

**Переработка**

**Pb – руд.**

Известно 144 минерала в природе, содержащих Рb. Но только 5 из них имеют промышленное значение.

Минерал	Формула	$\beta_{\text{ТВ}}$ , теоретическое %	Плотность , г/см <sup>3</sup>	Твёр- дость
Галенит	PbS	86,6	7,4 - 7,6	2 - 3
Церрусит	PbCO <sub>3</sub>	77,5	6,4 - 6,6	2,5 - 3
Англезит	PbSO <sub>4</sub>	68,3	6,1 - 6,4	2,5 - 3
Вульфенит	PbMoO <sub>4</sub>	55,8	6,3 - 7	3
Пирроморфит	Pb <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Cl	76,1	6,7 - 7	3,5 - 4

Так как PbS легко шламуется  
— существует операция меж-  
цикловой флотации.

$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$  минерал по природе гидрофильный, не сорбирует сульфгидрильными собирателями, требует сульфгидрилизации поверхности, а сам не сульфидизируется.

Комплексные руды, помимо Pb, промышленное значение имеют: Cu, Zn, барит, из благородных металлов Au, Ag, платиновая группа, редкие металлы, Cd, In, Ge, Ga, Se. Редкие металлы выделяют на металлургических заводах.

Комплексные

руды

подразделяются

на:

# 1. Скарновый тип.

Вмещающая порода – скарны.  
Соотношение  $Pb:Zn=1:1,4$ . В рудах присутствует галенит, сфалерит, пирротин. Классическое месторождение: Алтын-топканское и Дальнегорское.



## 2. Колчеданные руды:

Высокое содержание Cu.  
Соотношение  $Pb:Zn=1:2,4$ .  
Присутствует Sn. Ближайшие месторождения: Озёрское, Тишинское, Жарейское (Казахстан), Раммельсберг (Германия).

### 3. Жильный тип:

Соотношение Pb:Zn=1:1,5.

Минералы пустой породы – кварц, кальцит. Мезурская группа месторождений.

#### 4. Метосамотический тип.

Соотношение  $Pb:Zn=1:0,8$ .

Крупная вкрапленность ценного компонента в пустую породу. Минералы пустой породы доломит и кварц. Встречается на Американских месторождениях.

## 5. Стратиморфный тип.

Высокое содержание ценного компонента в исходной руде. Соотношение  $Pb:Zn=1:1$ . Типичные месторождения: Горевское, Миргашисайское. Отдельные зоны месторождений могут содержать до 15% Zn.

2/3 добычи Рb приходится на колчеданный и стратиморфные типы месторождений.

На все Pb концентраты есть  
ОСТЫ. Содержание Pb в кон-  
центратах должно быть  
40-70%. Имеются  
ограничения по содержанию  
Cu и Zn.

Флотационные  
свойства  
галенита  $PbS$ .

Галенит природно гидрофобный минерал. Легко флотируется, если не окисленный то в присутствии одного пенообразователя. В зависимости от уровня pH на поверхности PbS образуются карбонатные, гидроокисленные, сульфатные соединения.



Свойства зависят от того какой рядом будет минерал.

# Собиратели:

1. Сульфгидрильные, и их сочетание,
2. Оксигидрильные – если он один и нет рядом карбонатов.

# Депрессоры:

1. Бихромат калия (20-50 г/т). Хроматные соединения на свободных участках поверхности PbS сорбируются. Если дать его немного больше, то он будет вытеснять их. Недостатком данного депрессора является то, что после него невозможно активировать PbS.

2. Цианиды.

3. Окислители (перманганат калия  $\text{KMnO}_4$ ).

$\text{Na}_2\text{S}$  – при больших расходах депрессор, но требуются десятки килограмм.

# Восстановители:

Тиосульфат натрия, соли сернистой кислоты, , сочетание друг с другом, их сочетание с железным купоросом.

Фосфатные соединения до 7 кг/т концентрата обеспечивают депрессию.

# Активаторы:

$\text{Na}_2\text{S}$  – в небольших количествах. Медный купорос как активатор не используется.

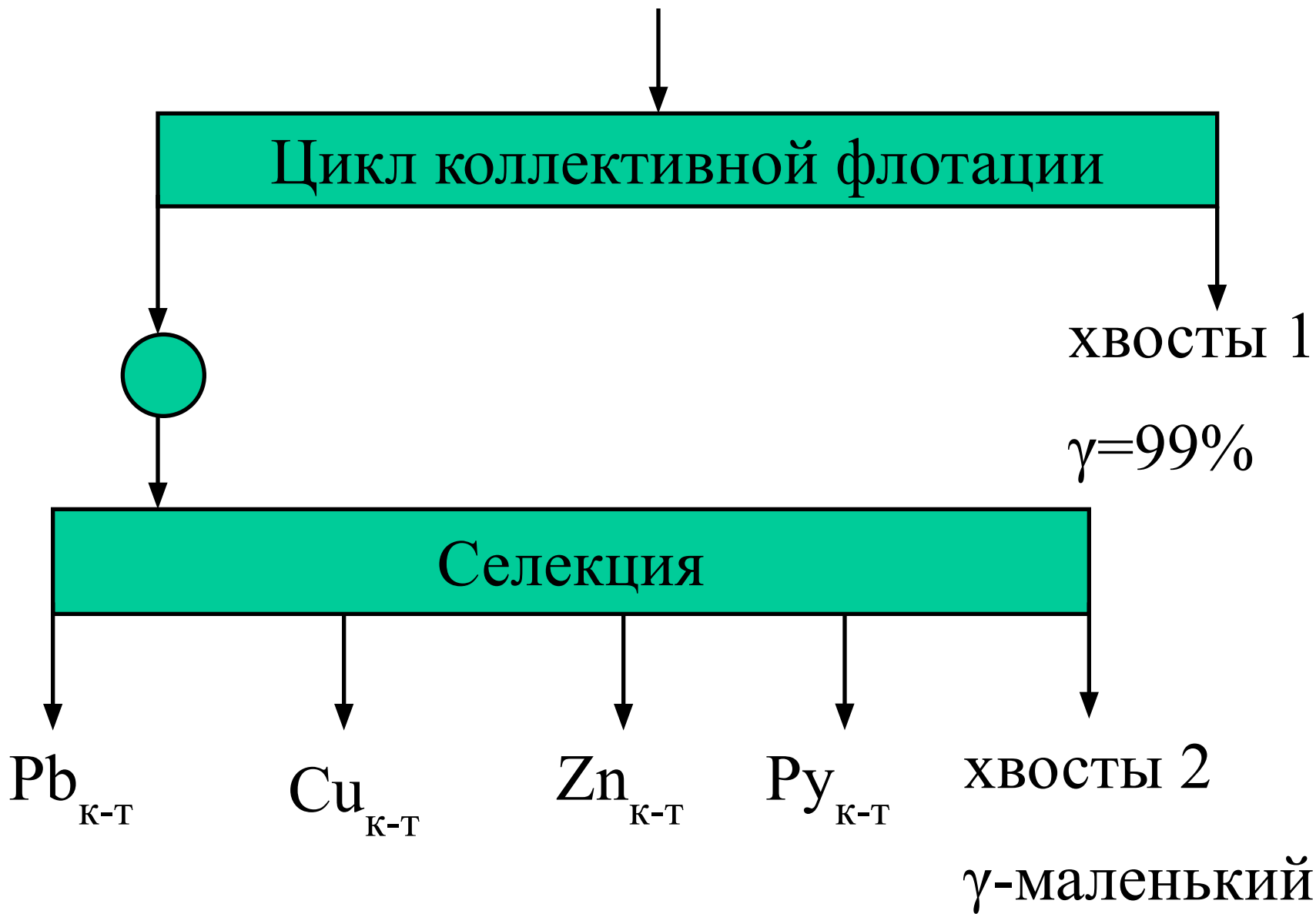
Окисленные минералы не флотируются оксигидрильными собирателями, их сульфидизируют.

Англезит и церрусид – легко сульфидизируются. Для остальных надо повышать температуру, дробная подача, повышение давления.



