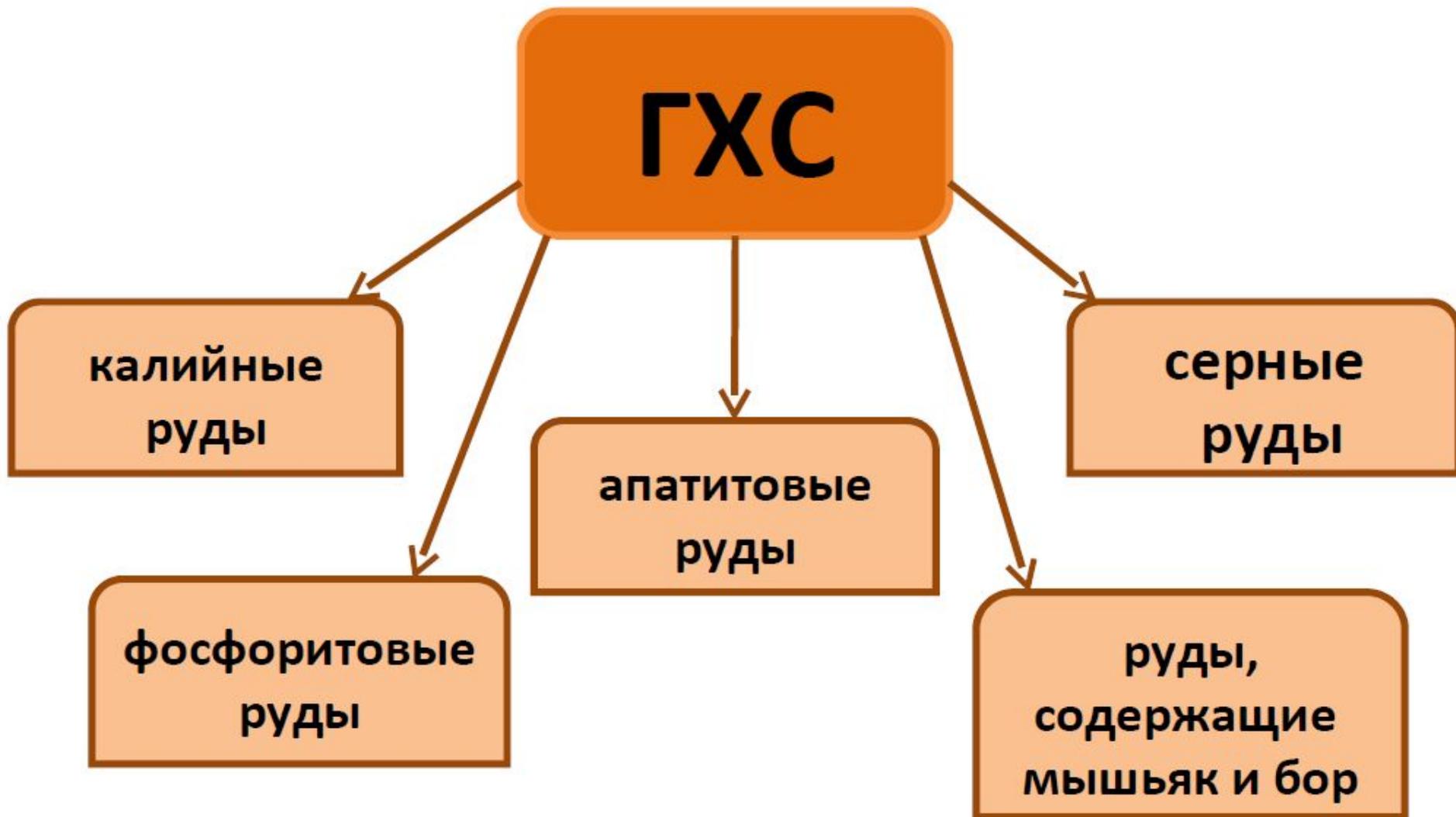


*** Тема 18. Фосфорні добрива. Технології збагачення фосфоровмісної сировини**

18.1. Обогащение апатитов

18.2. Обогащение фосфоритов

ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ



- * **Основной объем добываемых апатитовых, фосфоритовых, калийных и серных руд используется для получения минеральных удобрений - главного источника повышения эффективности сельского хозяйства и, в конечном счете благосостояния страны.**
- * **Концентраты, получаемые из горно-химического сырья, дешевые.**
- * **Это обуславливает необходимость применения относительно простых методов и схем обогащения.**

