

Технология обогащения руд цветных металлов



Схемы дробления



Сорск

Руда



ККД 1200/150



КСД 2200

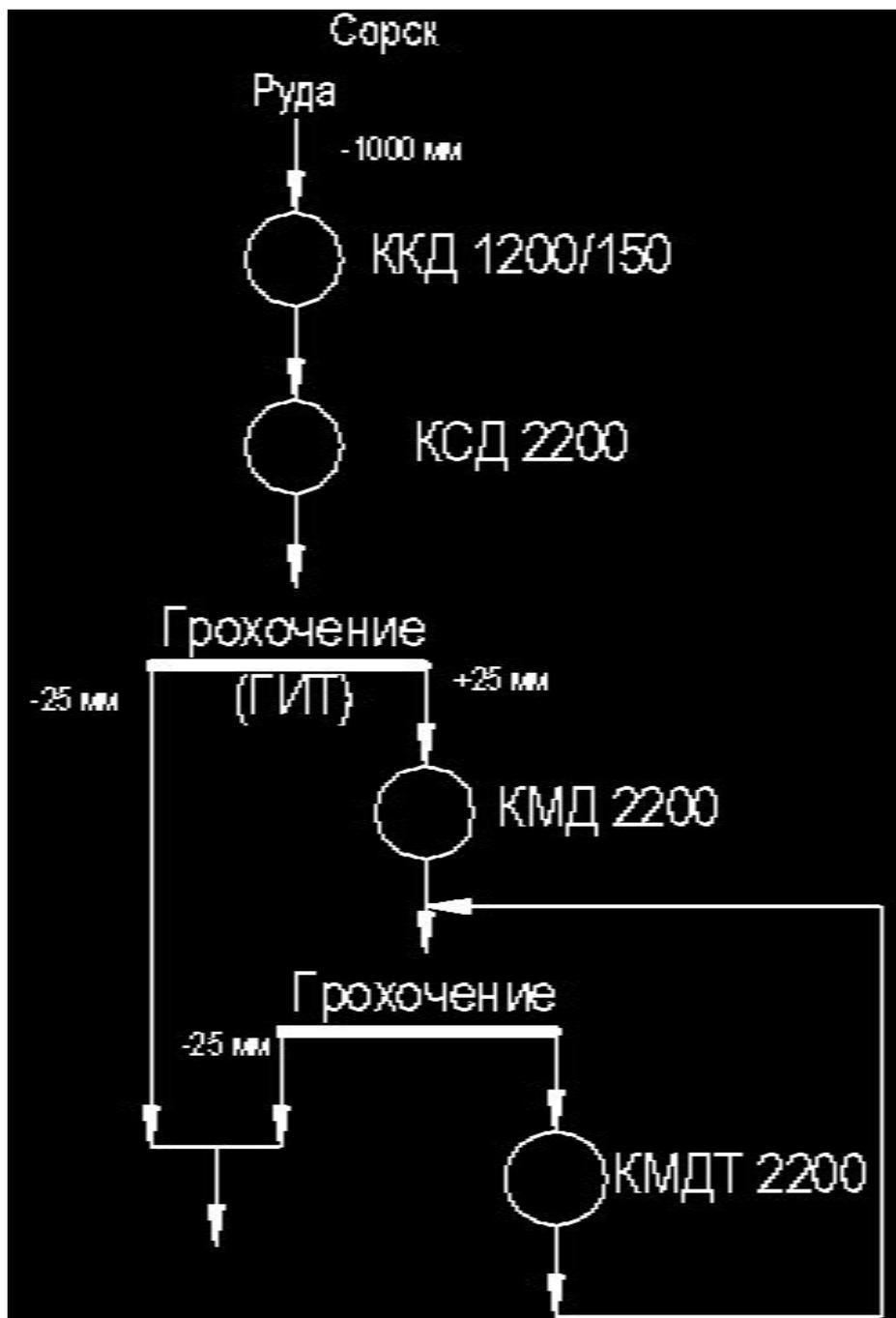
Грохочение

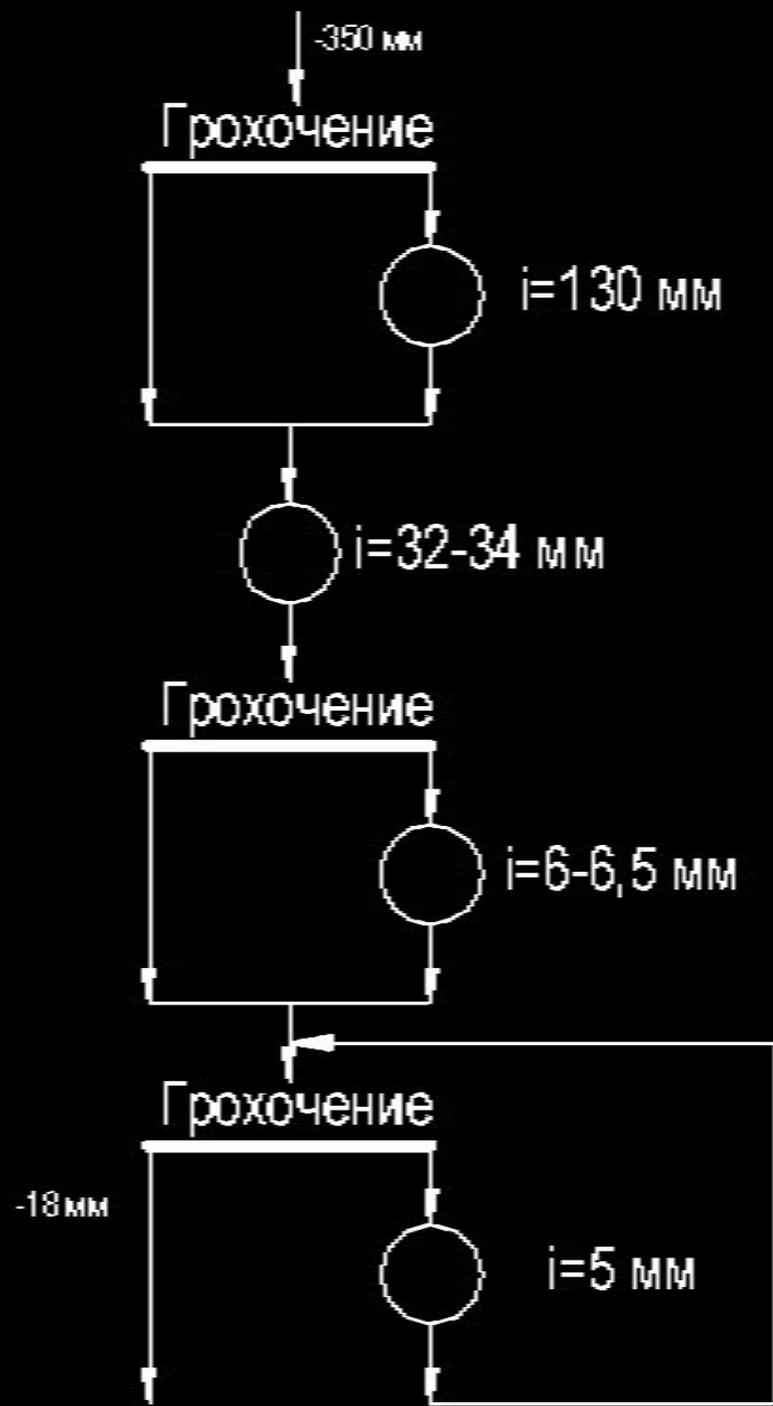
-25 мм



КМД 2200

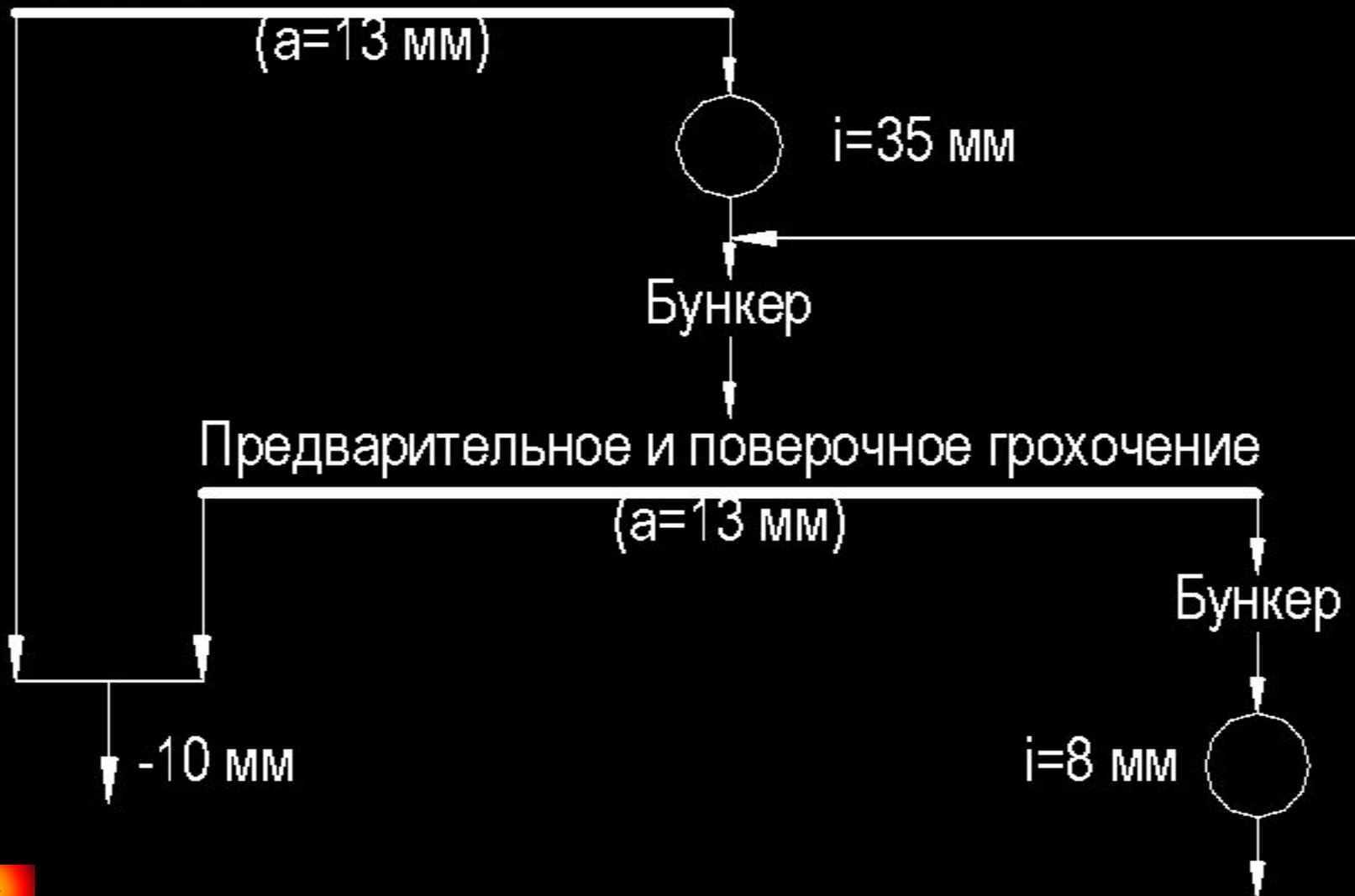






Склад крупнодробленой руды

Предварительное грохочение



Склад крупнодробленой руды

Предварительное грохочение

($a=13$ мм)



Предварительное грохочение

($a=13$ мм)

Бункер



Поверочное грохочение

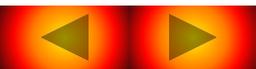
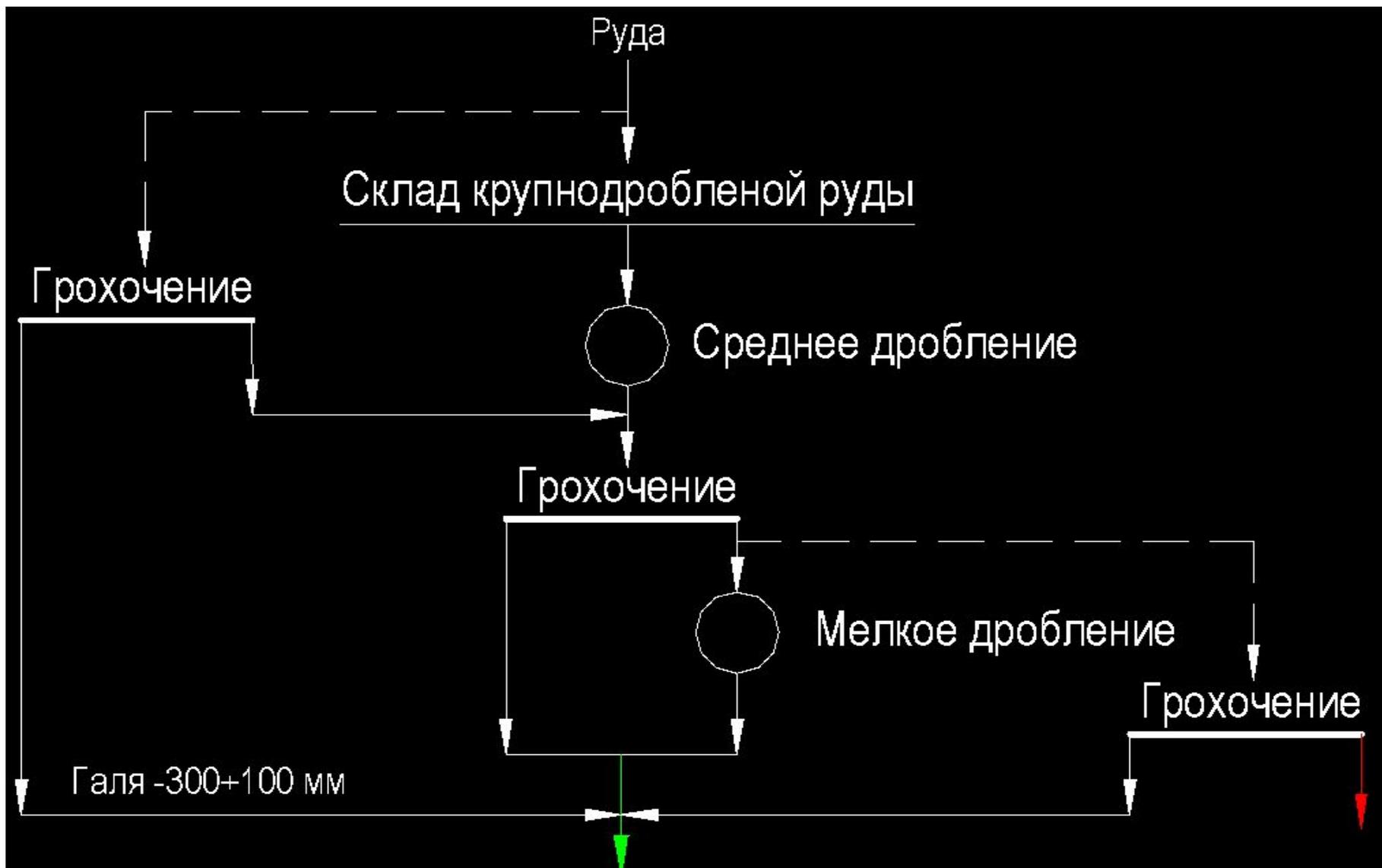
($a=13$ мм)