Различают схемы:

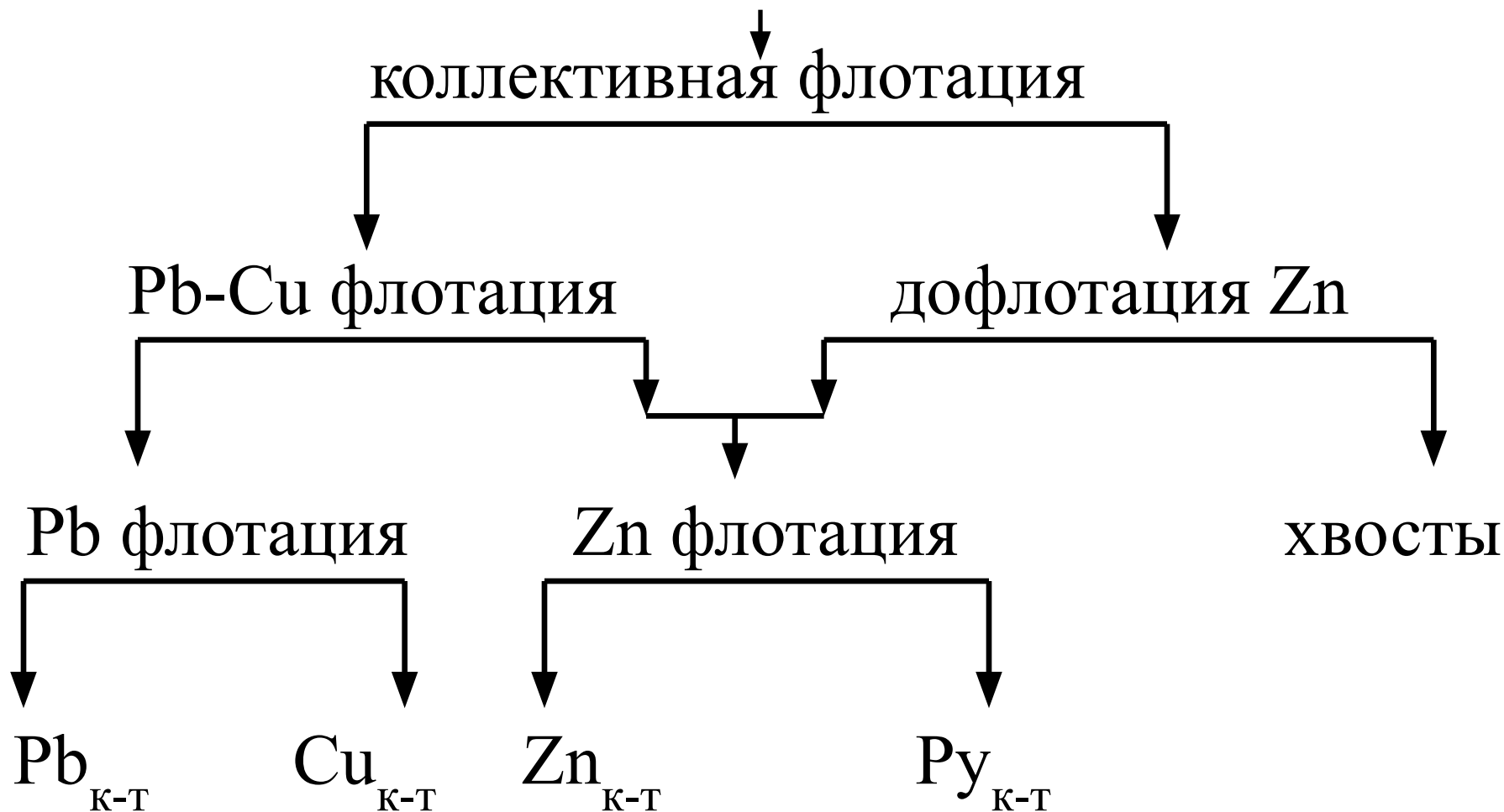
- прямые селективные схемы;
- коллективно-селективные, извлечение в концентрат всех сульфидов;
- коллективно-селективные.



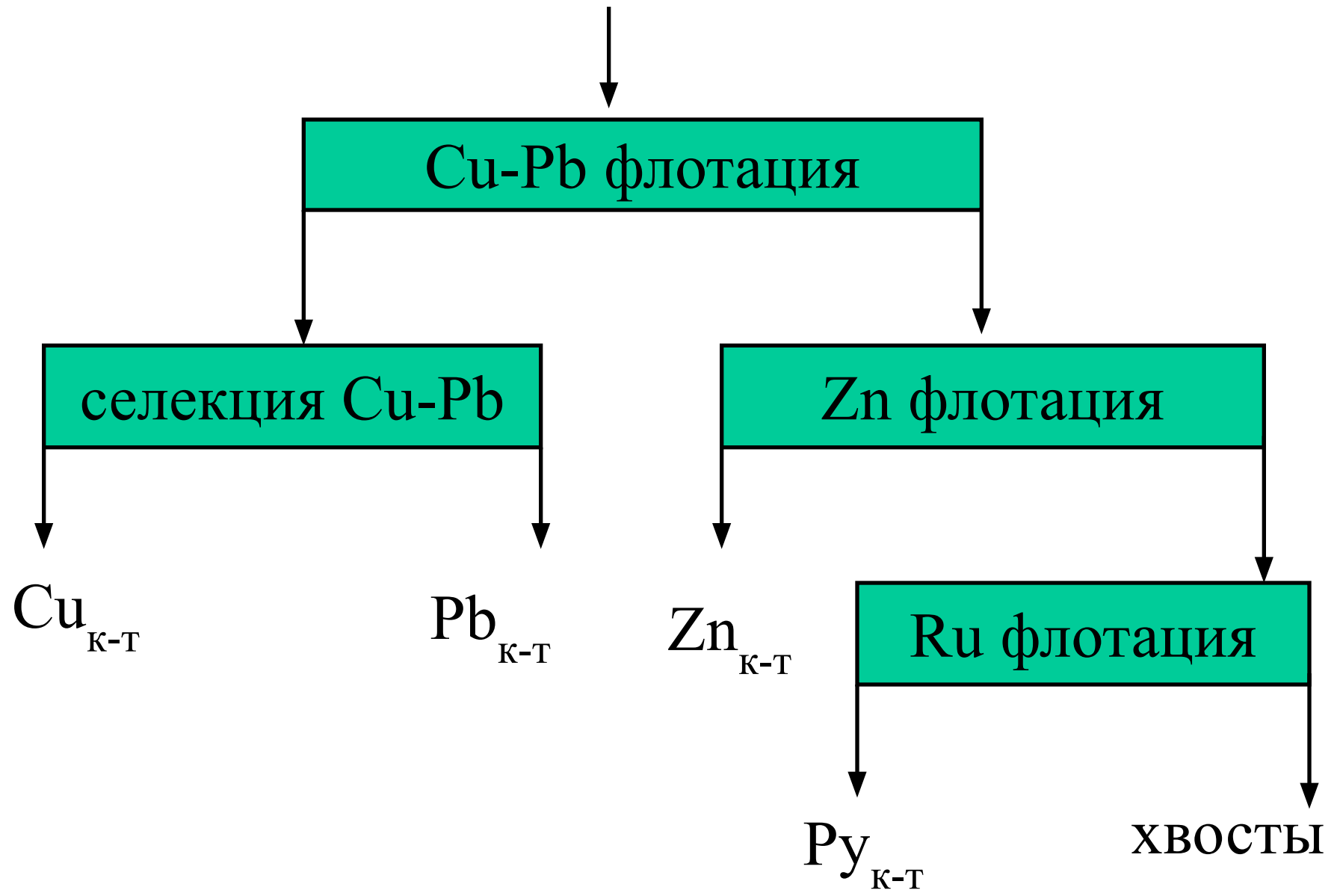
Хвосты 2 отвальные с большой концентрацией реагентов, поэтому их нельзя вернуть в голову процесса.

Такие схемы приемлемы для руд с высоким содержанием Fe, Mn, так как эти минералы препятствуют депрессии сфалерита цианистыми комплексами.

# КОЛЛЕКТИВНО- СЕЛЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ



Эта схема учитывает флотируемую активность Zn минералов.





**Cu-Pb флотация**

**селекция Cu-Pb**

**Cu<sub>к-т</sub>**

**Pb<sub>к-т</sub>**

**Zn-Py флотация**

**селекция**

**Zn<sub>к-т</sub>**

**Py<sub>к-т</sub>**

**ХВОСТЫ**



Эти схемы учитывают максимальную естественную флотуемость минералов, создают благоприятные соотношения минералов. При изменении качества исходной руды возрастают потери ценного компонента.