Технология апатита

Общие запасы апатитовых и фосфоритовых руд России, оцениваемые как подготовленные к разработке, составляют 480,2 млн. т P_2O_5 .



Цены на мировом рынке на **диаммофос**:

- в **2006** году составили **248–289** долл./т.
- в начале **2007** года они колебались от **250** до **360**, а в мае – от 440 до 470 долл./т.

Суперфосфат тройной:

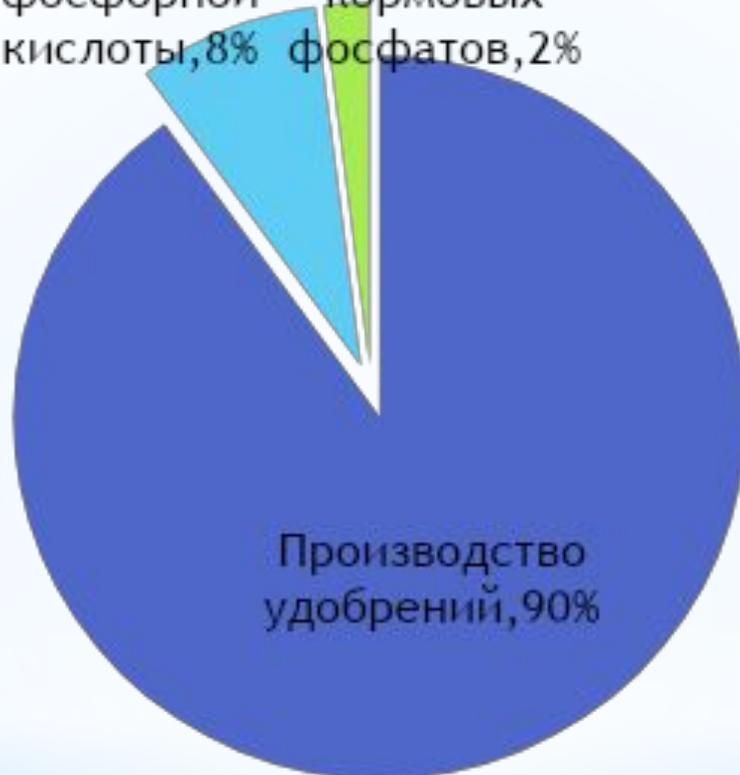
- в **2006** г. стоил **202** долл./т,
- в начале **2007** года – **208**, в мае – **325**.

Добыча природных фосфатов в основных странах-производителях, в 1990-2000 гг., тыс. т концентрата, приведенного к содержанию 32% P₂O₅

Страна	1990	1991	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000
США	46000	48000	46000	35100	43500	45400	45900	44200	40600	39700
КНР	15800	17600	17900	18600	21000	21000	20000	25000	25100	26000
Россия	35000	28573	19447	9000	8800	8500	9900	9800	11100	11000
Казахстан				5800	2200	2400	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Всего в мире	153000	145000	135000	117000	131000	133000	138000	145000	141000	139000

производство
фосфорной
кислоты, 8%

производство
кормовых
фосфатов, 2%



Производство
удобрений, 90%

* структура
потребления
фосфора

- * При производстве неупаренной фосфорной кислоты к переработке пригодно сырье с содержанием не менее 28% P_2O_5 при отношениях Fe_2O_3/P_2O_5 не более 0,08 и $(Fe_2O_3 + Al_2O_3) / P_2O_5$ не более 0,12, при условии отношения Fe_2O_3/Al_2O_3 , равной 2:1, а CO_2/P_2O_5 не более 0,08.
- * При производстве упаренной фосфорной кислоты дополнительно лимитируют отношение MgO/P_2O_5 - не более 0,07.
- * Для азотнокислой переработки требования менее жесткие: содержание P_2O_5 в фосфатном сырье равен не менее 24%, отношение Fe_2O_3/P_2O_5 - не более 0,15.