-10 мм



***Схемы
измельчения с
галечным
помолом***





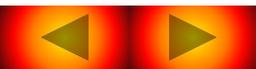
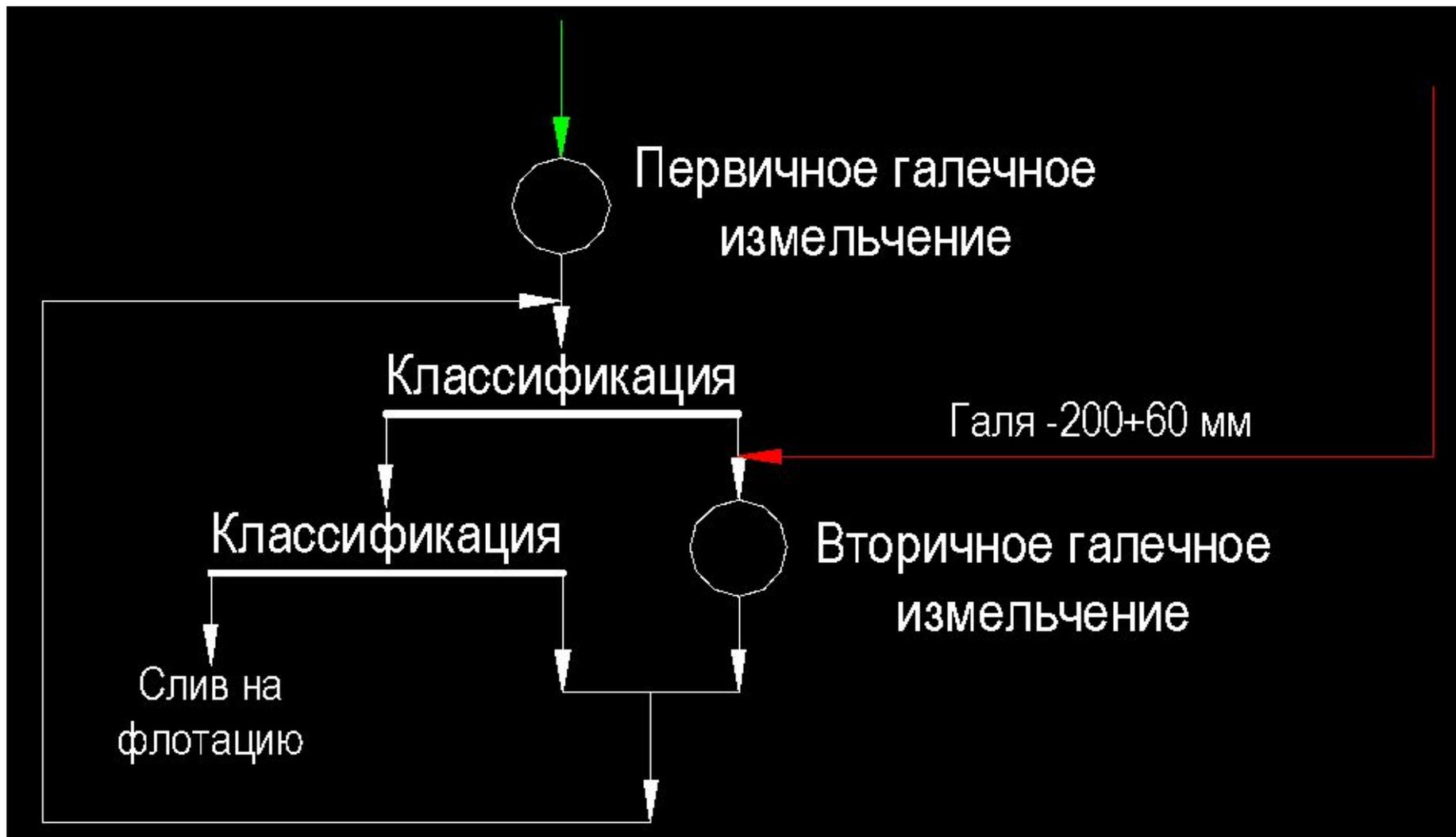


Схема рекомендуется в случаях, когда стоимость шаров и стержней большая и когда имеется возможность выделения крупной гали. Схема сложна из-за большого количества операций грохочения. Пригодна не для всех типов руд.

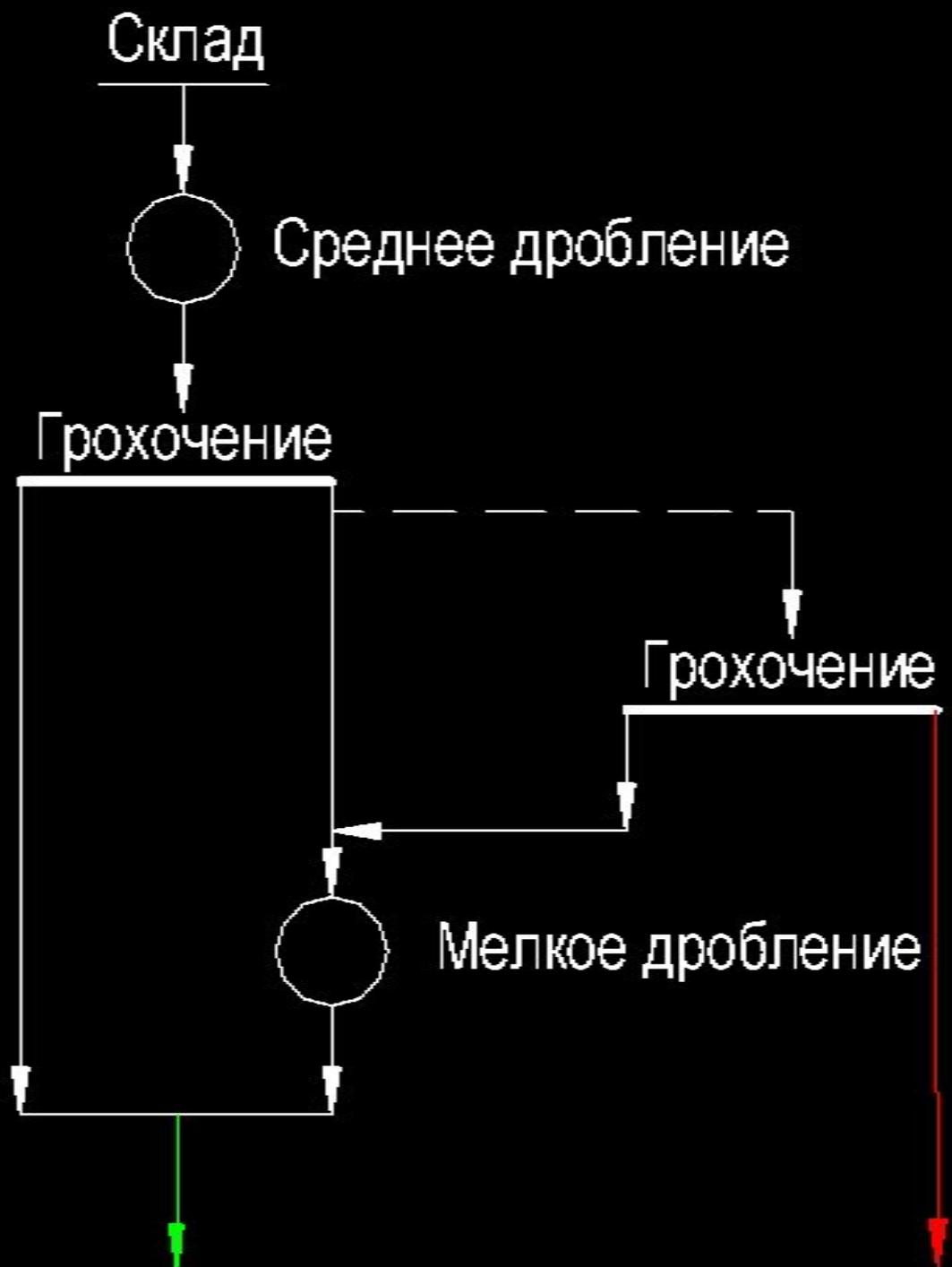


**Имеет преимущество:
вскрытие полезного
ископаемого происходит в
максимально благоприятных
условиях, поэтому все
последующие операции идут
с более высокими
технологическими
показателями обогащения**



Часть недостатков можно избежать при использовании схемы, в которой первая стадия измельчения реализуется в мельницах с металлической дробящей средой, а вторая стадия – в галечных мельницах.





Измельчение

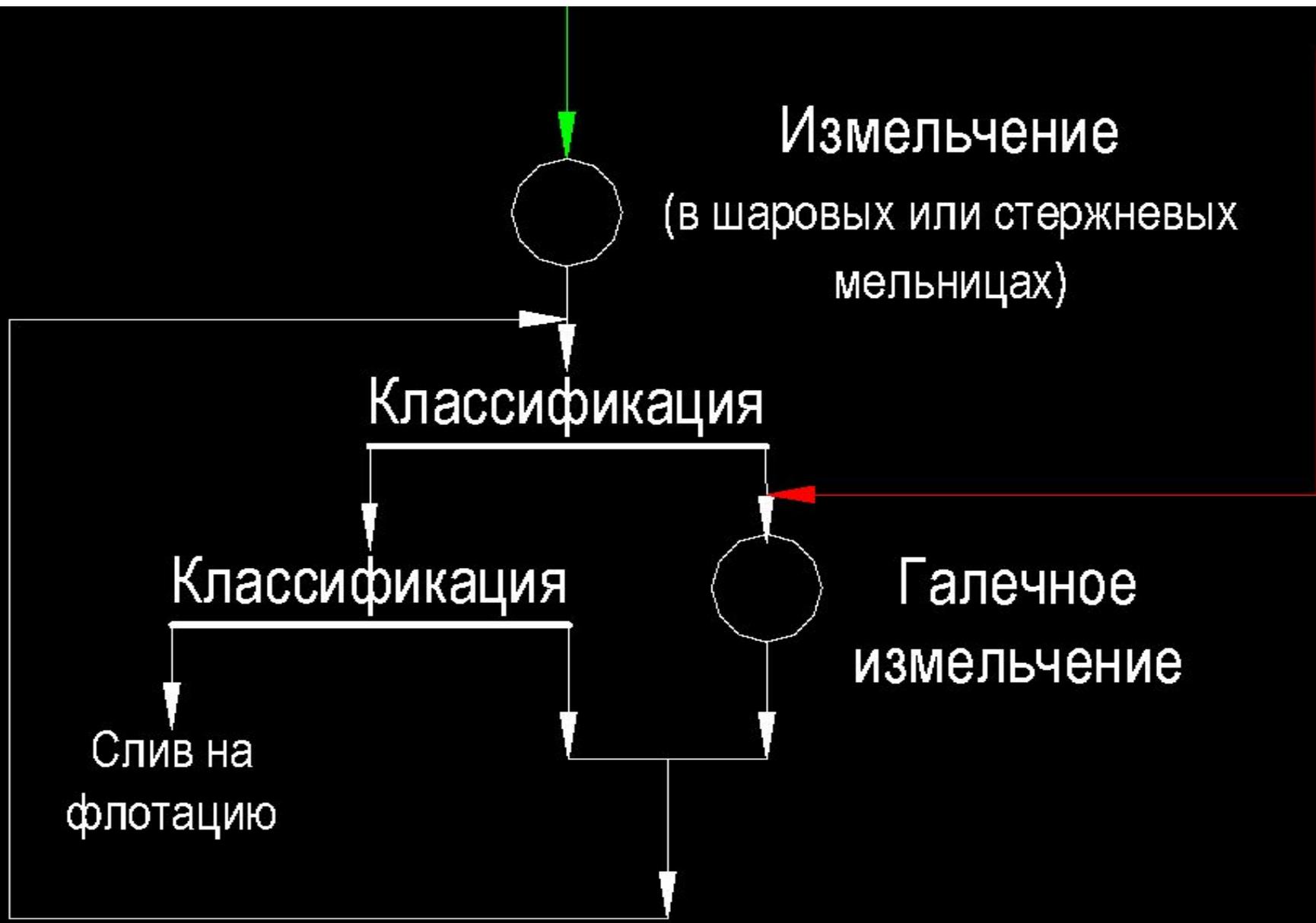
(в шаровых или стержневых
мельницах)

Классификация

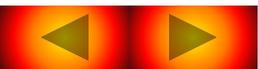
Классификация

Галечное
измельчение

Слив на
флотацию



***Схемы,
реализованные на
мельницах
самоизмельчения***



Достоинства схем

- Отсутствие среднего и мелкого дробления
- Раскрытие зерен по плоскостям спайности