# Прямые селективные схемы

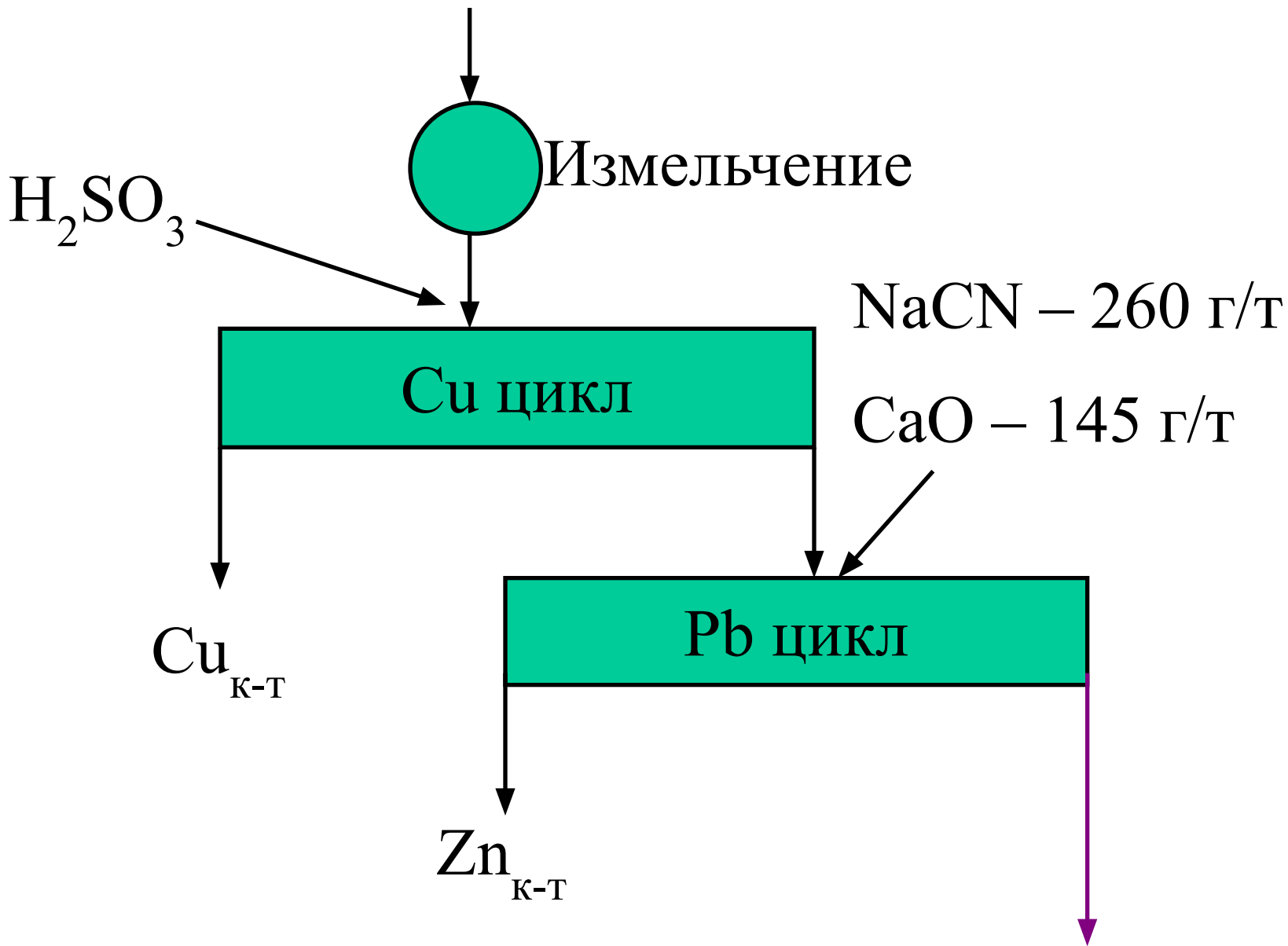
используются: когда относительно крупная вкрапленность ценного компонента, когда руда не окислена – это для богатых руд скарнового и ?...? ТИПОВ.

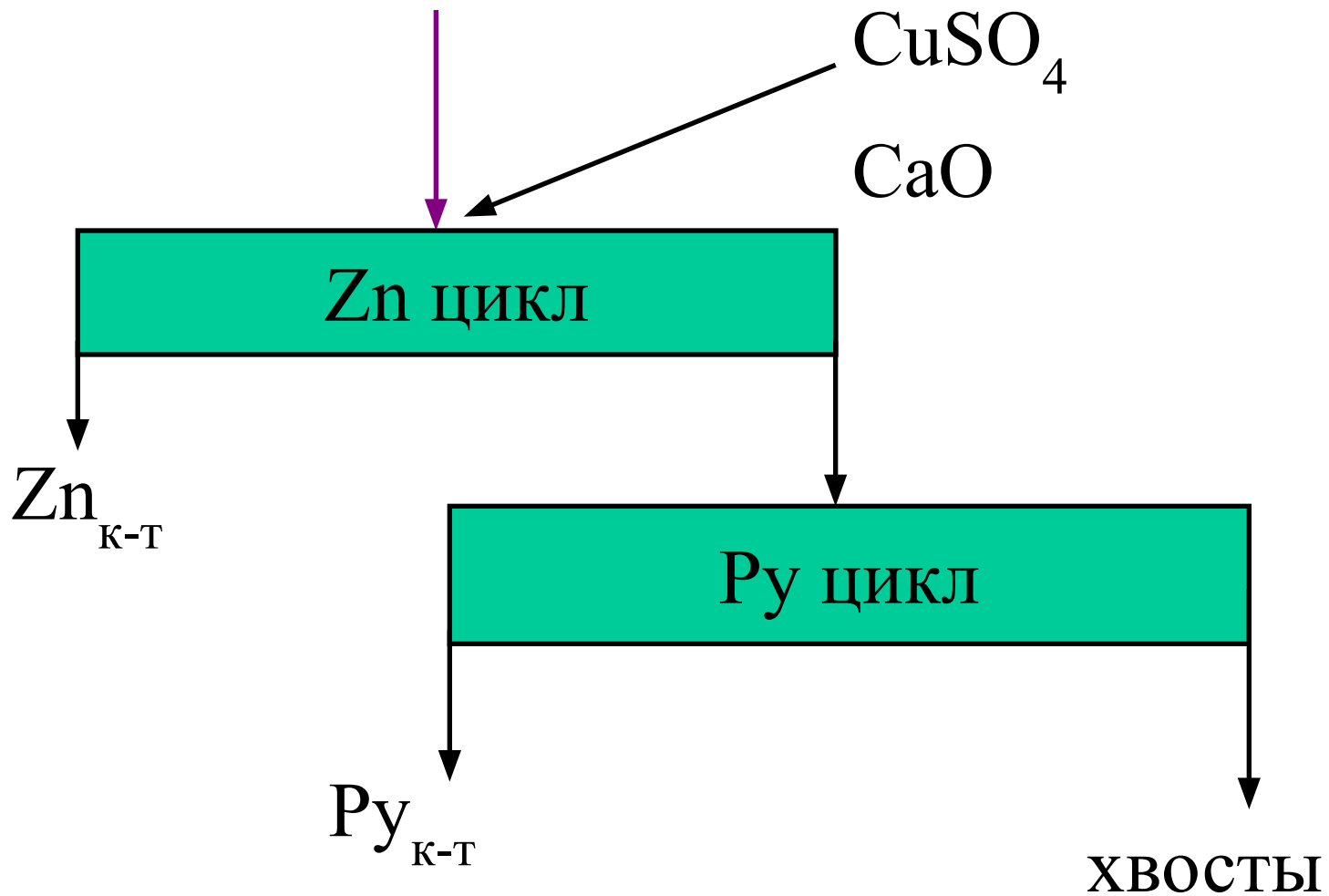
Отдельные циклы просты. Рѵ  
цикл имеет 2-3 перечистных  
операций, 1-2 контрольных,  
межцикловую и основную  
операцию.

## Недостатки селективных схем:

- большой расход э/энергии;
- большой фронт флотации;
- повышение расхода реагентов;
- повышение потерь золота;
- повышение потерь барита из-за ошламовывания. Барит часто один из ценных компонентов в этих рудах.

Обогащительная  
фабрика  
Лайка Джорджа  
(Австралия)





Сu минералы (халькопирит) в кислой среде свои флотационные свойства не теряет. В присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_3$  галенит свои флотационные свойства теряет (депрессировается). Активируем сфалерит  $\text{CuSO}_4$ , при этом поддерживается известковый уровень рН.



