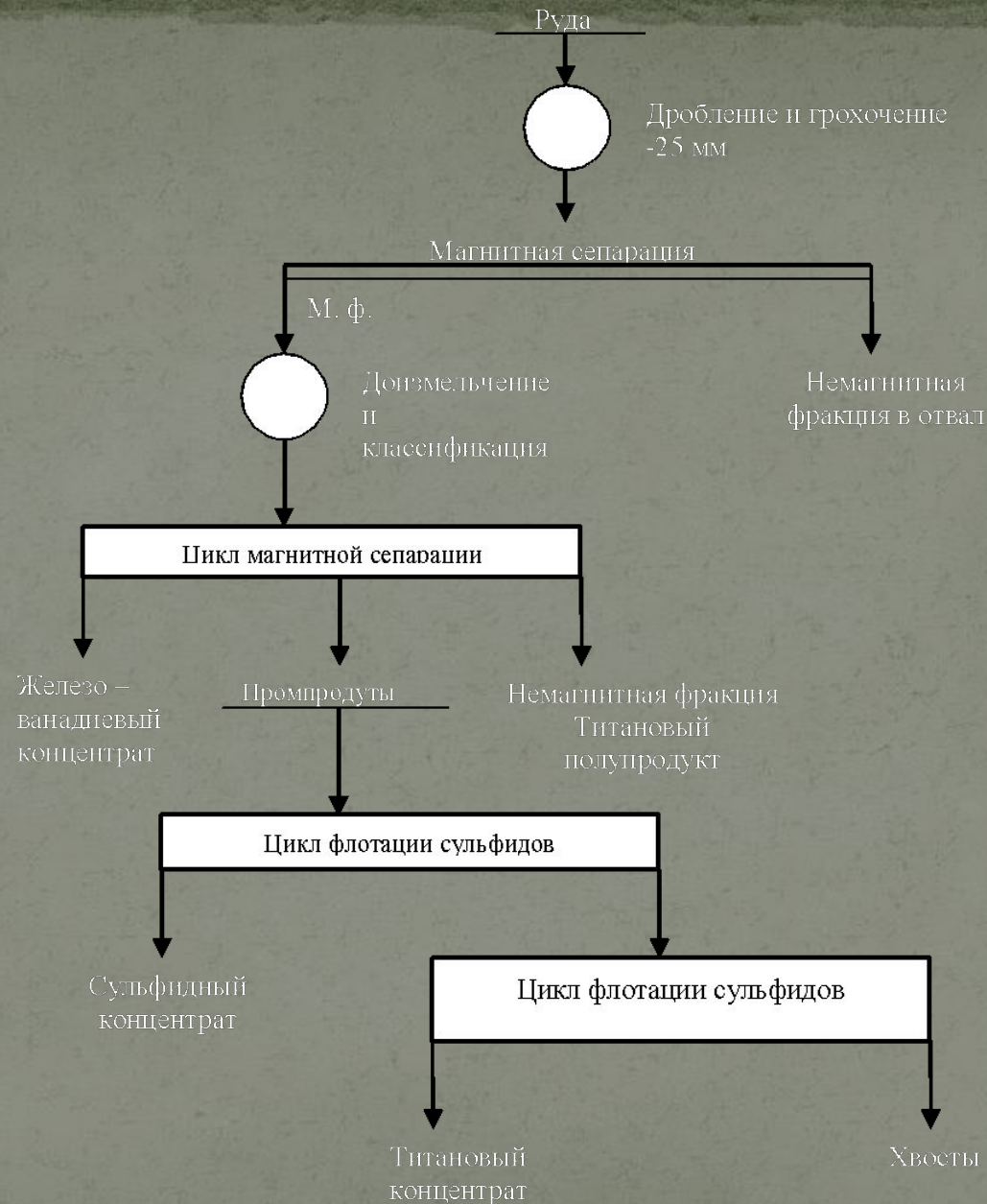
- **Обогащение сидеритовых руд**
- Сидеритовые, как и бурожелезняковые руды, пользуются пониженным спросом на международном рынке в связи с недостаточно благоприятным химическим составом получаемых из этих руд концентратов, что является следствием низкого содержания в них железа.
- Технологическая характеристика сидеритовых руд в основном благоприятна для механического обогащения, так как руды имеют крупную вкрапленность минералов, хорошо поддающихся вскрытию уже при дроблении. Менее благоприятным является минеральный состав руд, представленный различными разновидностями карбонатных, силикатных и бурожелезняковых железорудных минералов, таких как сидерит, шамозит, тюренгит и гидроксилы железа. В рудах часто присутствуют некоторая доля магнетита. Технология и процессы обогащения сидеритовых руд сводятся к гравитационному и обжигмагнитному обогащению. Широкое распространение получили промывка и обогащение в тяжелых суспензиях. Концентраты содержат 39-53% железа.