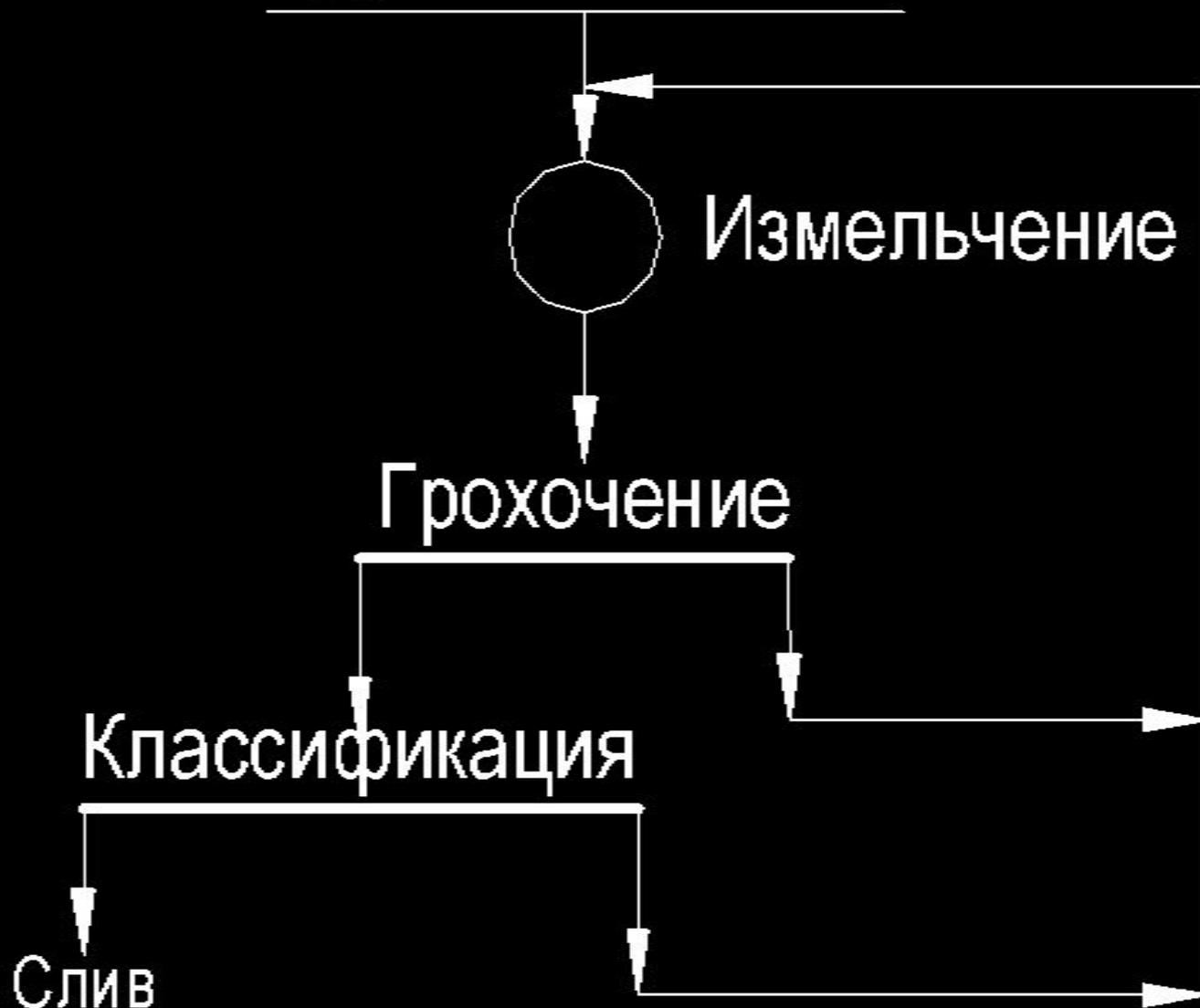


Недостатки схем

- Большой расход электроэнергии
- Низкая производительность, по сравнению со стержневыми и шаровыми мельницами
- Повышенный расход футеровки
- Наличие класса критической крупности



Крупнодробленая
руда со склада



Достоинства схемы

- Простота и удобство
- Легкость регулирования
- Легкость автоматизации
- Компактность



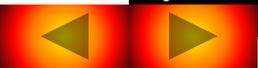
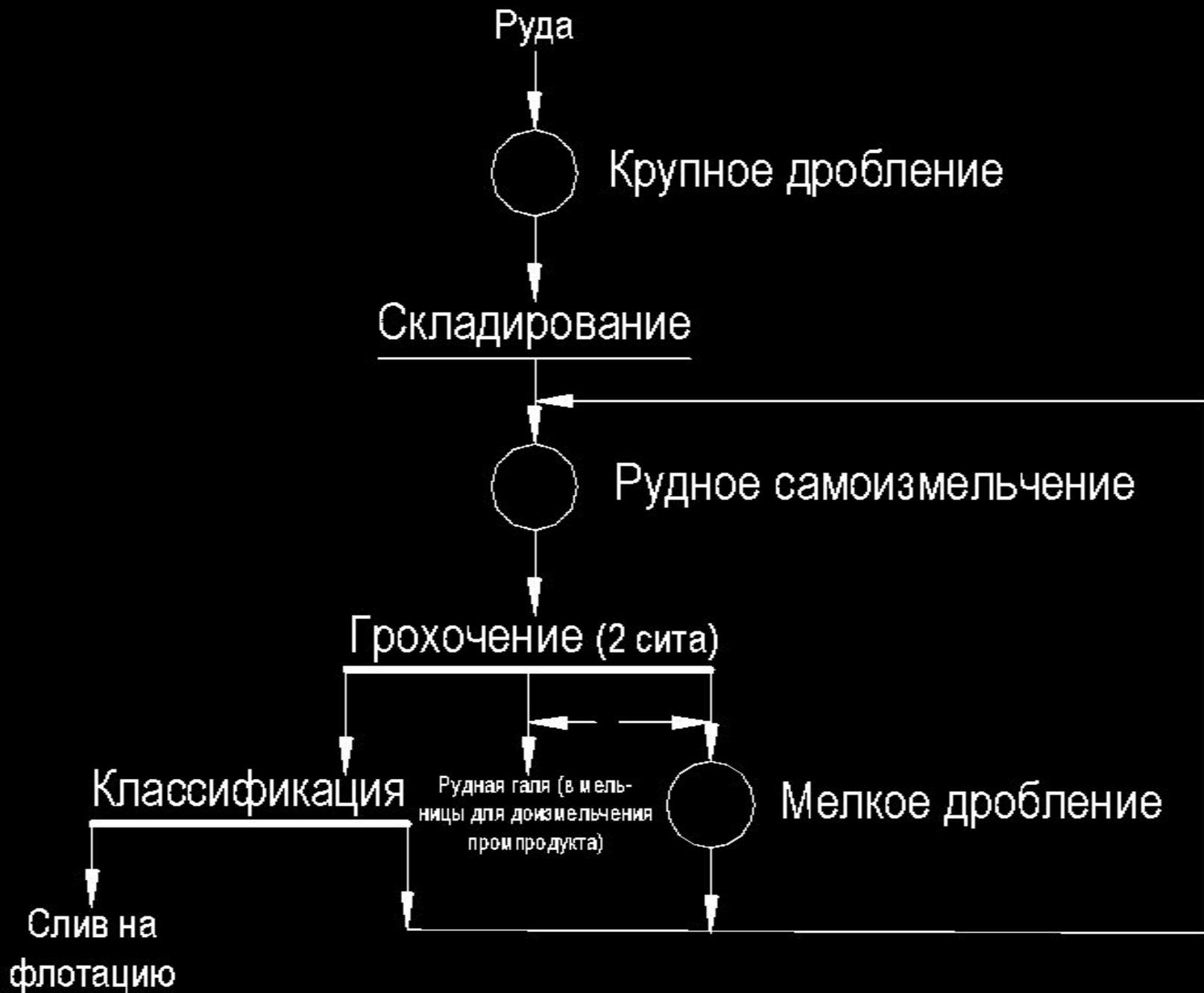
Недостатки схемы

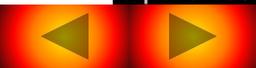
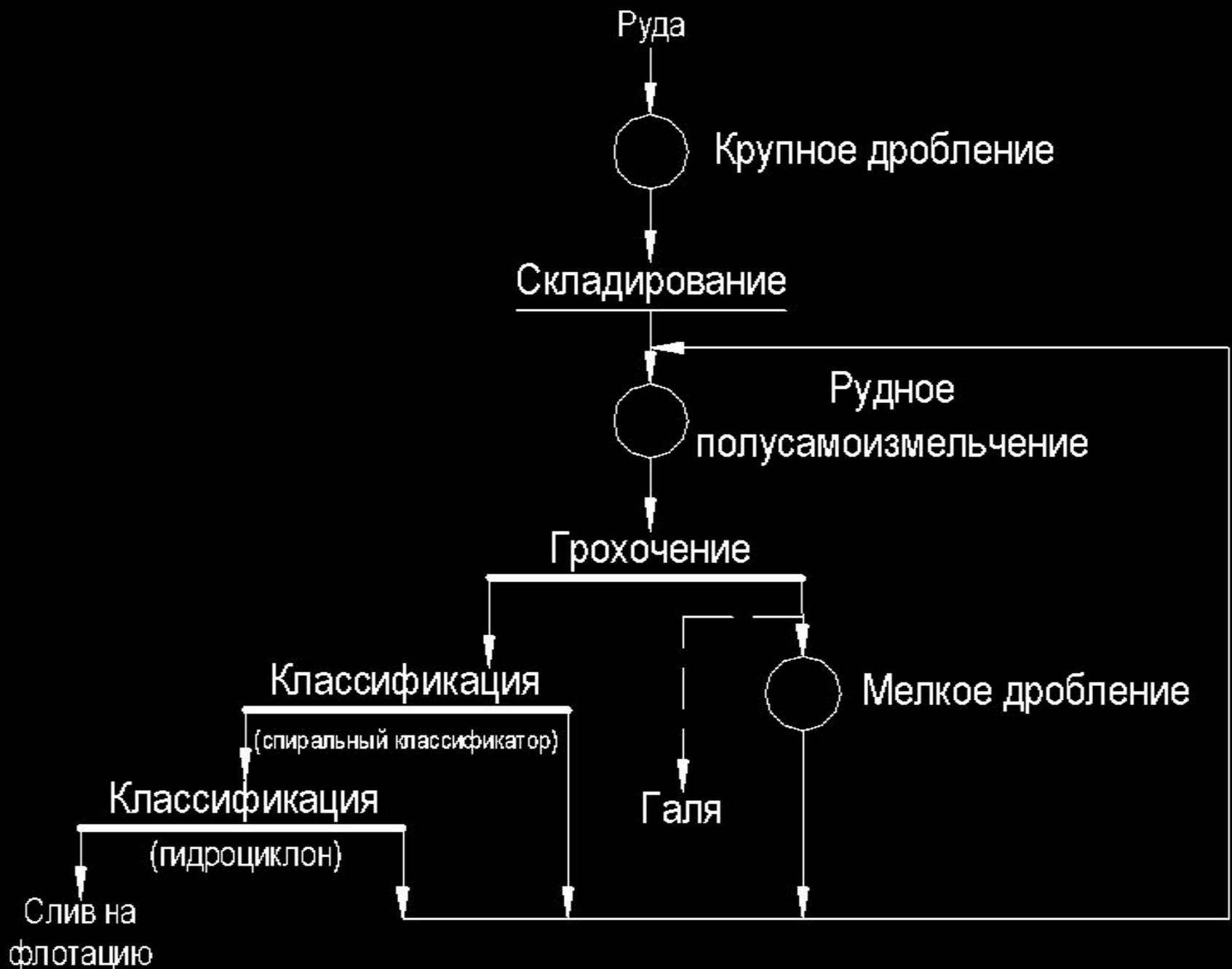
- Нет постоянного количества кусков, выполняющих функцию дробящей среды
- Присутствие кусков повышенной крепости, способствующие образованию классов критической крупности, которые аккумулируются в виде гальки