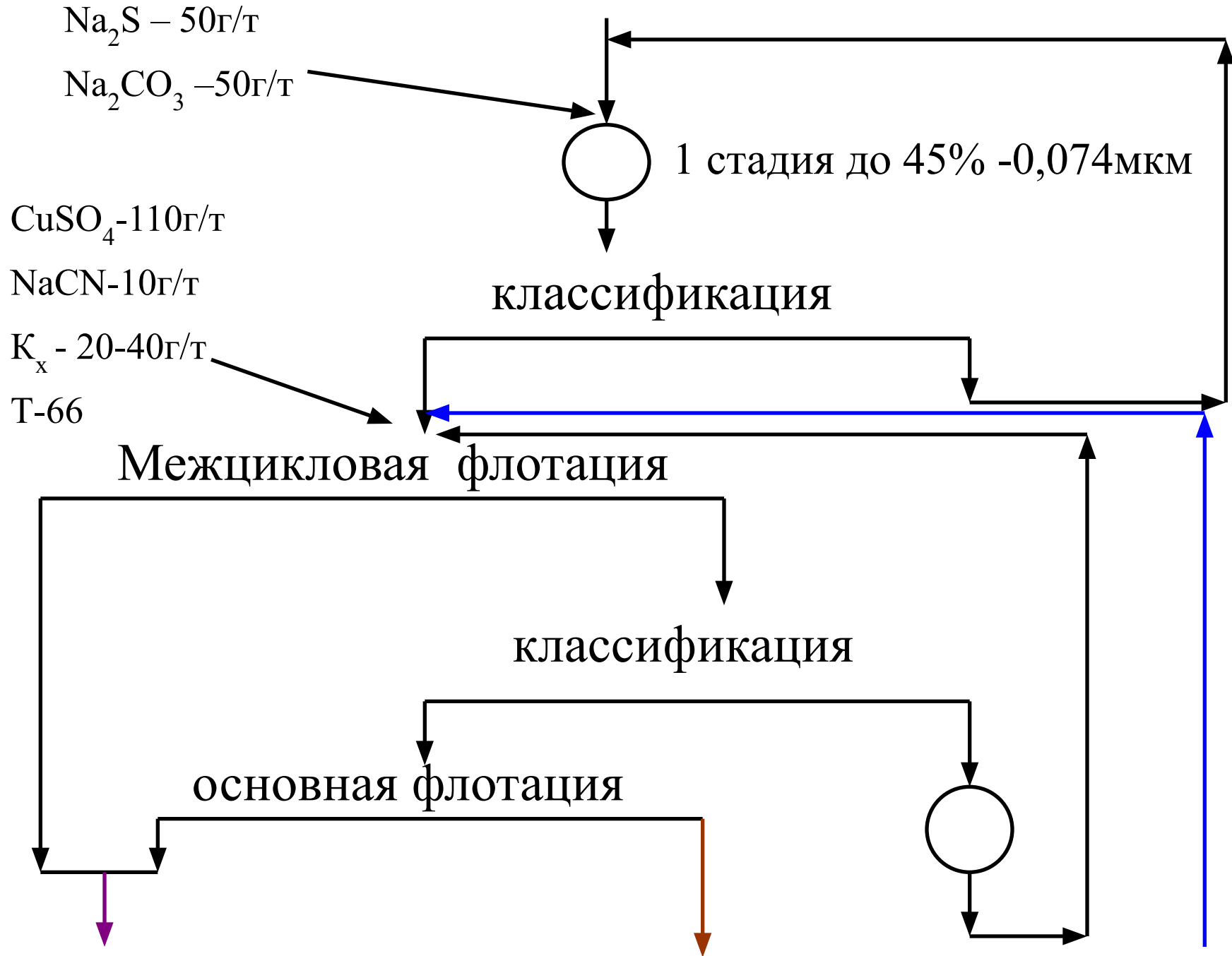
Цианид  $\text{NaCN}$  обеспечивает устойчивую депрессию.

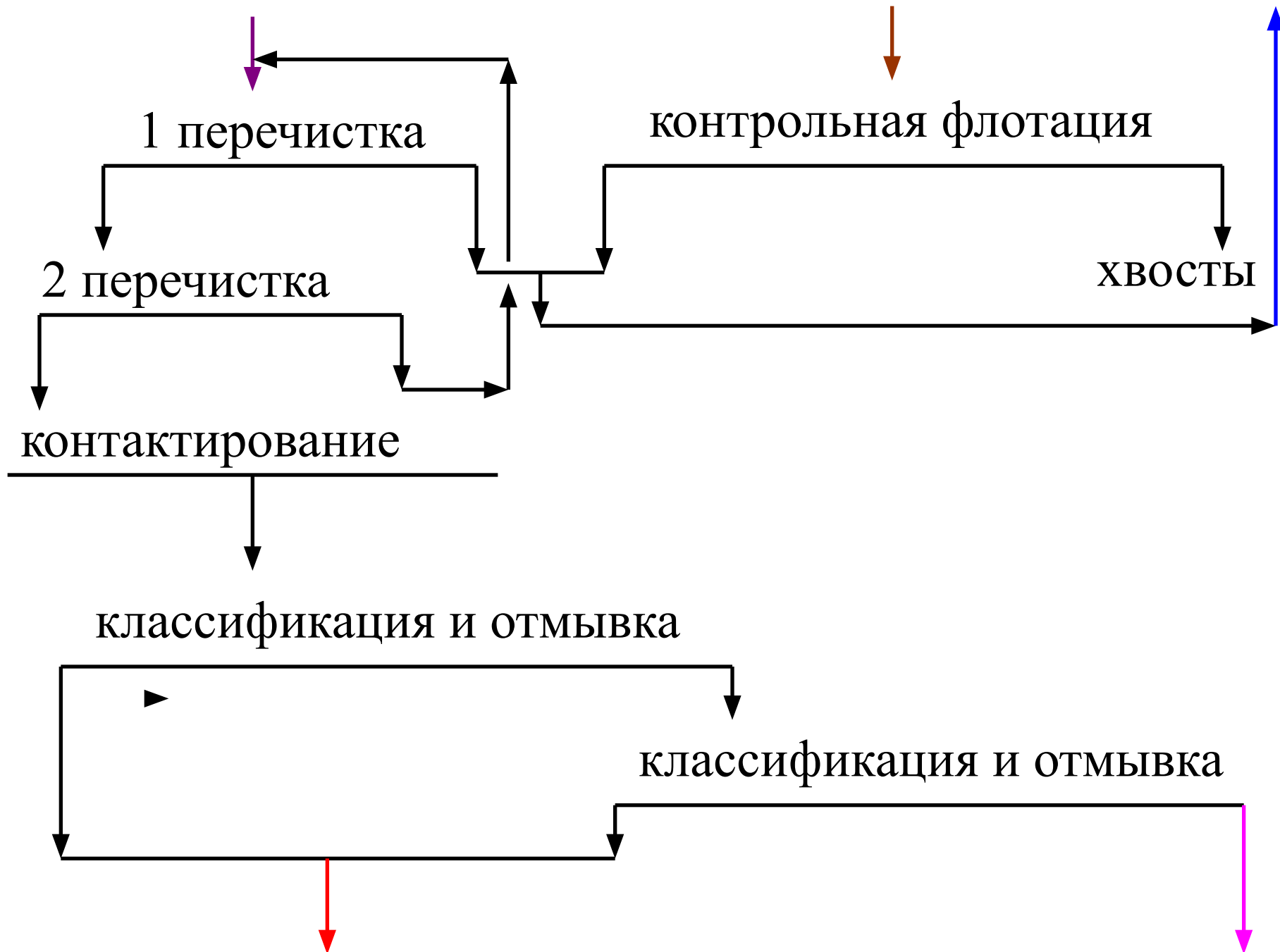
Здесь не показан активатор на пирит, но  $\text{CuSO}_4$  может заактивировать и пирит.

$\text{CaO}$  – до значения  $\text{pH} > 9$ , так как поверхность сфалерита обработана ксантогенатом.