*** Требования к
выпускаемой
продукции**

Апатитовые месторождения

```
graph TD; A[Апатитовые месторождения] --> B[Магматические – инъекционные, образованные интрузией магмы (Хибины, Шведская Лапландия)]; A --> C[Жильные – пневматолитовые, образовавшиеся за счет газообразных выделений остывающей на глубине магмы (Южная Норвегия)]; A --> D[Приуроченные к пегматитовым жилам, где апатит образуется из остаточного пегматитового расплава (Канада)];
```

Магматические –
инъекционные,
образованные
интрузией магмы
(Хибины, Шведская
Лапландия)

Жильные –
пневматолитовые,
образовавшиеся
за счет газообразных
выделений
остывающей
на глубине магмы
(Южная Норвегия)

Приуроченные
к пегматитовым
жилам, где
апатит образуется
из остаточного
пегматитового
расплава
(Канада)

- * фторапатит ($\text{Ca}_{10}\text{P}_6\text{O}_{24}\text{F}$), с теоретическим содержанием P_2O_5 - 42,23%, CaO - 55,64 %, F - 3,77%,
- * франколит ($\text{Ca}_{10}\text{P}_{5,2}\text{C}_{0,8}\text{O}_{23}\text{F}_2$), с содержанием P_2O_5 - 37,14%, CaO - 56,46 %, CO_2 - 3,54 % и
- * курскит ($\text{Ca}_{10}\text{P}_{4,8}\text{C}_{1,2}\text{O}_{22,8}\text{F}_2(\text{OH})_{1,2}$), с содержанием P_2O_5 - 34,52 %, CaO - 56,86 %, CO_2 - 5,35 %, F - 3,85%.

*** основные
фосфорсодержащие
минералы**



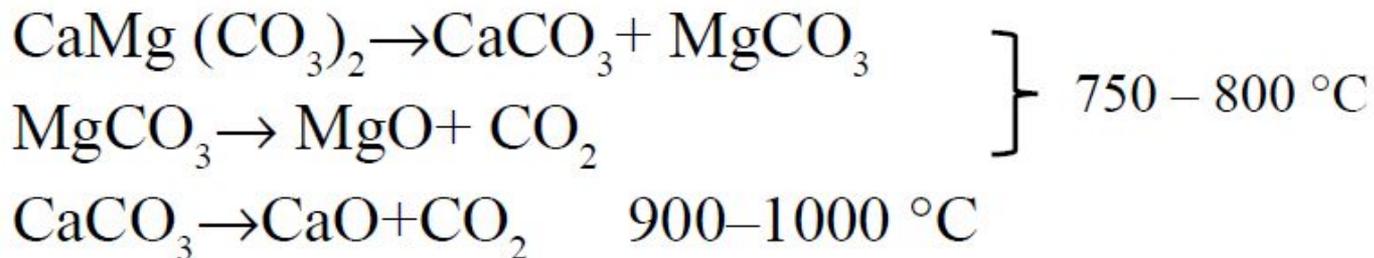
Обжиг с последующим гашением водой

Этот способ используется для обогащения карбонатных руд **с небольшим содержанием железа и кремния** и интенсивно развивается в ряде стран.

Несмотря на то, что это дорогостоящий процесс, для некоторых руд он вполне применим и экономичен.

При применении этого метода достигается расчленение фосфатных агрегатов до размера мономинеральных зерен без тонкого измельчения.