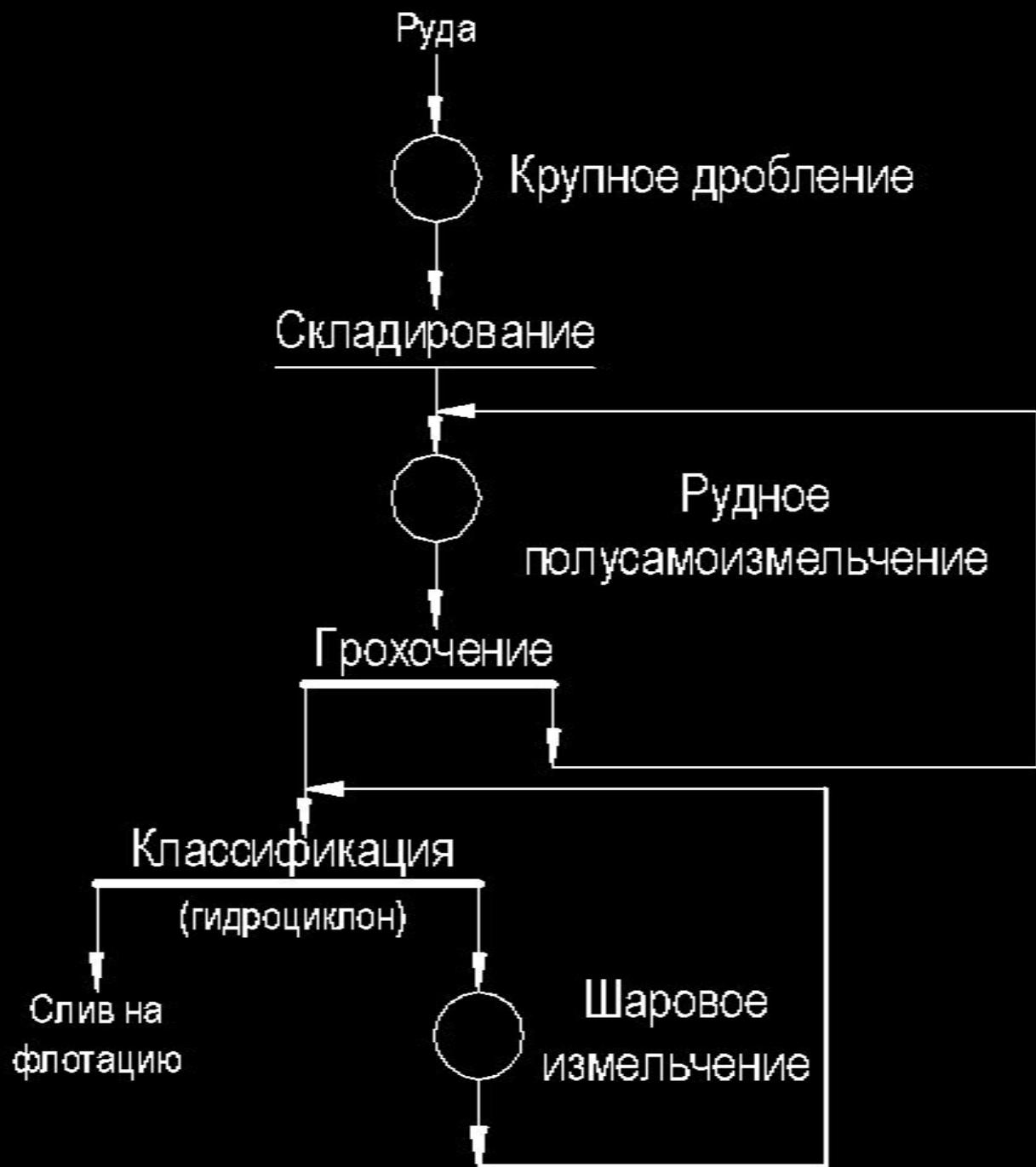


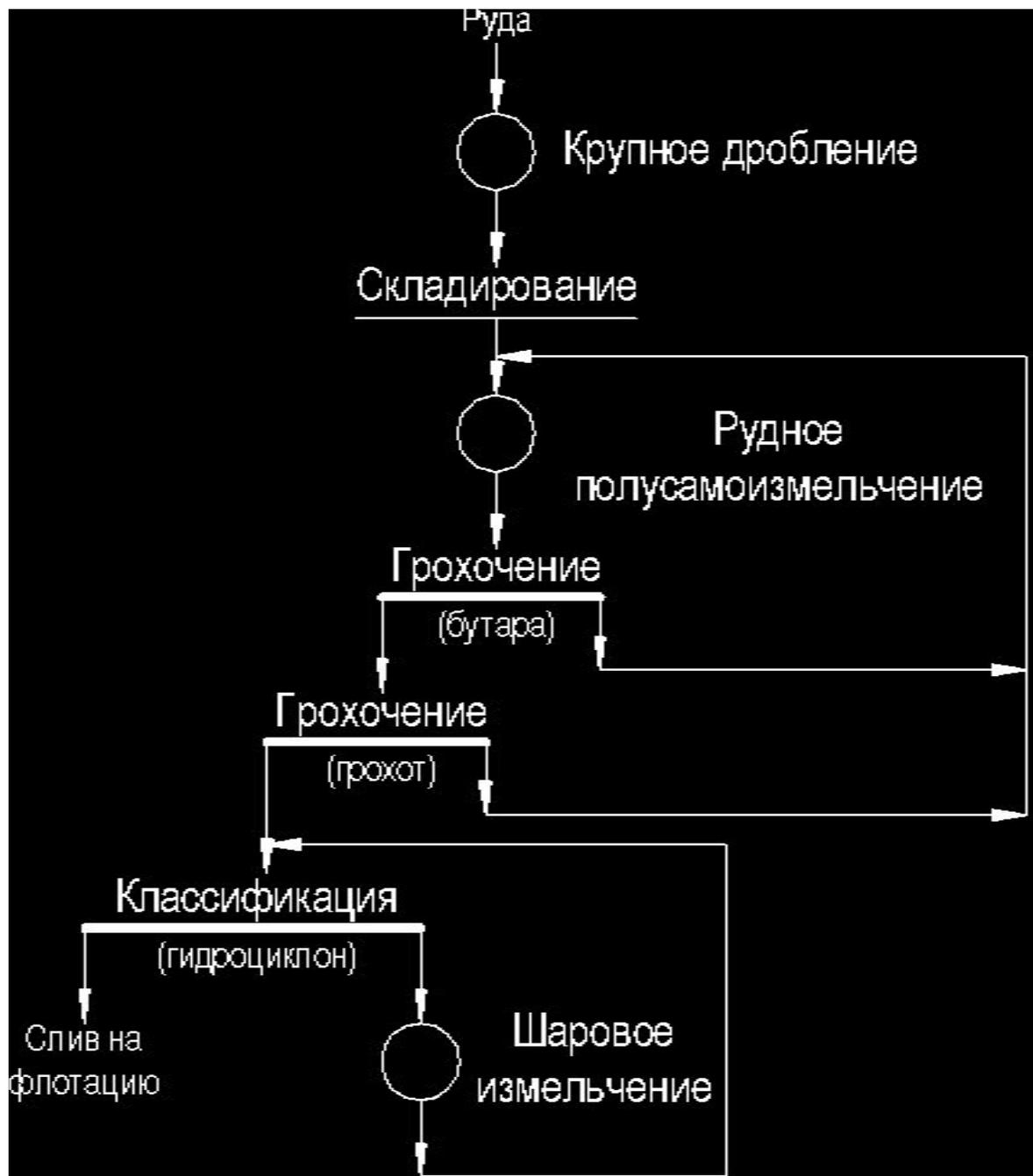
- **Необходимость добавления шаров (режим полусамоизмельчения)**
- **Необходимость дробления кусков критической крупности в дробилках мелкого дробления**









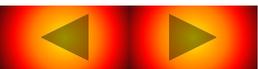
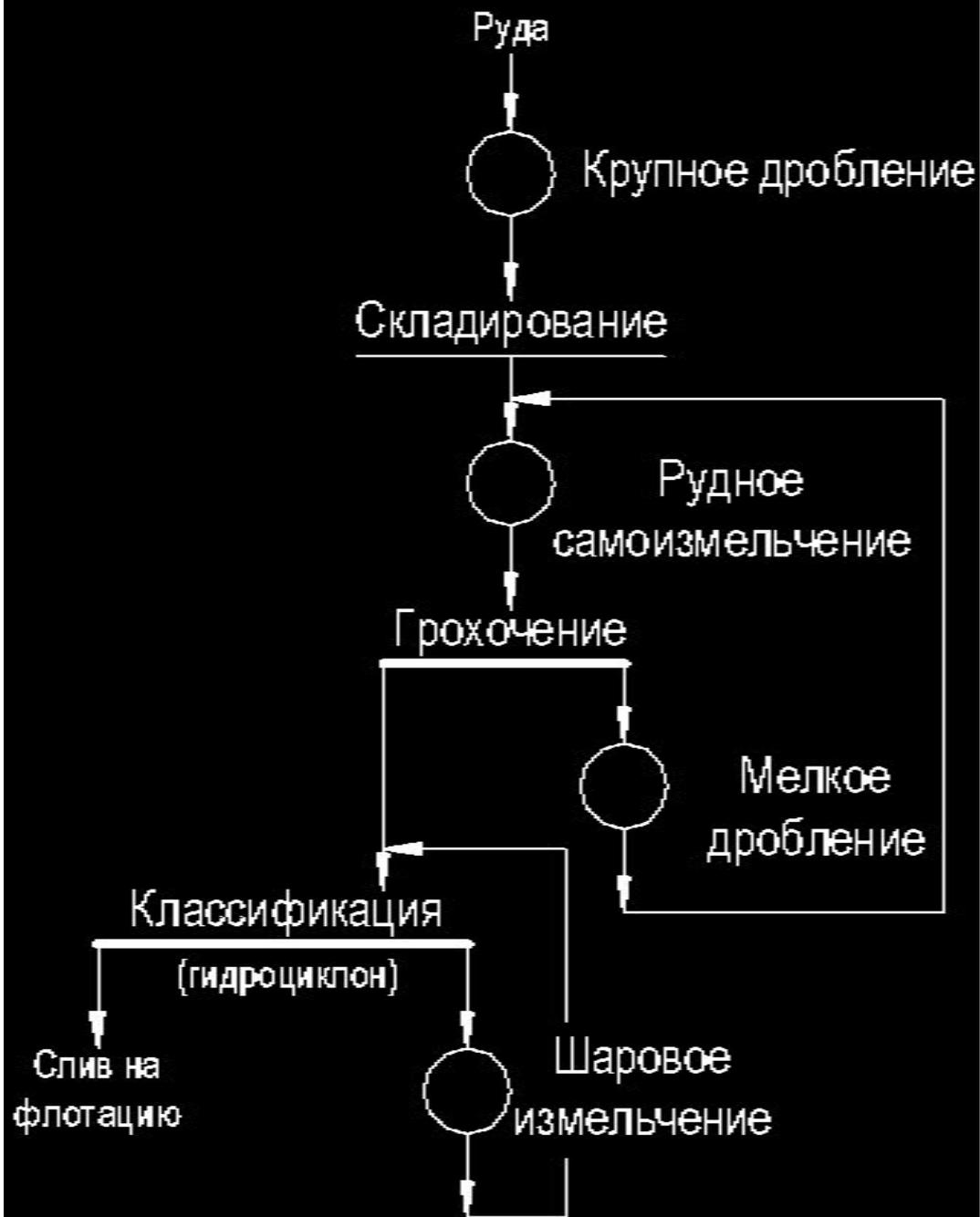


Схемы работают устойчиво, если ограниченное количество кусков критической крупности. Если руда изменчива по составу и количество кусков критической крупности непостоянно, лучше использовать двухстадиальную схему измельчения, в которую введена операция мелкого дробления для додрабливания этих кусков.



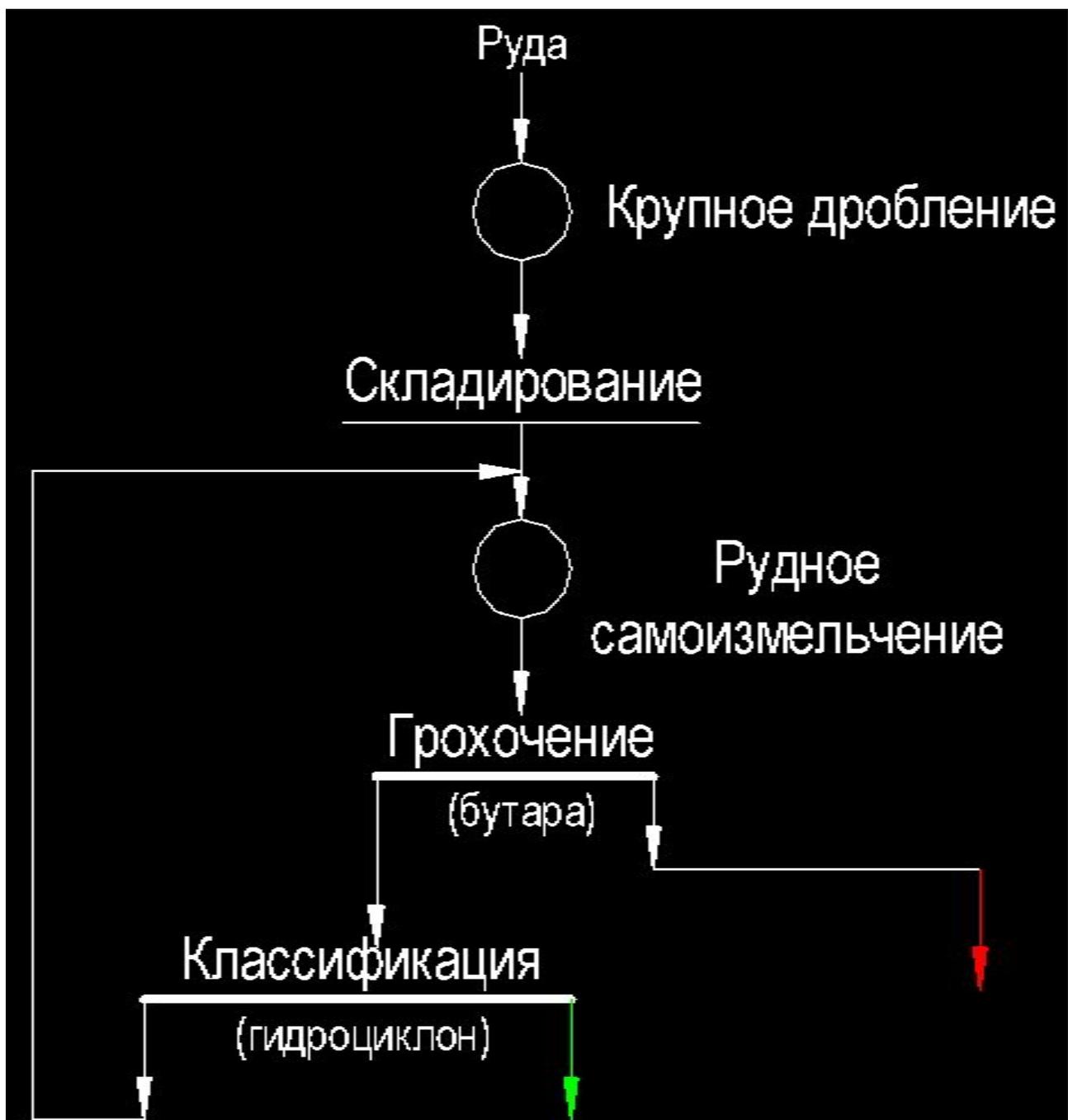
***Схема рудного
самоизмельчения
с додобрабливанием
кусков
критической
крупности***