Алмалалыкская

Pb-Zn руда





сгущение



СЛИВ В  
ОТВАЛ

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 5г/т

$\text{NaCN}$  - 66г/т

$\text{ZnSO}_4$  - 125г/т



межцикловая Pb флотация

$\text{NaCN}$  - 11г/т

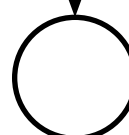
$\text{ZnSO}_4$  - 25г/т

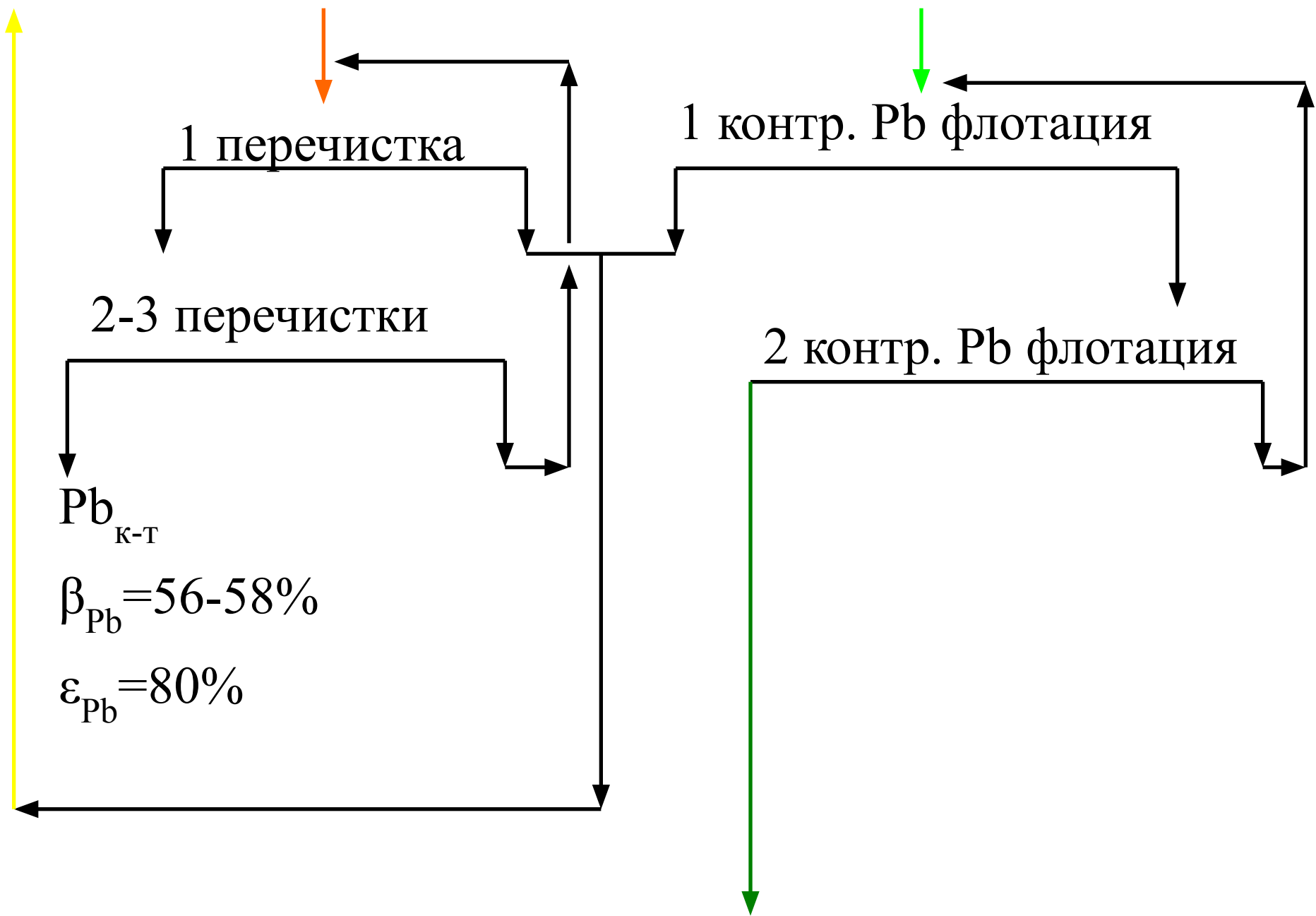
классификация

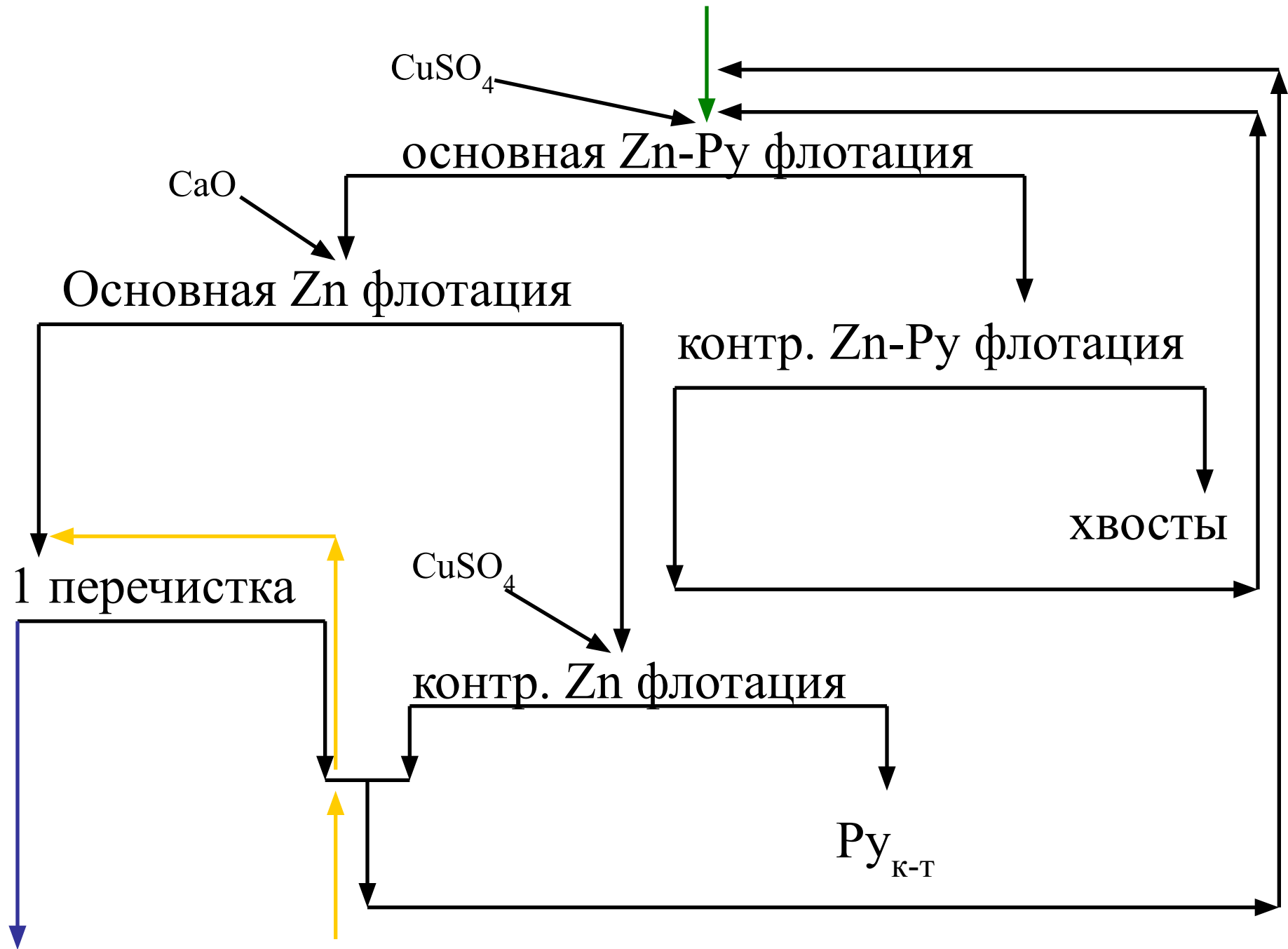
основная Pb флотация

до 95%

-0,074 мкм









2-3 перечистки



$Zn_{к-т}$

$$\beta_{Zn} = 55-56\%$$

$$\varepsilon_{Zn} = 65-72\%$$







Применение коллективно-селективных схем на Лениногорской фабрике позволило повысить содержание:

- Pb на 5,38%,
- Zn на 2,18%,

А также получить Си концентрат, который до этого не получали. Снизилась потеря Pb на 5%, а Zn на 4% с отвальными хвостами.

При снижении расхода Cu и Zn купороса, аэрофлота в 3,5-7 раз, производительность обогатительной фабрики возросла на 20%, производительность труда повысилась в 2,5 раза.

# Недостатки этих схем:

- трудность разделения ЭТИХ концентратов без предварительной десорбции;
- сложность аппаратного оформления узла десорбции и отмывки собирателя;
- сложно получить высококачественные концентраты;

- из-за грубого измельчения в  
голове схемы, повышаются по-  
тери благородных металлов с  
отвальными хвостами.

Коллективный цикл флотации ведётся:

- слабощелочная среда создаётся содой;
- предпочтительнее межцикловым операциям;
- расходы реагентов собирателей должны быть голодные, как и реагенты пенообразователи;

- из реагентов активаторов  $\text{Na}_2\text{S}$  10-100 г/т,  $\text{CuSO}_4$  – 50-150 г/т;
- лучшее сочетание собирателей от 20 до 60 г/т (крайний случай до 100 г/т);
- подача амфотерных с гетерополярными собирателями интенсифицирует процесс флотации трудных зёрен, но как правило



такие сочетания не используются (апполярные собиратели мало селективны, из-за того, что с поверхности минерала эти собиратели трудно смыть);

- узел подготовки коллективных концентратов к селекции

(.....? , если сернистый натрий и активированный уголь, что-бы поверхности были чистыми). Этот узел вымоченной операции десорбции – в контактных чашах с добавлением большого объёма  $\text{Na}_2\text{S}$ ; далее операция отмывки (спиральный классификатор или сгустители).

Эту операцию иногда заменяют подачей большого количества активного ..... Расходы  $\text{Na}_2\text{S}$  в этом узле можно снизить, подогрев до температуры  $65-75^\circ\text{C}$ , ультразвуковой обработкой (чем больше  $\beta_{\text{ТВ}}$ , тем меньше  $\text{Na}_2\text{S}$ );

- операции доизмельчения перед селекцией выполняют функцию не только дораскрытия зёрен, но и десорбцию собирателя за счёт того что определяется время нахождения ксантогената в пульпе – идёт контактирование.

Появляются новые поверхности, на которых дораспределяется ксантогенат.