Доломит и кальцит при обжиге разлагаются с выделением углекислоты, давая твердые продукты в виде извести (CaO) и периклаза (MgO):



Гашение водой переводит окись кальция и магния в гидроокиси:



Гидроокиси кальция и магния мало растворимы в воде.

Объемный вес портландита – Ca(OH)_2 значительно меньше объемного веса извести CaO , т.е. при гашении увеличивается объем рудной массы.

Удельный вес портландита 2,25, а апатита – 3,2 г/см³, поэтому их легко разделить дешламацией.

Операция обесшламливания наиболее эффективно происходит в гидроциклоне, так как частицы пустой породы, представляющие из себя известь, имеют размер порядка нескольких микрон.

Обжиг резко изменяет в благоприятную сторону флотуруемость: у апатита она возрастает, а у кальцита, доломита – снижается

* Схемы обогащения



Схема флотации ошурковской руды

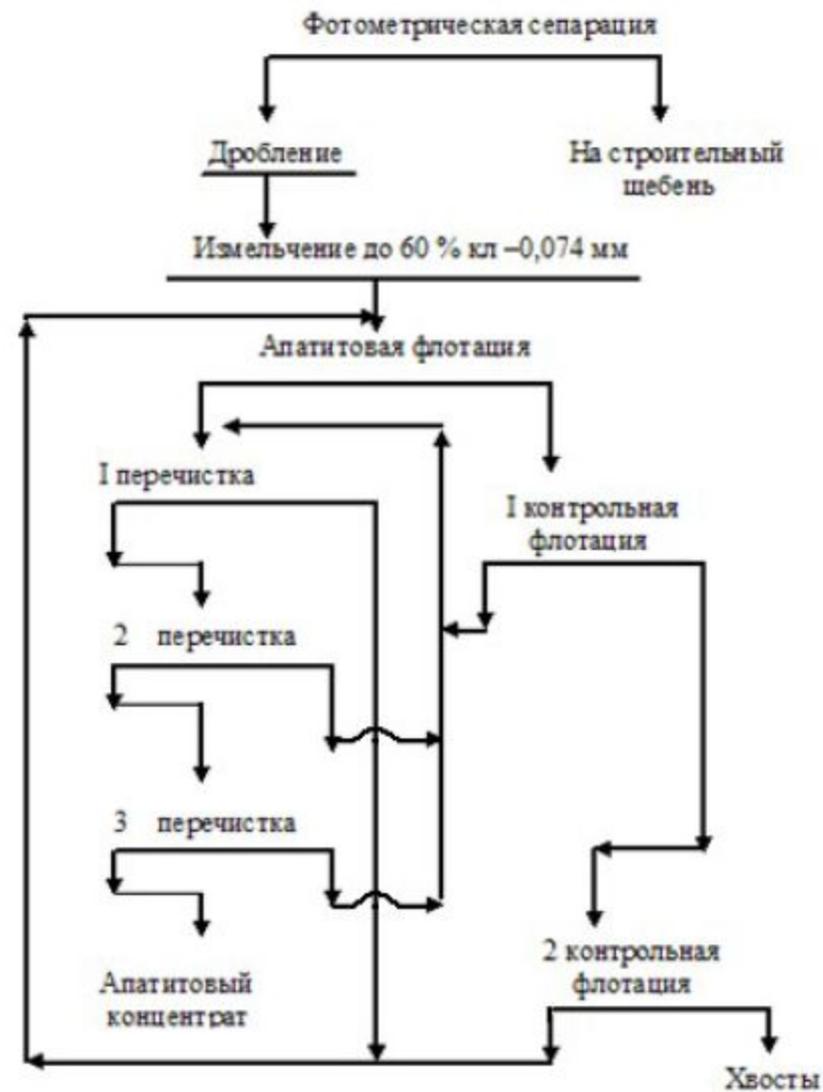


Схема обогащения руды с предварительной фотометрической сепарацией

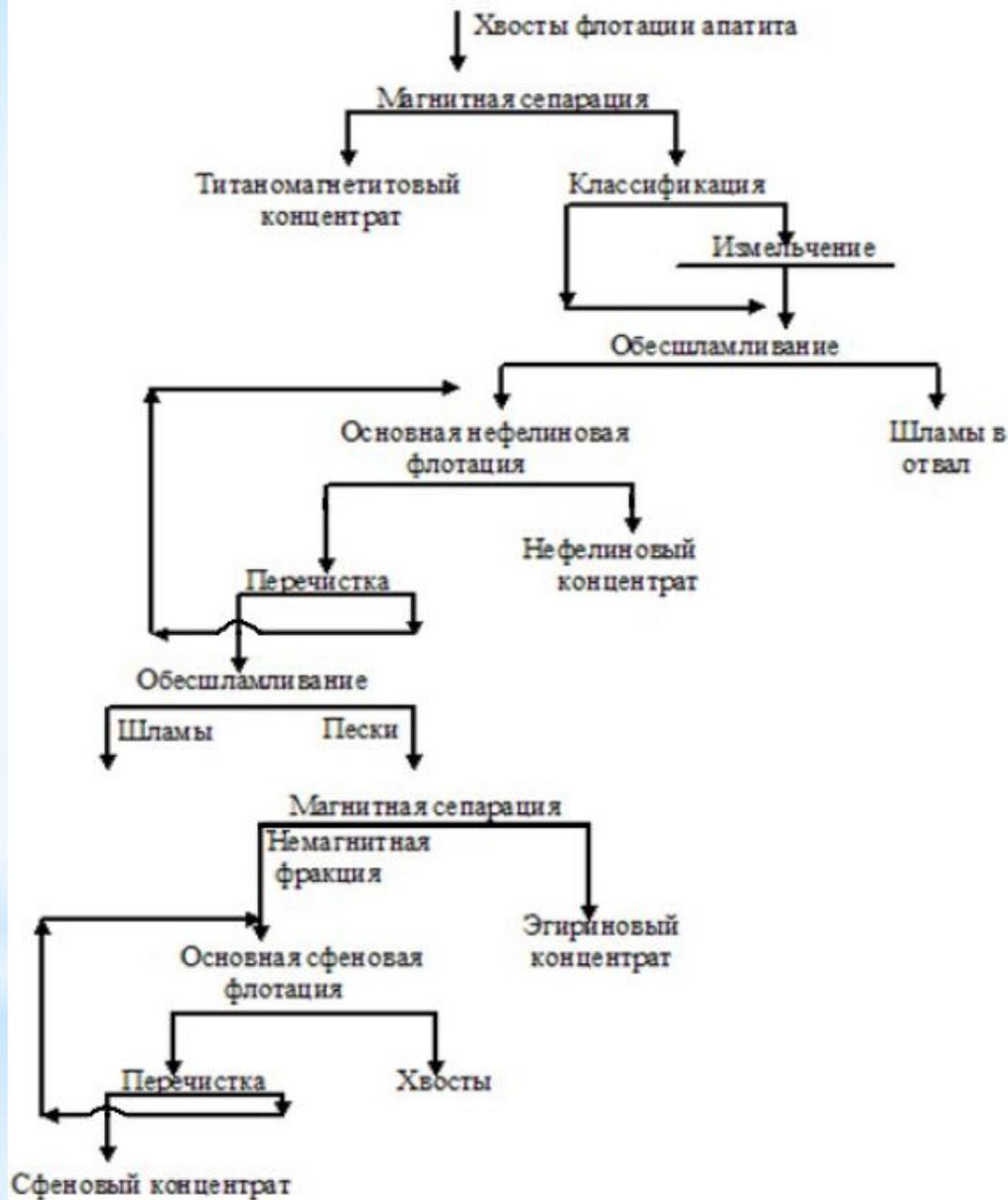


Схема комплексного использования хвостов апатитовой флотации

ТЕХНОЛОГИЯ ФОСФОРИТОВ

Фосфориты представляют собой осадочную горную породу, состоящую из различных минералов (кварц, глауконит, кальцит, доломит и др.) и фосфата.