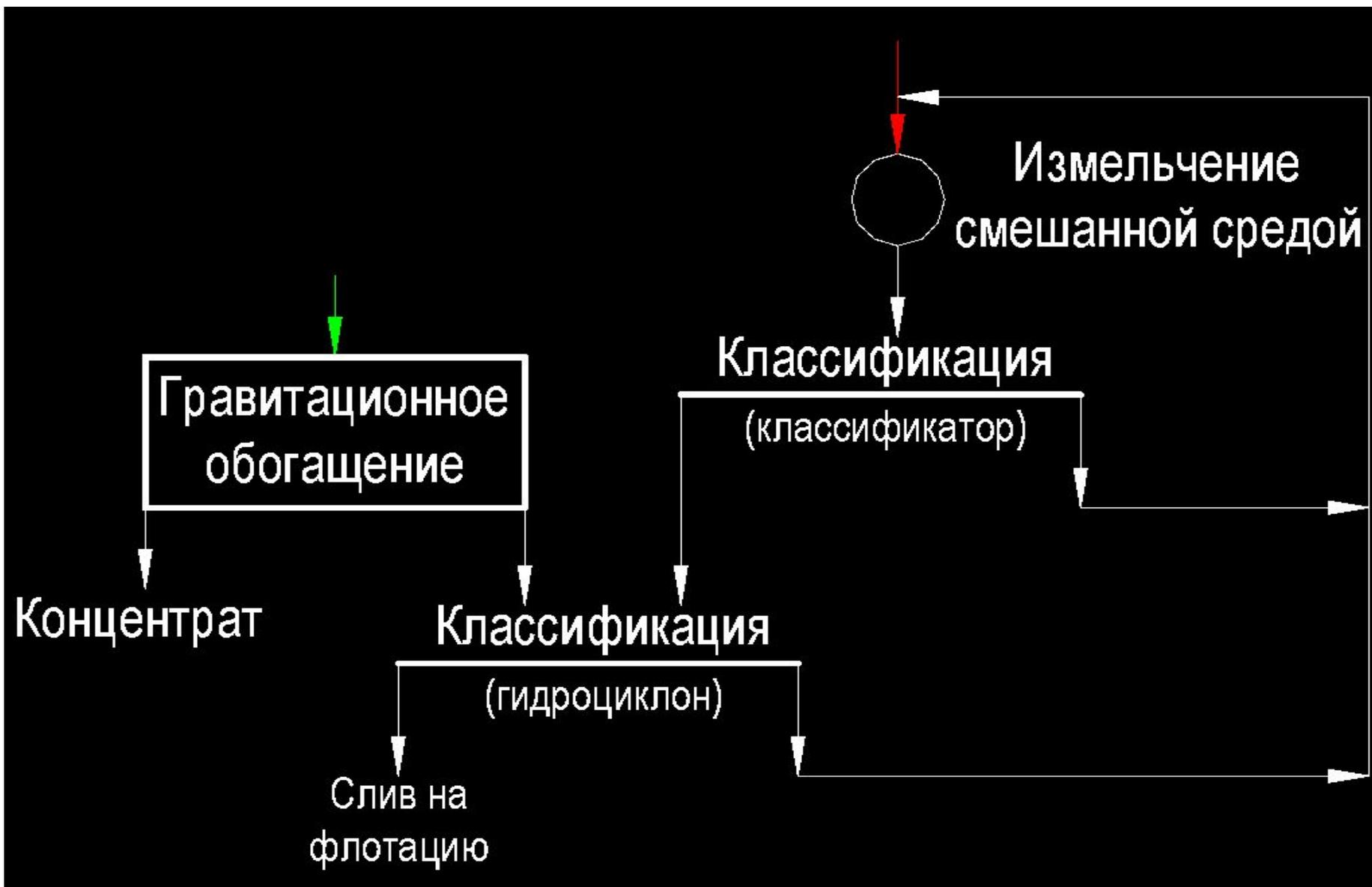




***Схема рудного
самоизмельчения
для
полиметалличес-
ких руд, в составе
которых имеется
свободное золото***

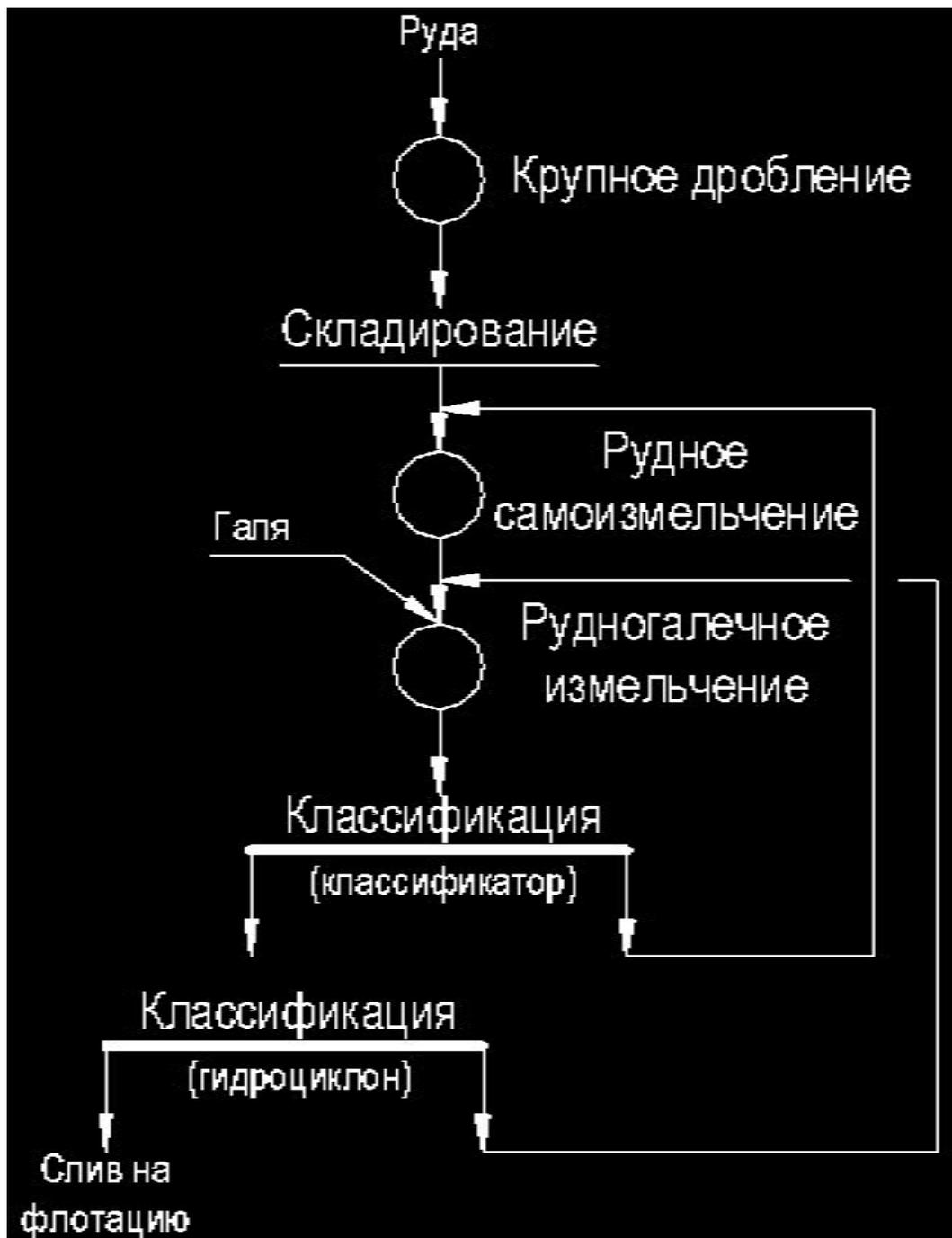


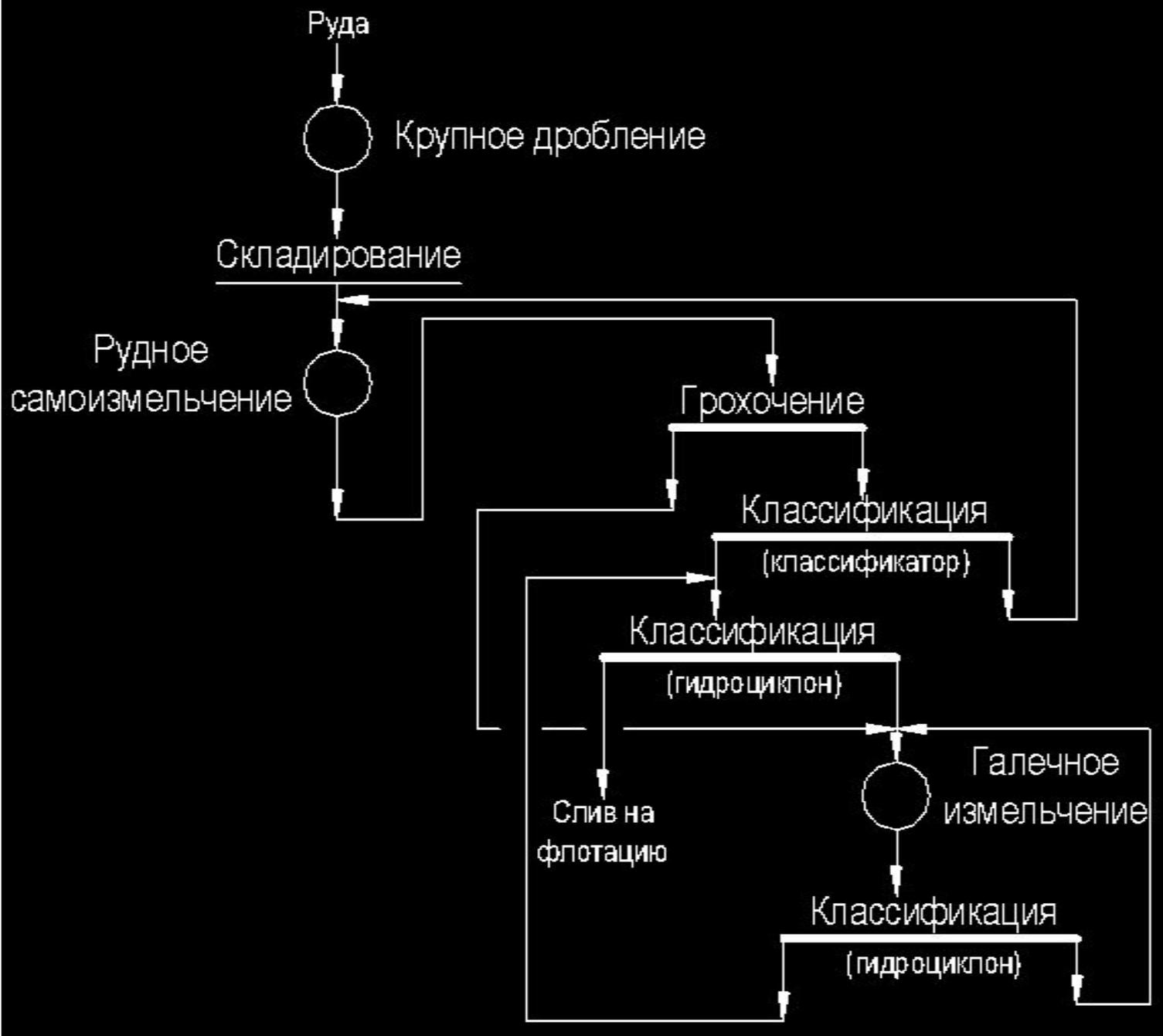




***Схемы
бесшарового
помола***







Если по тем или иным причинам не будет постоянства в грансоставе исходной руды и продукте измельчения первой стадии, то будет нарушение в работе галечной мельницы первой стадии.

Эксплуатационные затраты при самоизмельчении на 10 % ниже, чем в обычных схемах рудоподготовки.



Применение рудного самоизмельчения повышает производительность труда за счет уменьшения численности обслуживающего персонала дробильно-измельчительного оборудования на 30-35 %. При исследовании четырех предприятий было установлено, что мельницы само- и полусамозмельчения потребляют от 13,5-16,5 кВтч/т

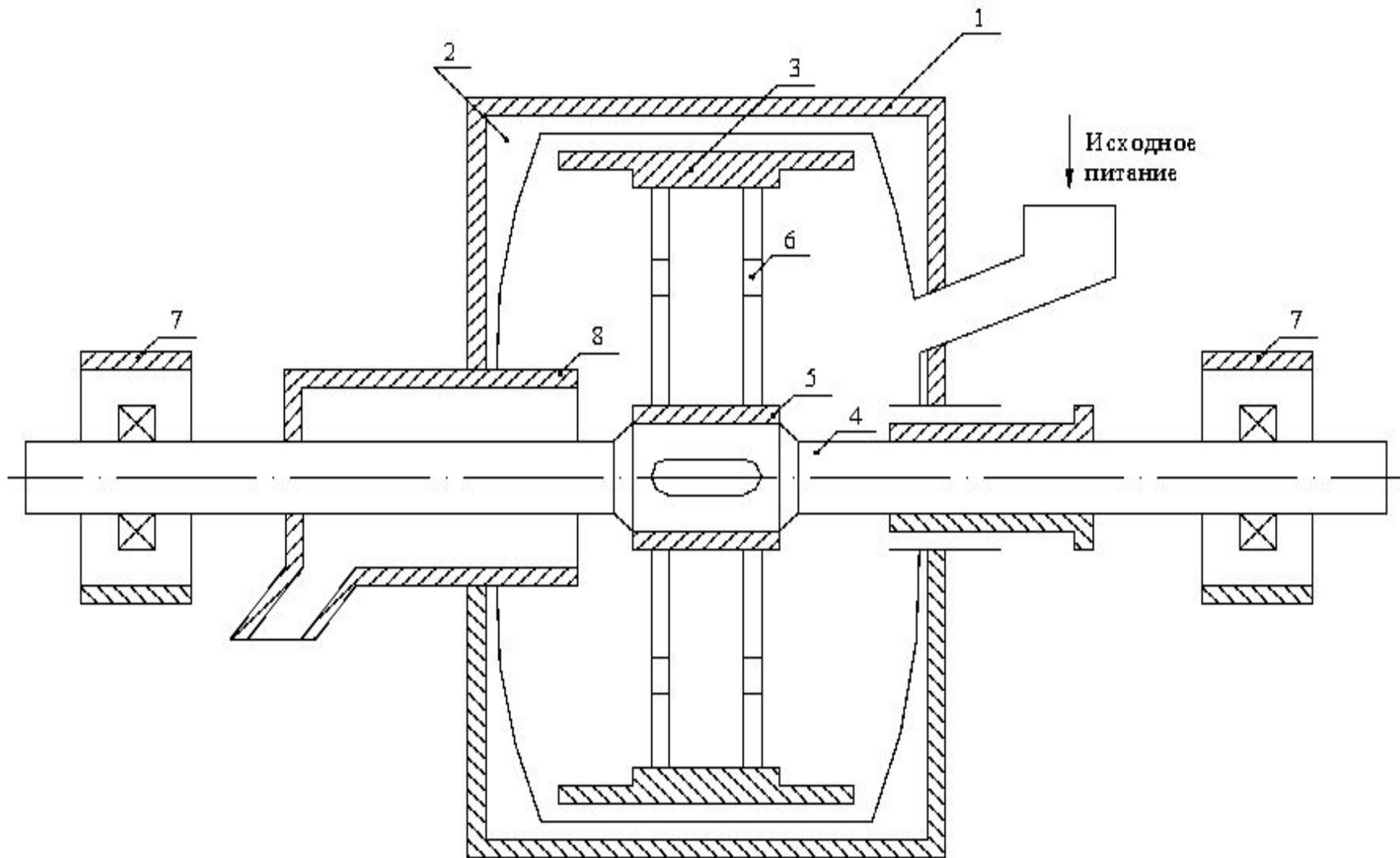


Обычные мельницы при этом потребляют 9,5-13,2 кВтч/т. Если учитывать отсутствие затрат на измельчающие тела, то эта разница, составляющая 20-30 %, уменьшается до 6-18 %.



***Новое
оборудование для
рудоподготовки***





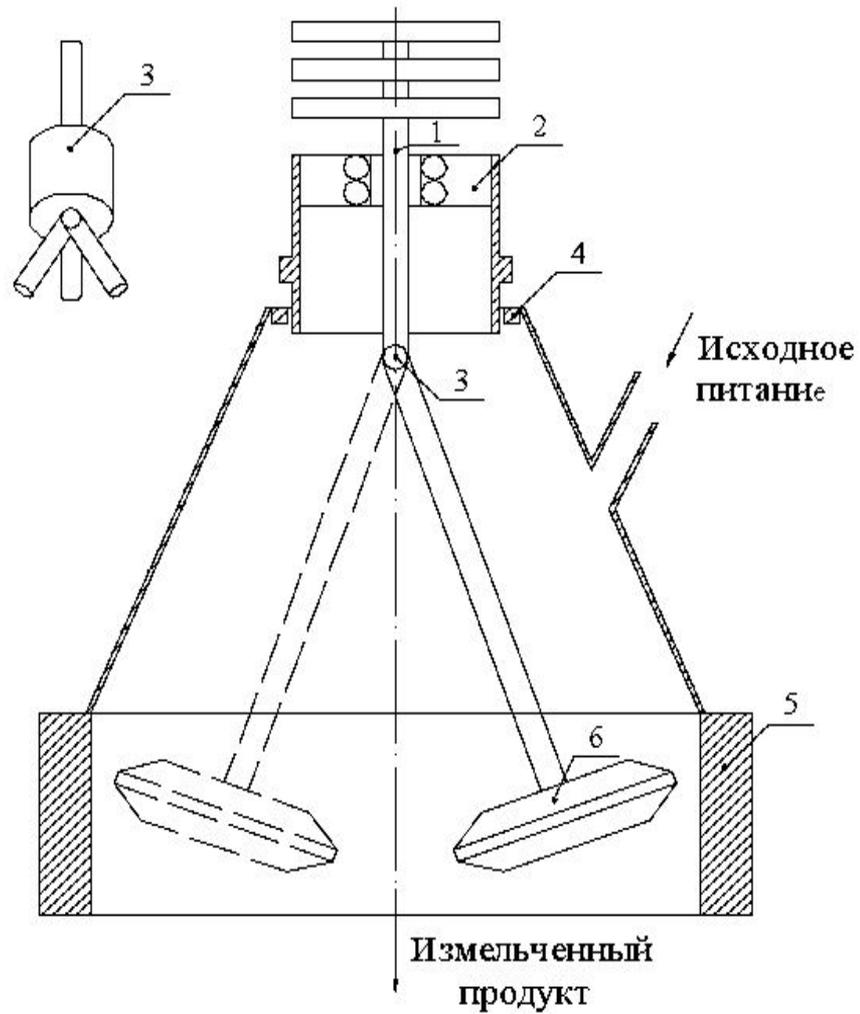
- 1 – барабан неподвижный, состоящий из двух частей;
- 2 – футеровка;
- 3 – ротор с лопатками;
- 4 – вал;
- 5 – ступица;
- 6 - отверстия для внутрикамерной циркуляции дробы и продукта;
- 7 – опорные подшипники;
- 8 – труба соосная валу для предотвращения выброса дробы из барабана мельницы;

Габариты: $L \times B \times H = 4436 \times 1070 \times 1360$ мм; $m = 3120$ кг;

Дробь: $m = 150 - 250$ кг; диаметр = 6 мм;

Полезный объем = $0,38 \text{ м}^3$; $D_{\text{внутр}} = 750$ мм; $L = 1000$ мм;
 n (ротора) = 12 м/с.