- измельчение коллективного концентрата реализовывать в рудногаличных мельницах. Это не только ..... режим вскрытия, но и перераспределения реагентов по вновь образованным поверхностям.

## Цикл селекции.

Предусматривает депрессию Zn минералов и флотацию Pb, так как галенит склонен к ош-ламовыванию, то в этом цикле предпочтительнее операции межциклового флотации.

Учитывая жёсткие требования к содержанию Zn в Pb концентратах и Pb в Zn концентратах процесс флотации стараются вести: при чётком соблюдении реагентных режимов и с минимальным количеством реагентов-собирателей.



Наиболее часто депрессия сфалерита осуществляется с использованием цианидов, они идут как в сочетании с  $ZnSO_4$ , так и  $Na_2S$  и  $ZnSO_4$ .  $ZnSO_4$  и безцианистых режимов его дозируют в сочетании с известью, сульфокислородными соединениями

Особое место при селекции занимает разделение Pb и Cu минералов между собой, так как руды – полиметаллические.

Основные минералы:

- пирит;
- халькопирит;
- сфалерит;
- галенит.

Сu и Zn минералы можно  
разделить между собой:

- цианидами;
- бихроматными соединениями;
- фосфатным способом.

**Cu-Pb**

**КОНЦЕНТРАТЫ**

**МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ**

**ПО ДВУМ**

**ВАРИАНТАМ:**

1. Депрессия галенита  $PbS$ . Этот вариант используют, когда в коллективном концентрате содержание  $Pb$  выше (более 35-40%). Депрессию осуществляют хромпиком, перманганатом калия, солями фосфора, сульфокис-ленными соединениями. В чистом виде используют хромпики (20-400 г/т).

Все остальные реагентные режимы требуют их сочетание и характеризуется неустойчивыми показателями обогащения.

Получаемый в виде камерного продукта концентрат должен быть кондиционным. Его пере-чистка невозможна. Возможно проведение операций обезже-лезнения и обесцинкования.

# Обесцинкование Рb концентрата:

удаление сфалерита, подать  $\text{CuSO}_4$  в большом количестве, затем собиратель. Должна быть известковая среда, так как галенит подокислен и он будет депрессировать. Ещё можно подать крахмал – депрессор.



2. Депрессия Cu минералов и перевод в пенный продукт Pb. Cu минералы эффективнее депрессировать цианидами, цинк цианистым комплексом и если Cu вторичный Cu минерал, то ферри и ферро цианидами.

В камере находятся Cu минералы.

Обесвинцевание Cu концентрата:

Депрессируем галенит: известью, хромпиком, крахмалом. Активация Cu минералов:

- а) отмывка (от комплексных соединений, цианидов);
- б) депрессор на галенит;
- в) флотация Cu минералов.

Активируем Cu минералы  
 $\text{Na}_2\text{S}$  – десорбент.

Как восстановить флотационные свойства галенита – сернистый натрий – сульфидизация поверхности галенита (он лучше сядет на Cu минералы, чем на Pb).

Технология  
обогащения  
смешанных и  
окисленных руд.

Выбор селективной схемы зависит от степени окисленности руд (от соотношения сульфидных и окисленных форм Cu, Pb, Zn); от наличия шламов, от характера взаимосвязи ценного компонента и пустой породы; от содержания растворимых солей в руде (пульпе).

Целесообразно отдельно перерабатывать окисленные и смешанные руды. При отдельной переработке сохраняется расход реагентов, повышаются технологические показатели обогащения из-за снижения влияния шламов на селекцию минералов, понижаются потери металлов из-за переизмельчения (образования вторичных шламов).

Основные месторождения смешанных окисленных и руд находятся в Италии и на территории бывшей Югославии.

**Для извлечения  
окисленных форм Zn  
существует 2 метода:**

- метод Андреевой-Девиса;
- метод Рея.



При первом методе необходимо сульфидизировать поверхность и активировать  $\text{CuSO}_4$ ; обесшламливание; повысить температуру до  $50-70^\circ\text{C}$  и гидрофобизировать поверхность сильным ксантогенатом (амиловый Кх) или сочетание амилового Кх с аэрофлотом.

## Недостатки первого метода:

- энергоёмкость процесса;
- требует удаления ионов Fe (гидроокислов);
- необходимо обесшламливание.

При втором методе необходима подача в процесс амина. Температура обычная, но желательно обесшламливание.

Фабрика Резо.

Метод

Андреевой-

Девиса

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 215 г/т

$\text{NaCN}$  – 40 г/т

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$  – 900 г/т

$\text{Na}_2\text{S}$  – 800 г/т

пульпа -0,3мкм

подогрев до  $30^{\circ}\text{C}$

амиловый Кх – 80 г/т

аэрофлот – 125 г/т

**Рb основная, контрольная, 2 перечистки**

**Рb**  
к-т

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 215 г/т

$\text{CuSO}_4$  – 675 г/т

**сульфидная Zn основная флотация,  
2 контрольных, 2 перечистных**

$Zn_{\text{к-т}}$  **сульфидный**

$Na_2SiO_3$  – 1300 г/т

$Na_2S$  – 3660 г/т

АМИЛОВЫЙ КХ – 220 г/т

$CuSO_4$  – 1300 г/т

апполярный соб. – 600 г/т

$Na_2SiO_3$  – 450 г/т

сосновое масло – 40 г/т

обесшламливание

Г/Ц

сгущение

СЛИВ В

ОТВАЛ

перемешивание  $t=50^{\circ}C$

окисленная основная Zn флотация,  
2 контрольных, 2 перечистных.

$Zn_{\text{к-т}}$  **окисленный**

ХВОСТЫ

Обесшламливание ведётся по классу 10-15 микрон.

Технологические показатели по работе этой схемы невысоки. Содержание Zn в концентрате 35-38% (42%) — объединённого;  $\varepsilon_{Zn} = 75-78\%$ .

В целом технологические показатели окисленных руд ниже, чем при переработке сульфидных руд.



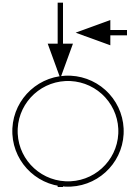
Фабрика Мацуа.

Метод Рея.