# Схемы обогащения



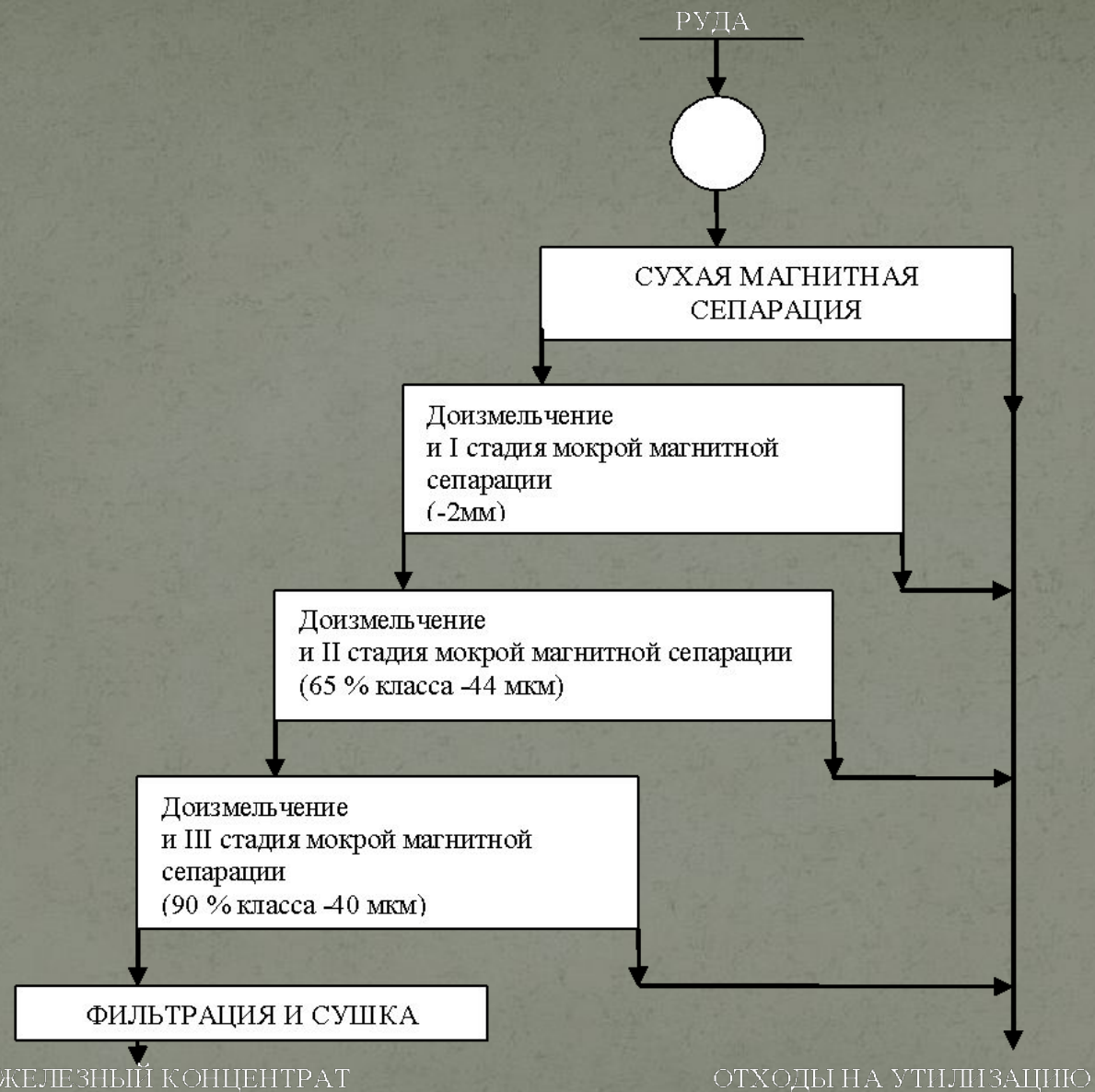
Принципиальная схема комплексного обогащения магнетитовых руд Ковдорского месторождения





Технологическая схема фабрики Качканарского ГОКа  
(титано-магнетитовые руды)





Типовая технологическая схема обогащения железных (магнетитовых) руд