Схема установки «Орбимилл»



1. вал;
2. подшипниковая опора;
3. универсальный узел сочленения;
4. шарнирная муфта;
5. корпус;
6. молот.

Медные руды

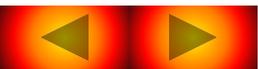


Характеристика основных медных минералов

Минерал	Формула	Содержание меди, %	Плотность, г/см ³	Твердость
<i>Первичные сульфиды</i>				
Халькопирит	CuFeS_2	34,6	4,1-4,2	3-4
<i>Вторичные сульфиды</i>				
Халькозин	Cu_2S	79,9	5,5-5,8	2,5-3
Ковеллин	CuS	64,5	4,6-4,7	1,5-2
Борнит	Cu_5FeS_4	63,3	4,5-5,3	3
<i>Блеклые руды (сульфосоли)</i>				
Тетраэдрит	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{12}$	45-51	4,4-5,1	3,4
Теннантит	$\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{12}$	45-51	4,4-5,1	3,5



Минерал	Формула	Содержание меди, %	Плотность, г/см ³	Твердость
<i>Оксиды</i>				
Куприт	Cu ₂ O	88,8	5,8-6,2	3,5-4
Тенорит	CuO	79,9	5,8-6,4	3,5-4
<i>Карбонаты</i>				
Малахит	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂	57,7	3,9-4,1	3,5-4
Азурит	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	55,3	3,7-3,9	3,5-4
<i>Силикаты</i>				
Хризоколла	CuSiO ₃ ·nH ₂ O	до 45	2,0-2,3	2-4
<i>Сульфаты</i>				
Брошантит	Cu ₄ (SO ₄)(OH) ₆	34,8	3,8-3,9	3,4-4
Халькантит	CuSO ₄ ·5H ₂ O	25,4	2,2-2,4	2,5



Характеристика железосодержащих минералов

Минерал	Формула	Содержание меди, %	Плотность, г/см ³	Твердость
Пирит	FeS ₂	46,5	4,9-5,2	6-6,6
Марказит	FeS ₂	46,5	4,6-4,9	5,0-6,0
Пирротин	Fe ₇ S ₈	60-61	4,58-4,7	3,2-4,5

Минералы отличаются:

- изоморфными свойствами;**
- флотационными свойствами.**



Промышленное содержание меди в рудах, %:

- сульфидных 0,4
- смешанных и окисленных 0,8



По текстурным особенностям руды
подразделяются на:

- **сплошные (содержание пирита 90-95 %);**
- **вкрапленные (медно-порфировые и медистые песчаники).**



Медно- порфи́ровые руды



**Это бедные руды, медь
представлена халькопиритом,
присутствует пирит,
сопутствующим минералом
является молибденит.**



Характеристика медно-порфировых руд

- большие запасы;**
- близкое расположение к поверхности;**
- равномерное распределение ценного компонента**



Медистые песчаники



**Медь представлена
вторичными минералами,
пирита практически нет.
Содержание меди в рудах
0,8-1,5 %.
Основной сопутствующий
минерал – свинец.**



Смешанные и окисленные руды



Характеристика смешанных и окисленных медных руд

- трудная обогатимость;**
- легкая флотлируемость пустой породы;**
- большое количество первичных и вторичных шламов**



***Флотационные
свойства медных и
железосодержащих
минералов***



Для медных минералов

**Собиратели: ксантогенаты и
аэрофлоты**

**Депрессоры: ферро- и
феррицианиды, сернистый
натрий при расходе >400 г/т,
жидкое стекло при расходе >2 кг/т**



Для железосодержащих минералов

Собиратели: ксантогенаты

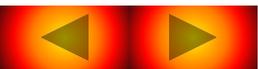
**Депрессоры: известь, цианид при
расходе 5-10 г/т, аэрация воздухом**

**Активаторы: серная кислота,
сернистый газ**



Способы флотации окисленных минералов

- 1. Без сульфидизации -
высокоактивными собирателями**
- 2. Смесь высокоактивных
собирателей - после сульфидизации**
- 3. Сульфидизация в особых условиях
и флотация обычными
ксантогенатами и их сочетаниями**



- 4. Ионизация поверхности
(применение активаторов)**
- 5. Реагенты-активаторы+эмульсия
(олеат натрия+ керосин+
стеариновая кислота)**
- 6. Хелатообразующие реагенты+
амиловый КХ**
- 7. Реагенты-собиратели с
аналитической группой для меди
самостоятельно и в сочетании с КХ**



***Технологические
схемы и режимы
для медных и
медно-пиритных
руд***



Эти руды характеризуются неравномерной вкрапленностью и поэтому для более полного их извлечения необходимо использовать стадильность измельчения. Шламуемость минералов, особенно вторичных медных, часто требует раздельной флотации песков и шламов.



**Эти схемы широко
применяются для медных руд.
Технология схем традиционна:
число перечистных операций
около двух, контрольных
операций, как правило, одна,
очень редко две.**



Технологические схемы для руд, в которых пирит находится в незначительном количестве и его выделение в отдельный концентрат нецелесообразно, характерны для медистых песчаников. В этих рудах медь представлена вторичными сульфидами: халькозином, ковеллином (руда Джебказганского месторождения).



Медная руда Дзезказганского месторождения характеризуется неравномерной вкрапленностью медных минералов: от 5 мкм до 0,5 мм.

Медь представлена на 40 % халькозином, на 40 % - ковеллин-борнитом, на 20 % - халькопиритом.



**Технологическая схема
обогащения медистых песчаников
на Дзезказганской фабрике
включает трехстадиальное
дробление до 20 мм и
двухстадиальное измельчение до
крупности 60-65 % класса –0,074
мм.**

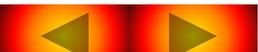


Измельчаемая руда подвергается классификации в гидроциклонах на шламы (80-85 % класса - 0,074 мм) и пески (25-30 % класса - 0,074 мм), которые флотировются в отдельных циклах.

Это способствует высокой стабильности процесса при колебаниях содержания меди в руде и повышению извлечения ее в концентрат.



**Основная флотация
шламов проводится при
содержании твердого в
пульпе 20% с применением
сернистого натрия (15-20г/т),
бутилового ксантогената
(12-16 г/т) и вспенивателя
Т-66.**

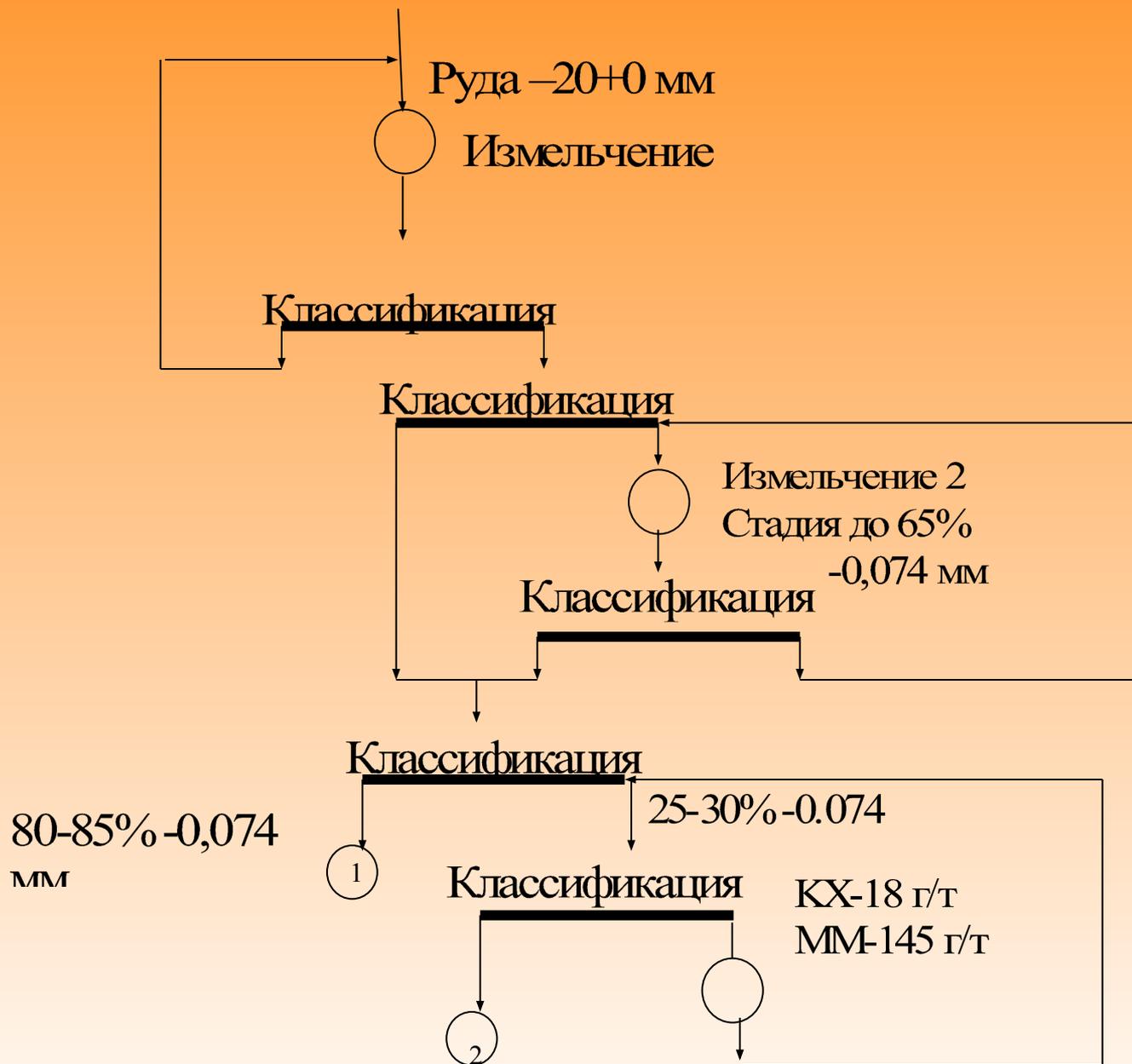


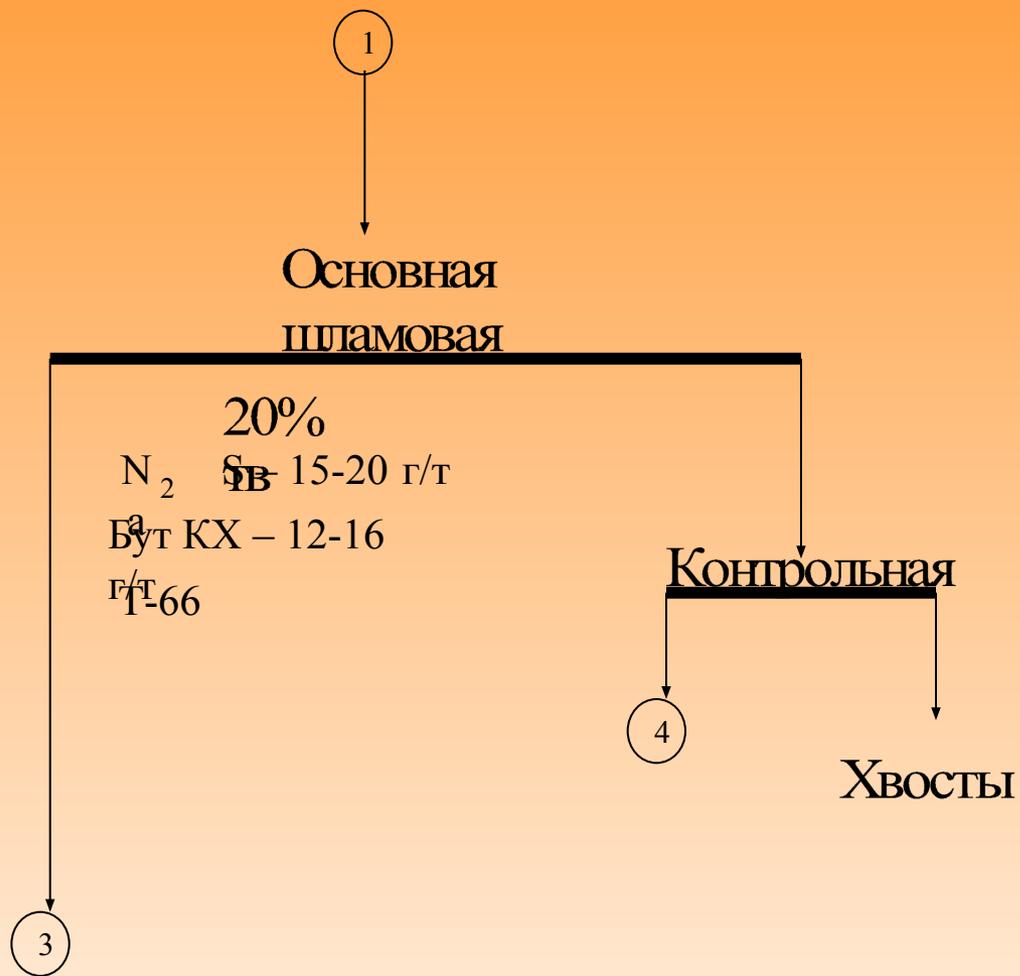
Пески при содержании твердого 68-75 % доизмельчаются до 60 % класса -0,074 мм в присутствии ксантогената (18 г/т) и машинного масла (115-145 г/т), добавляемого для улучшения флотиремости крупных частиц, смешиваются с промпродуктами шламовой флотации, обрабатываются сернистым натрием и направляются на основную флотацию.