# Руда смешанная Pb-Zn.

$\text{Na}_2\text{S}$  – 1 кг/т

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$  – 2 кг/т

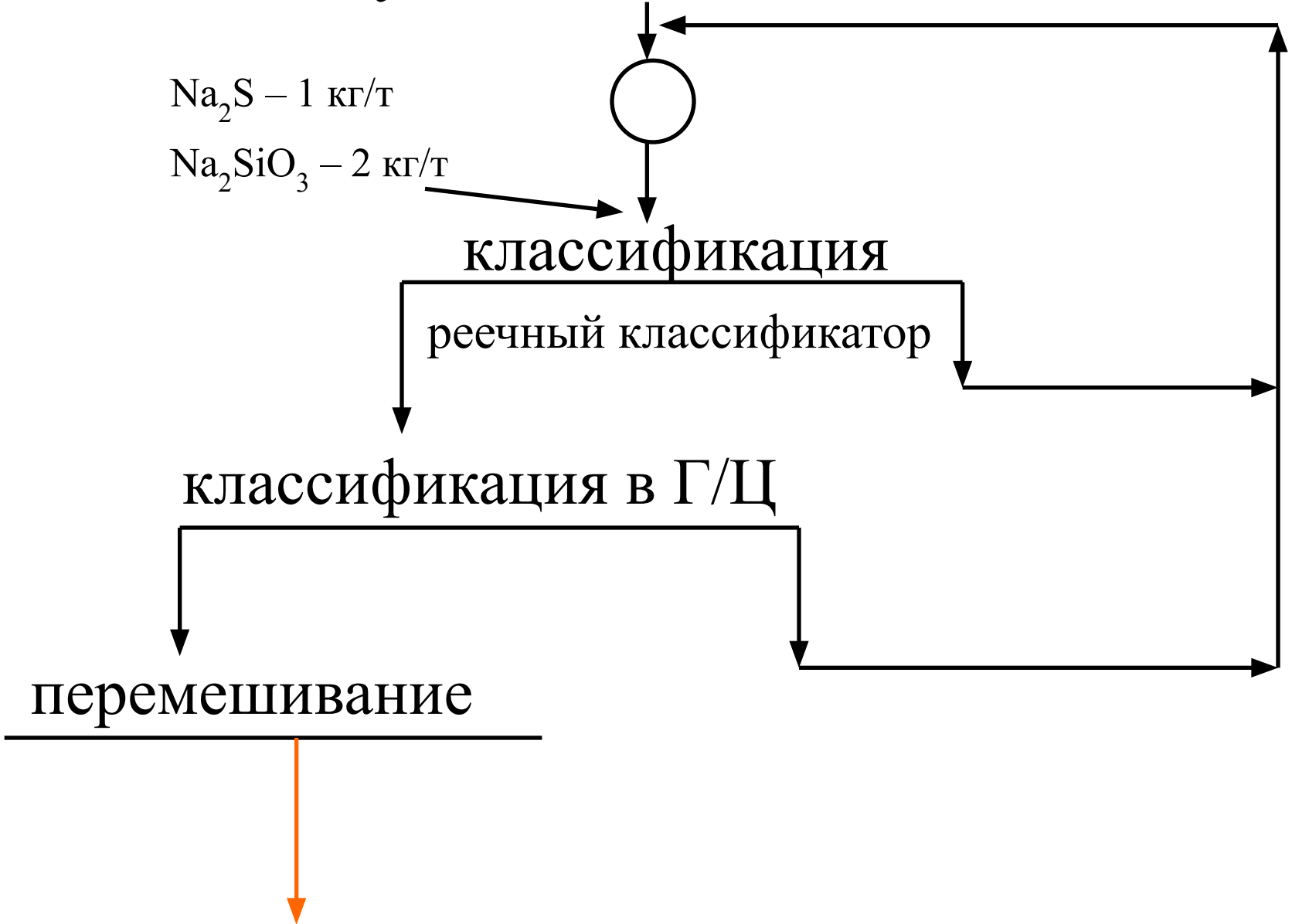


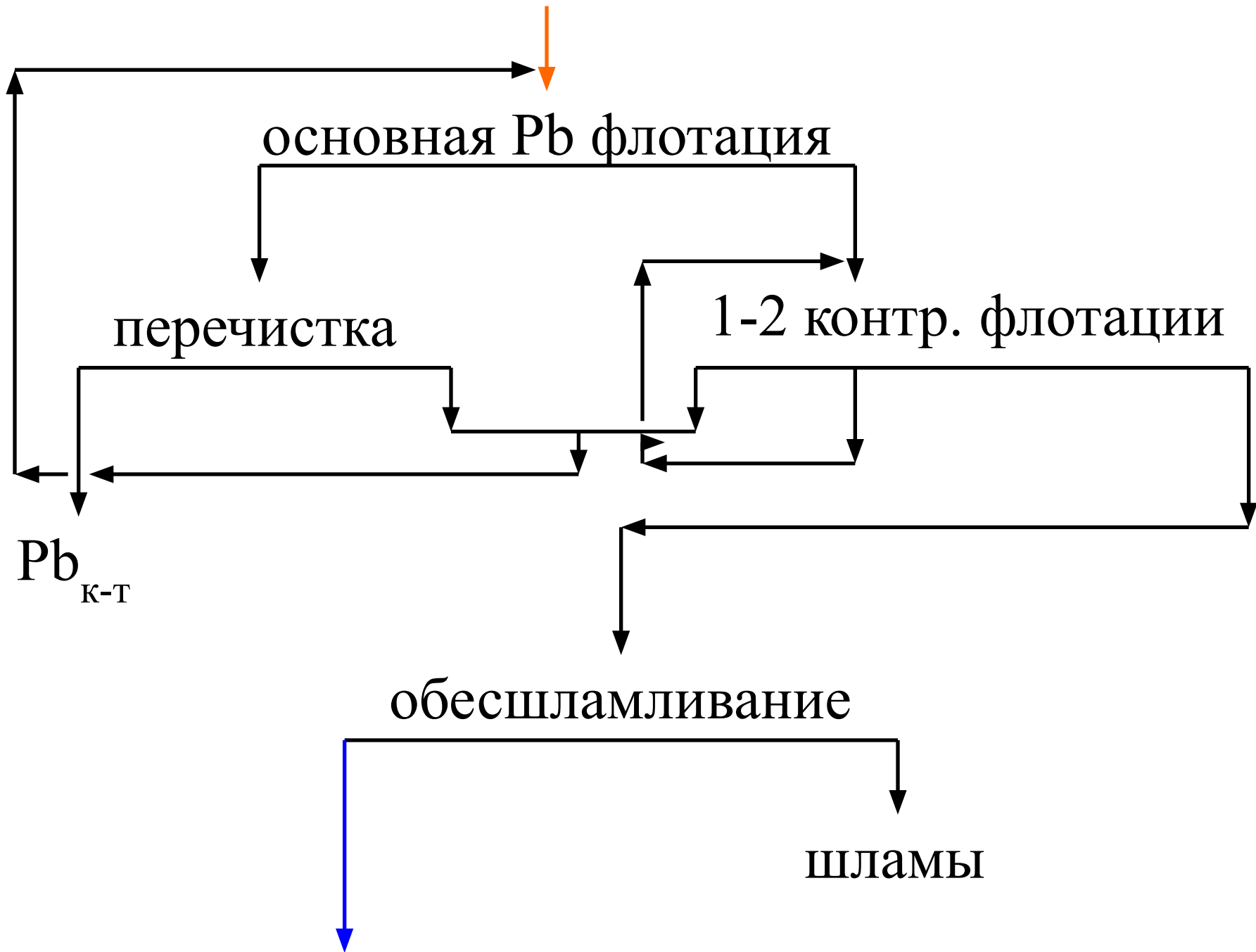
классификация

речный классификатор

классификация в Г/Ц

перемешивание





$\text{Na}_2\text{S} - 1 \text{ кг/т}$

$\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 1,2 \text{ кг/т}$

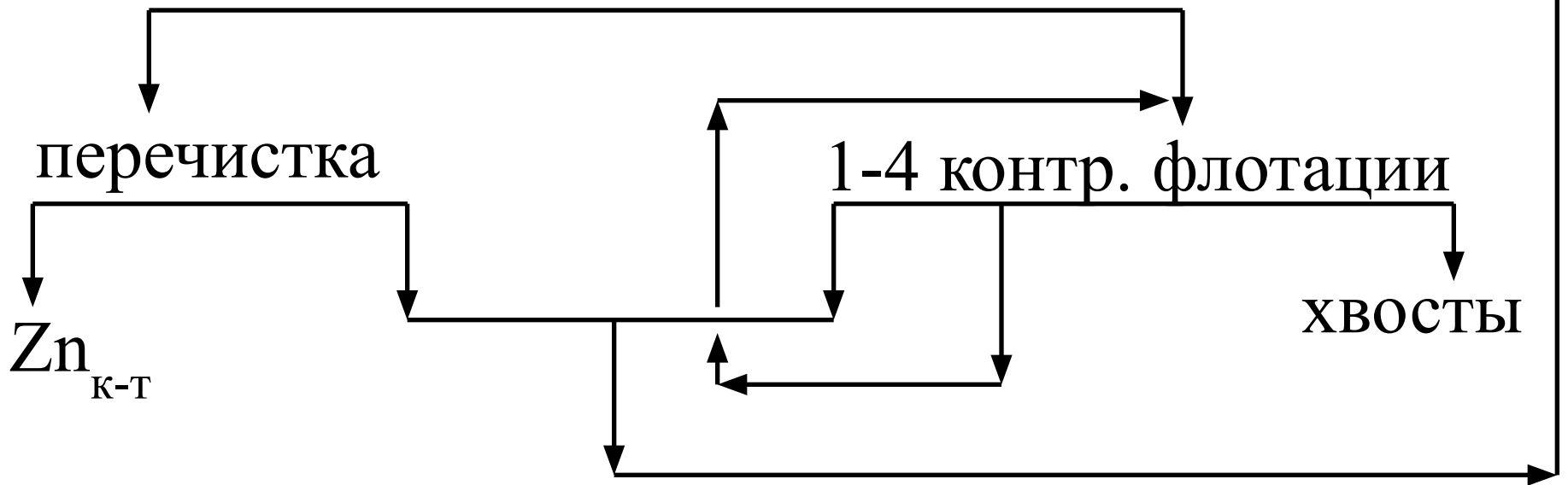
Керосин - 10 г/т

Сосновое масло - 15 г/т

$\text{Na}_2\text{S} - 4,7 \text{ кг/т}$

Амин - 95 г/т

# сульфидно-окисленная флотация



Реечный классификатор по сравнению со спиральным — повышение показателей, до 85% твёрдого.

# Особенности этих схем:

- высокие расходы;
- сочетание нескольких собирателей.

Комплексность  
используемого  
сырья.

Рb полиметаллические руды – это более сложный объём для обогащения, технологические показатели невысокие.