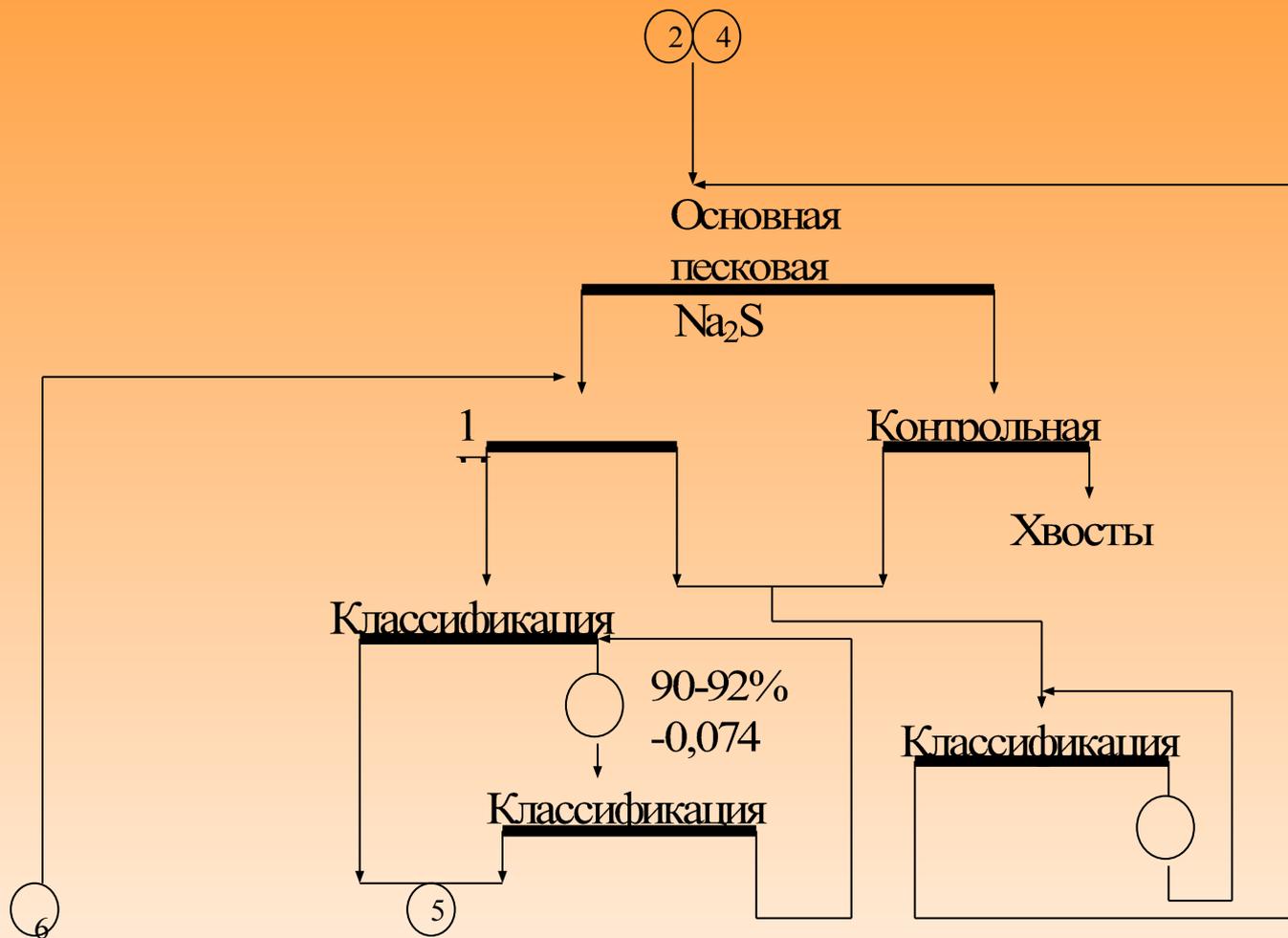


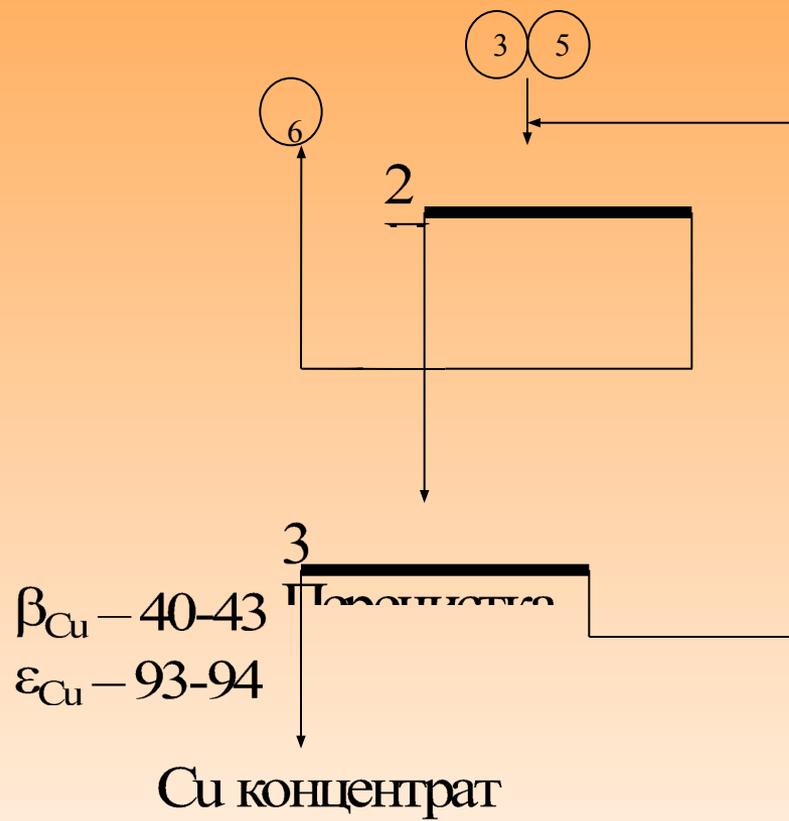
**Медный концентрат первой
перечистойной флотации
доизмельчается до крупности 92
% класса -0,074 мм и вместе с
медным концентратом
шламового цикла дважды
перечищается с получением
медного концентрата,
содержащего до 40-43 % меди
при извлечении 93-94 %.**











Для медных руд, в которых содержание пирита в руде такое, что предусматривает его выделение, применяют прямые селективные и коллективно-селективные схемы. Основная задача: разделение медных минералов и пирита.



Недостатки прямой селективной схемы:

- Большой фронт флотации
- Повышенный расход реагентов
- Большой расход электроэнергии



Достоинства прямой селективной схемы:

- Простой реагентный режим
- Меньший ассортимент применяемых реагентов
- Более богатые получаемые концентраты



Недостатки коллективно-селективной схемы:

- Сложный узел десорбции реагентов, используемых в коллективном цикле, с поверхности минералов, которые предстоит разделить
- Коллективный концентрат трудно разделить



Гайская обогатительная фабрика

Коллективный цикл флотации проводится при $pH=7-7,5$.

**Расход ксантогенатов (сочетание)
- до 100 г/т,
пенообразователя – 40-60 г/т.**



**рН медной флотации >10,
обеспечивается подачей
извести при расходе 1-5 кг.**

**Подаются селективно
действующие собиратели:
аэрофлот до 15 г/т,
меркаптаны, тионокарбоматы.**

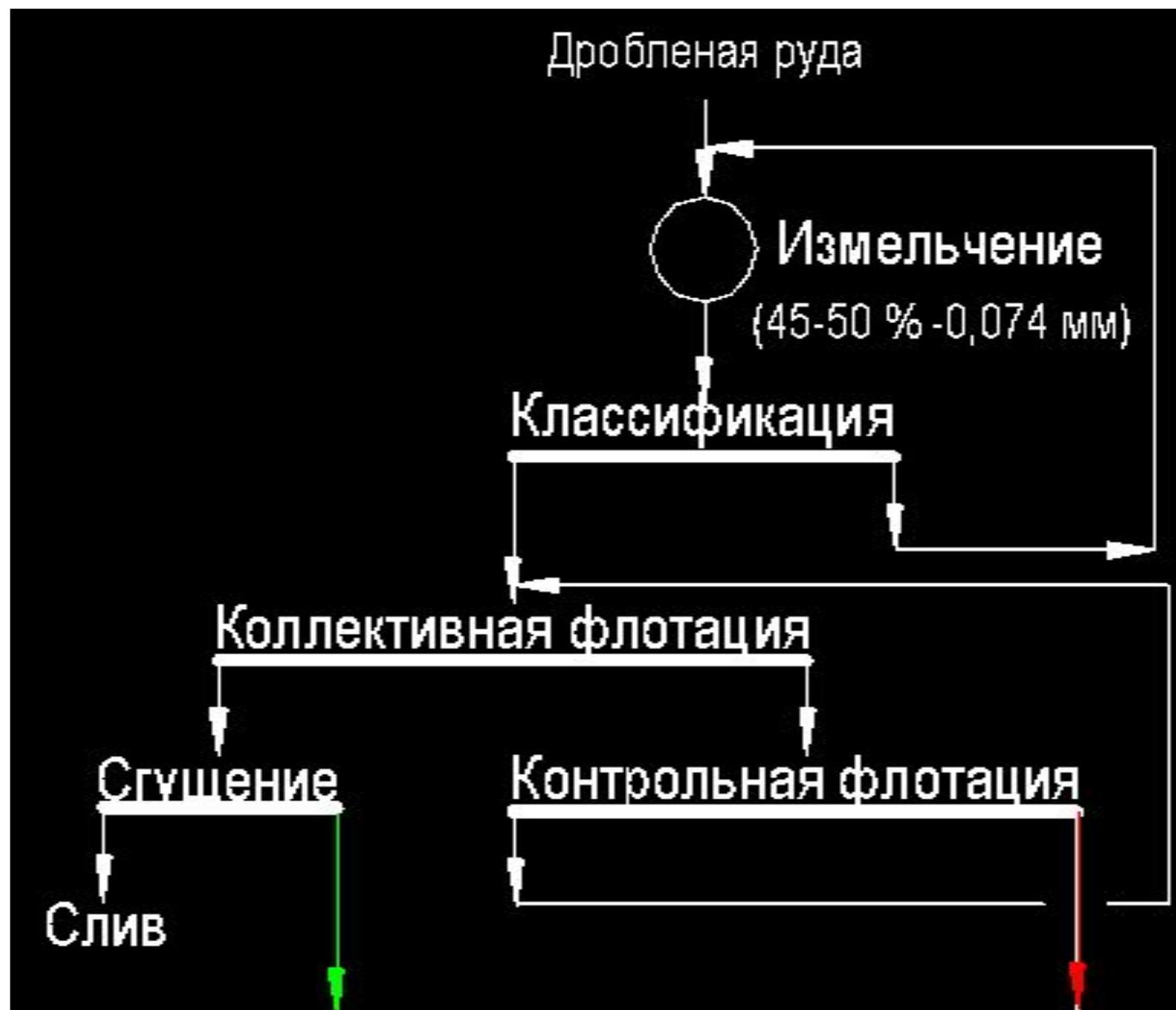
**Часто процесс ведут на
остаточной концентрации
коллективного цикла.**

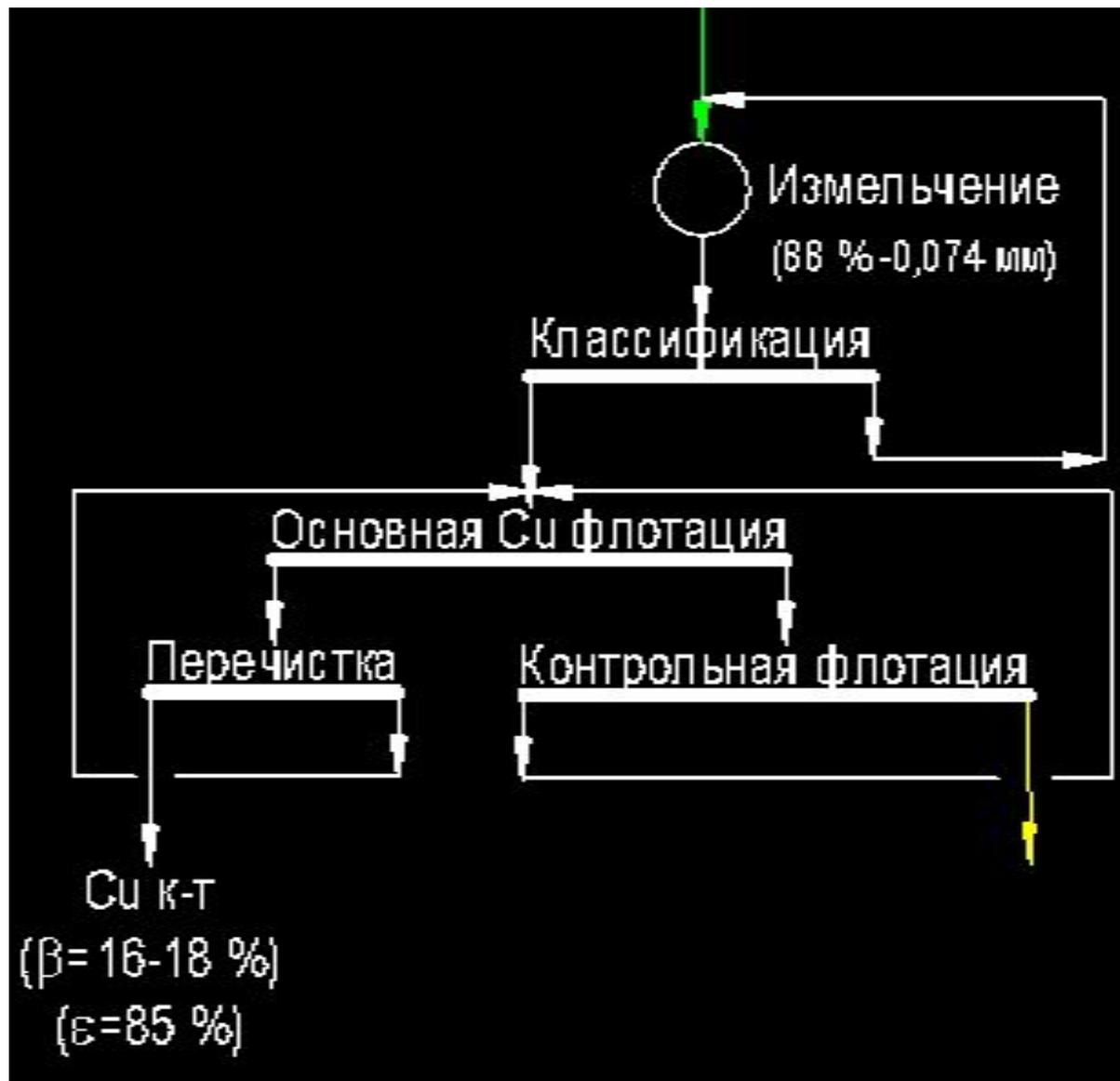


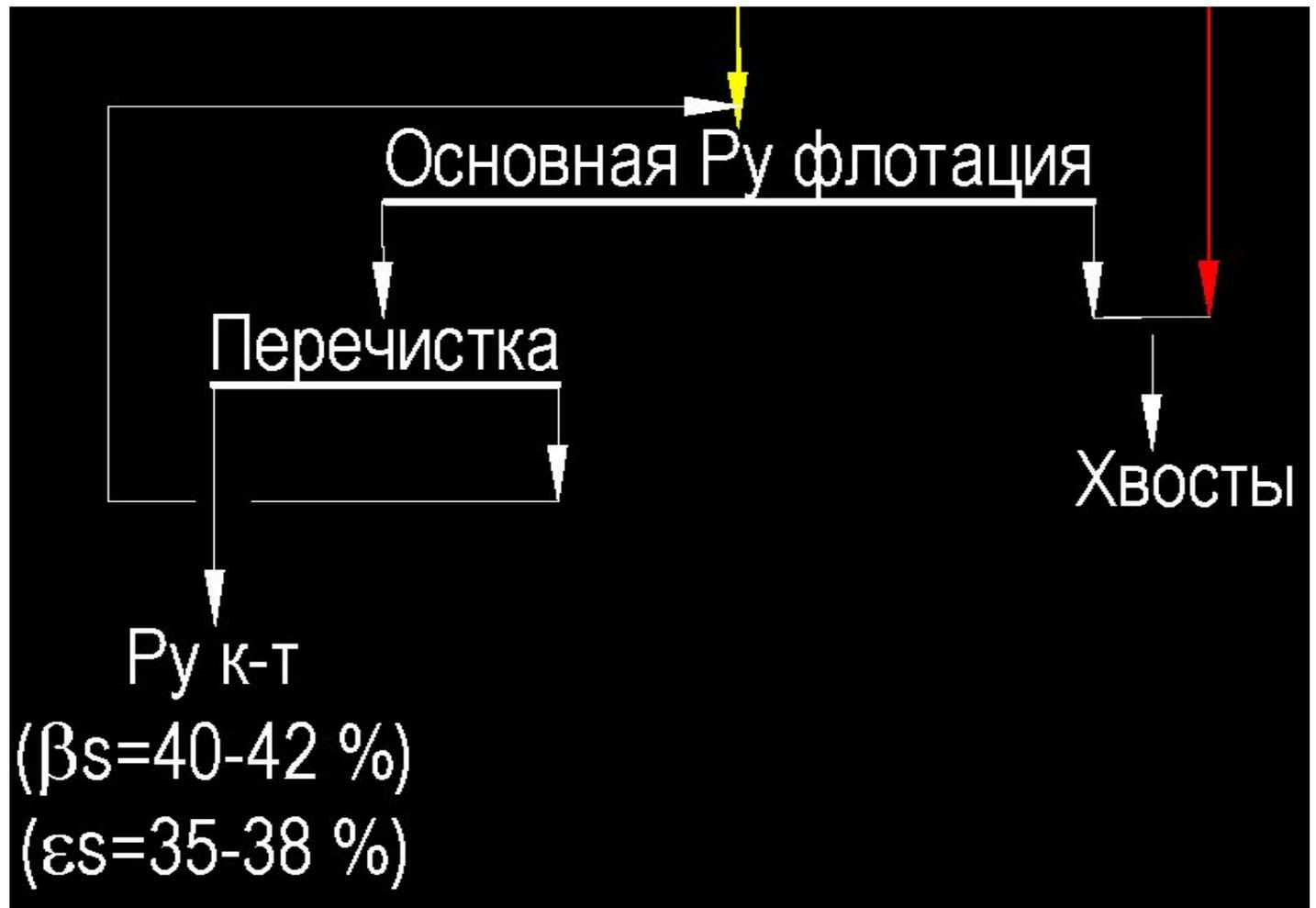
Пиритный цикл организуют для получения качественного пиритного концентрата.

Характеризуются небольшим количеством операций, чтобы не окислить поверхность пирита. Активация пирита осуществляется подачей серной кислоты или сернистого газа от близлежащего металлургического завода. Медный купорос для активации пирита применяется редко.









Для повышения качества концентратов иногда вводят операцию перефлотации как коллективного, так и отдельных концентратов, полученных по схеме.



Если в руде присутствуют легкофлотируемые минералы пустой породы, возможно осуществить флотацию пустой породы при депрессии всех сульфидов сернистым натрием.

Второй способ повышения качества: депрессия пустой породы жидким стеклом, декстрином, крахмалом, КМЦ при расходах 200-400 г/т.



При переработке сплошных руд, когда содержание пирита до 90 %, возникают трудности в силу причин:

- Ý тонкое взаимное прорастание;**
- Ý пирит легкофлотуем;**
- Ý большое количество солей.**



Расход извести при флотации данного типа руд 15-20 кг/т. Технологические показатели обогащения могут быть улучшены за счет введения аэрации пульпы. При этом будет депрессировать пирит.



Наиболее прогрессивным для переработки этих руд является агломерационная флокуляция. Перед этим процессом пульпу измельчают до раскрытия ценного компонента. Медные минералы гидрофобизируют селективно действующим реагентом-собирателем типа тионокарбомат. Пирит депрессируется.



Обязательным условием ведения процесса является присутствие апполярного собирателя, расход которого до 2 кг/т. После этого процесс проводят в щадящем режиме. Время перемешивания от 30 минут до 2 часов. Происходит укрупнение зерен (образование агломератов), которые отделяют грохочением.



Факторы, влияющие на процесс:

- время и интенсивность перемешивания;**
- расходы реагентов;**
- содержание твердого;**
- вязкость апполярного реагента;**
- температура процесса;**
- степень вскрытия зерен минералов**



Процесс позволил из труднообогатимой руды, которая обогащалась по традиционной схеме, повысить извлечение меди с 62,53 до 79,17 %, а сопутствующее серебро с 31 до 43,87 %.



***Схема обогащения
упорных
окисленных
медных руд***



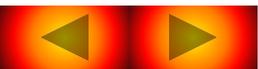
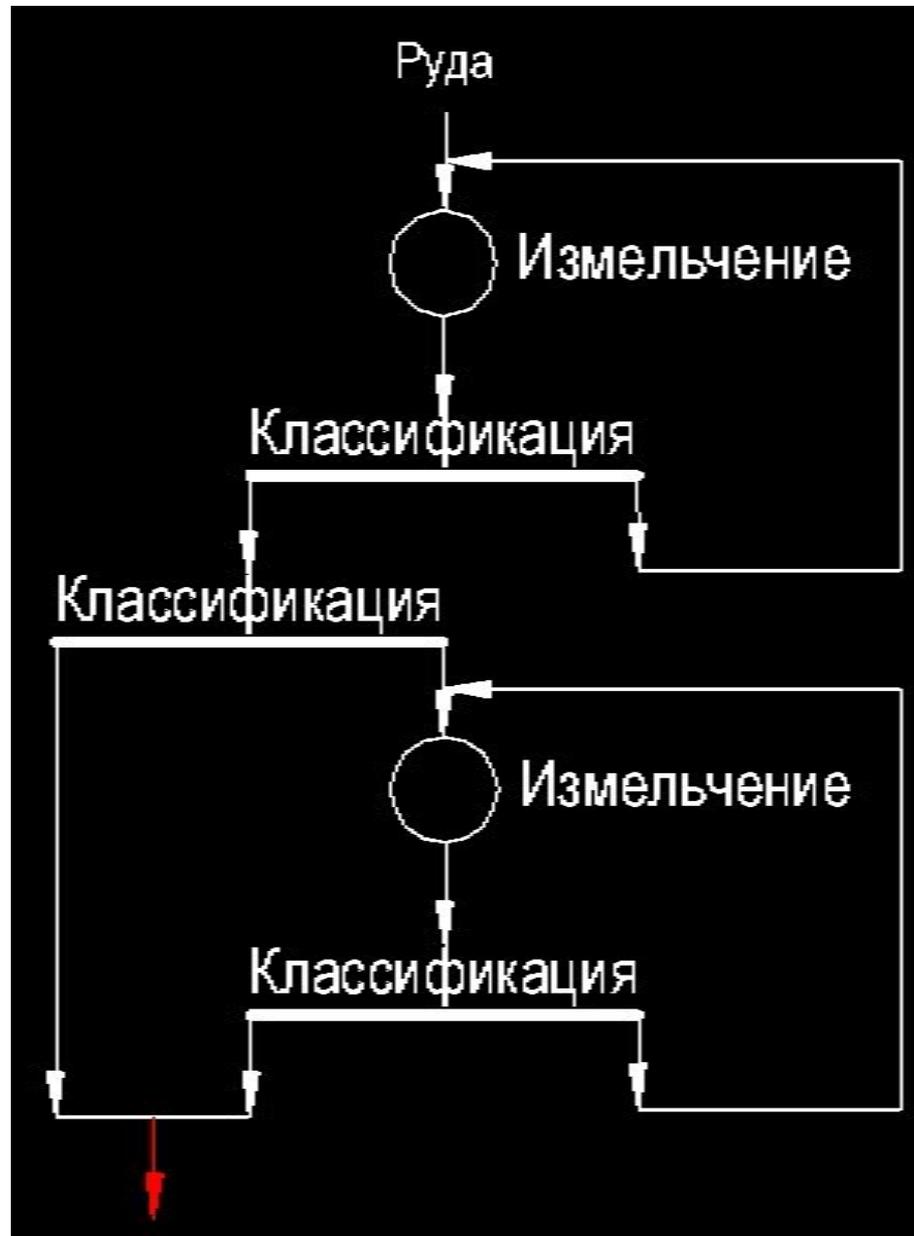
Способы переработки

- флотация с использованием сульфгидрильных собирателей
- флотация с использованием оксигидрильных собирателей
- комбинированные схемы (обогащение+гидро-пиррометаллургия)
- металлургия



Схема процесса ВЦФ



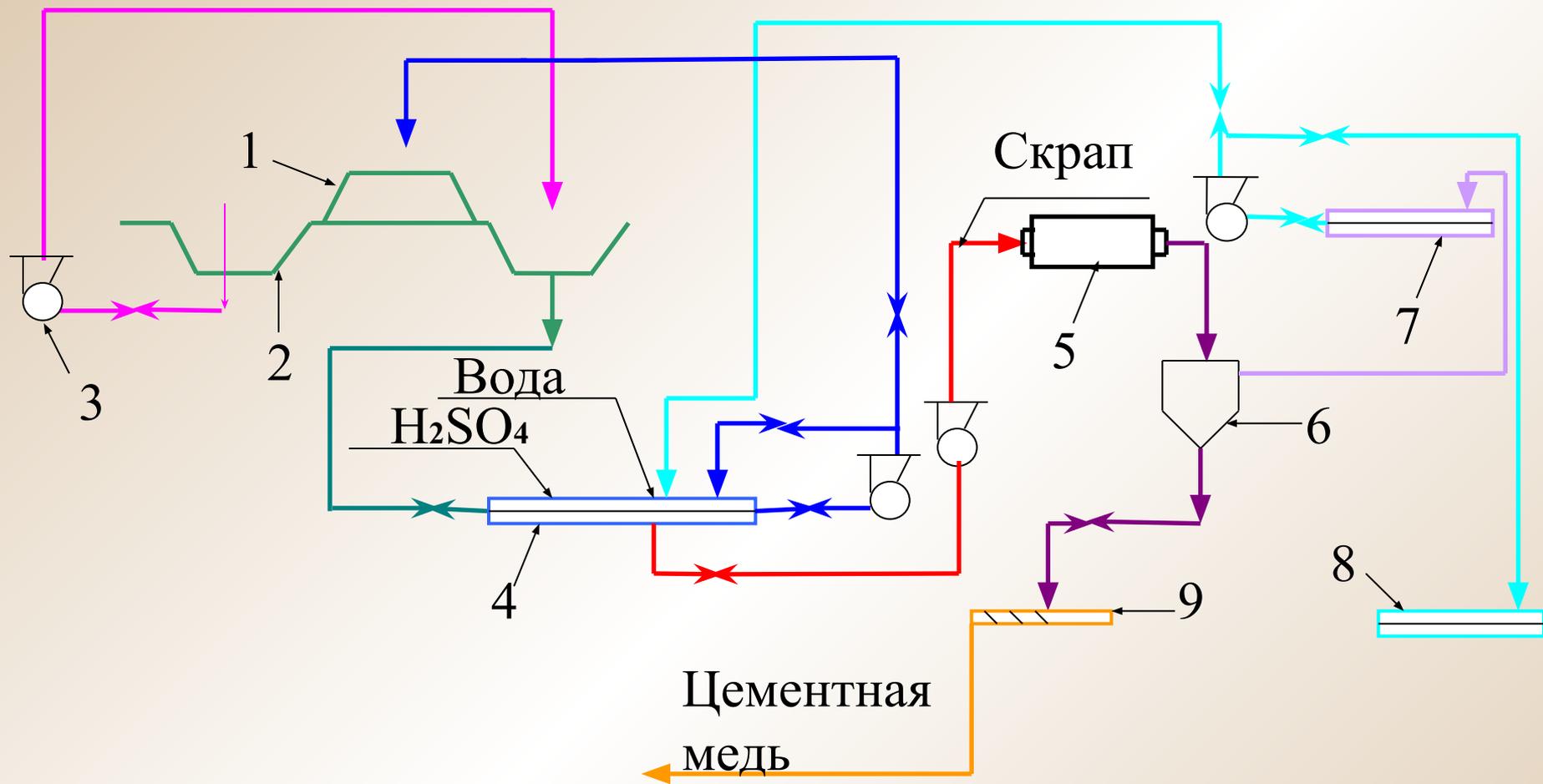






***Схема кучного
выщелачивания
забалансовых
медных руд***





1-отвал; 2-дренажная канава; 3-наносы; 4-пруд-отстойник; 5-барабанный цементатор; 6-сгуститель; 7-хранилище хвостовых растворов; 8-испарительная площадка; 9-площадка для сушки цементной меди.



Схема чанового процесса