Извлечение по одноимённым  
концентратам составляет:

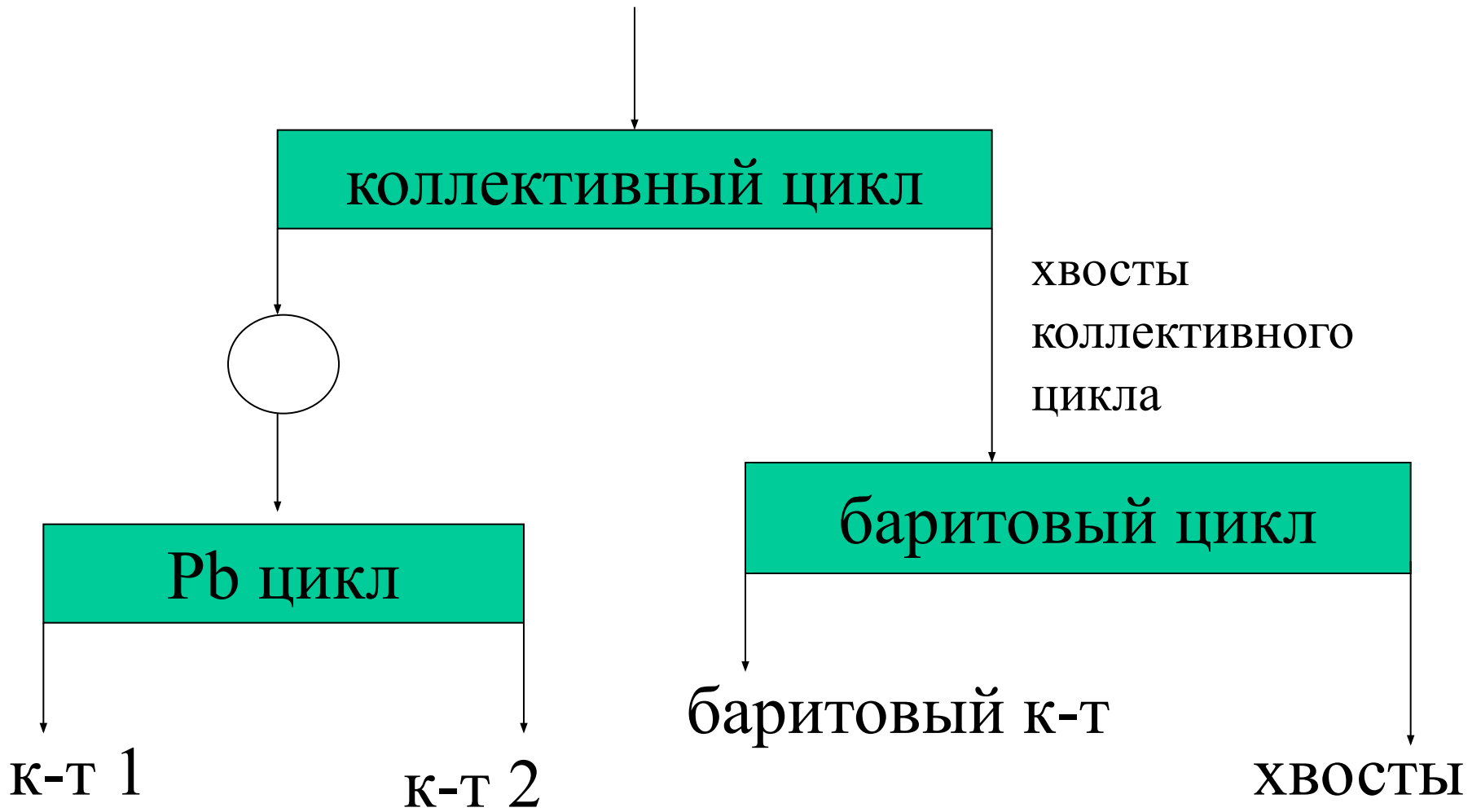
- Cu – 62-97%;
- Zn – 22-94%;
- Pb – 69-89%.

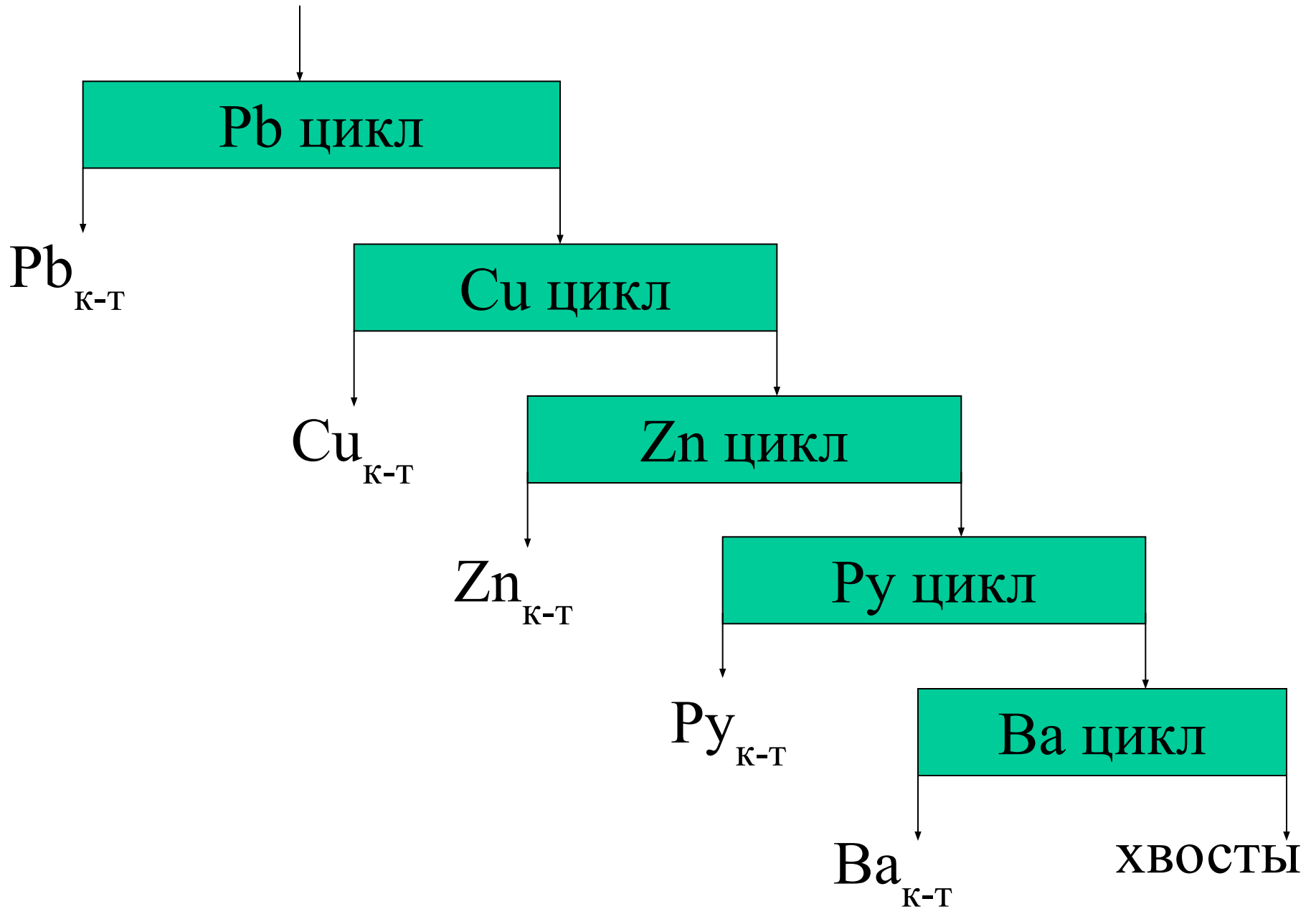
Содержание металлов в одноимённых концентратах составляет:

- Cu – 17-39%;
- Pb – 45-70%;
- Zn – 48-58%.

Из этих руд часто выводят баритовые концентраты.

Цикл баритовой флотации установлен на хвосте контрольной операции коллективного цикла флотации или если прямая селективная флотация: после пиритного или Zn цикла.





Все используемые реагенты являются депрессорами на благородные металлы:

- ИЗВЕСТЬ;
- цианиды;
- $\text{Na}_2\text{S}$ ;
- $\text{ZnSO}_4$ .

Помимо вредного влияния реагентов-депрессоров, неблагоприятно влияют на полноту извлечения благородных металлов ...? помола.

Ац требует тонкого вскрытия, ввиду того, что в этих рудах размер вкрапленности мал, а сульфиды все хрупкие (склонны к ош-ламовыванию), и их стараются не переизмельчать. Оптимальные условия для извлечения одних ми-нералов не совсем благоприятны для других минералов.



Для реализации Ва-го цикла  
подают:

- соду (для создания щелочной среды);
- жирнокислотный оксигид-рильный собиратель;
- депрессор – жидкое стекло (для селективного отделения Ва от пустой породы).

В коллективных циклах сульфидных руд используют реагент регулятор среды не известь, а соду.

Замена извести содой на фабрике ... позволило повысить извлечение Рb в концентрат 50,8-68%, при этом прирост извлечения Au составил 10%.

Гравитационные циклы для извлечения благородных металлов устанавливаются на сливах мельниц, реализуются они на отсадочных машинах, доводка тяжёлой фракции отсадочных машин осуществляется на концентрационных столах.

# Перспективное использование центробежных аппаратов.

В практике обогащения поли-  
металлических руд нашло  
применение тяжёлосредное  
обогащение.