Фосфатное вещество фосфоритов чаще всего встречается в виде так называемой аморфной разновидности и в значительно меньшей степени в виде окристаллизованной.

Кроме фосфатов, в фосфоритах присутствует *кварц, халцедон, кальцит, доломит, глауконит и др. минералы, а также органическое вещество.*

месторождения фосфоритов

фосфоритные месторождения по Б.М.Гиммельфарбу

Осадочные фосфориты

платформенные

геосинклинальные

метаморфогенные образуются на контакте осадочных фосфоритов с интрузивными породами (некоторые м-ия Каратау, слюдянки в Прибалтике)

Месторождения желваковых фосфоритов представляют собой горную породу, в которой находятся, с различной степенью концентрации, отдельные конкреции (желваки) фосфоритов. Вмещающей породой служат песок, глина, мел, известняк, фосфоритная плита, фосфоритный конгломерат и др. (Подольское, Щигровское, Трухачевское, Полипинское, м-ия Актюбинское области)

Месторождения зернистых и ракушечных фосфоритов. Зернистые фосфориты представляют собой породу, содержащую те или иные количества мелких, различных простым глазом зерен фосфорита (0,5–0,7; реже 1,0–1,2 мм), сцементированных глинисто-железистым или карбонатным цементом (м-я Эстонии и Ленинградской области, Каратагское м-е в Таджикистане)

Пластовые месторождения фосфоритов залегают в виде мощных пластов сплошной породы, в которой невооруженным глазом нельзя различить фосфатные и нефосфатные минералы. Породы целиком фосфатизированы (м-я Каратау, Тенесси, Флориды в США, Египта)

Обогащение фосфоритов

В настоящее время в мировой практике обогащения фосфоритовых руд доминирующими являются три способа:

флотация

классификация

обжиг

Реже применяются другие методы обогащения:

**химическое
обогащение**

**разделение
в тяжелых
средах**

**флото-
гравитация**

**магнитная
сепарация**

**радиометрические
методы**

**электростатическая
сепарация**

Результаты обогащения обжигом карбонатно-фосфатных руд месторождений Джанатас и Кокджон

Содержание, %					Извлечение, %
в руде			в концентрате		
P ₂ O ₅	MgO	H.O.	P ₂ O ₅	MgO	
Карбонатная разность руды					
26,8	3,7	3,5	33,9	1,6	91,6
27,2	3,2	8,4	33,0	0,9	83,3
25,7	2,5	10,8	30,0	1,1	86,6
Кремнисто-карбонатная разность руды					
23,8	3,0	17,9	27,5	1,6	86,0
23,0	2,5	21,3	25,5	1,2	80,5
23,0	3,2	16,4	26,4	1,5	75,0

ГРАВИТАЦИЯ

```
graph TD; A[ГРАВИТАЦИЯ] --> B[обогащение в суспензиях и на винтовых сепараторах]; A --> C[флотогравитация]; A --> D["агломерационно-пленочная флотация"];
```

обогащение в
суспензиях и
на винтовых
сепараторах

флотогравитация

"агломерационно-
пленочная
флотация"

Схемы обогащения

Схемы обогащения фосфоритовых руд включают в себя первичное и вторичное обогащение и реже состоят из одного метода обогащения.

Первичное обогащение
позволяет выделить фосфатные концентраты
различной крупности или сбросить
отвальные хвосты

радиометри-
ческие методы
обогащения

грохочение

промывка

классифи-
кация

**Вторичное обогащение
проводится с целью
доизвлечения фосфора из
продуктов, бедных по
содержанию пятиоксида
фосфора**

обжиг

**электрическая и
магнитная
сепарация**

гравитация

флотация

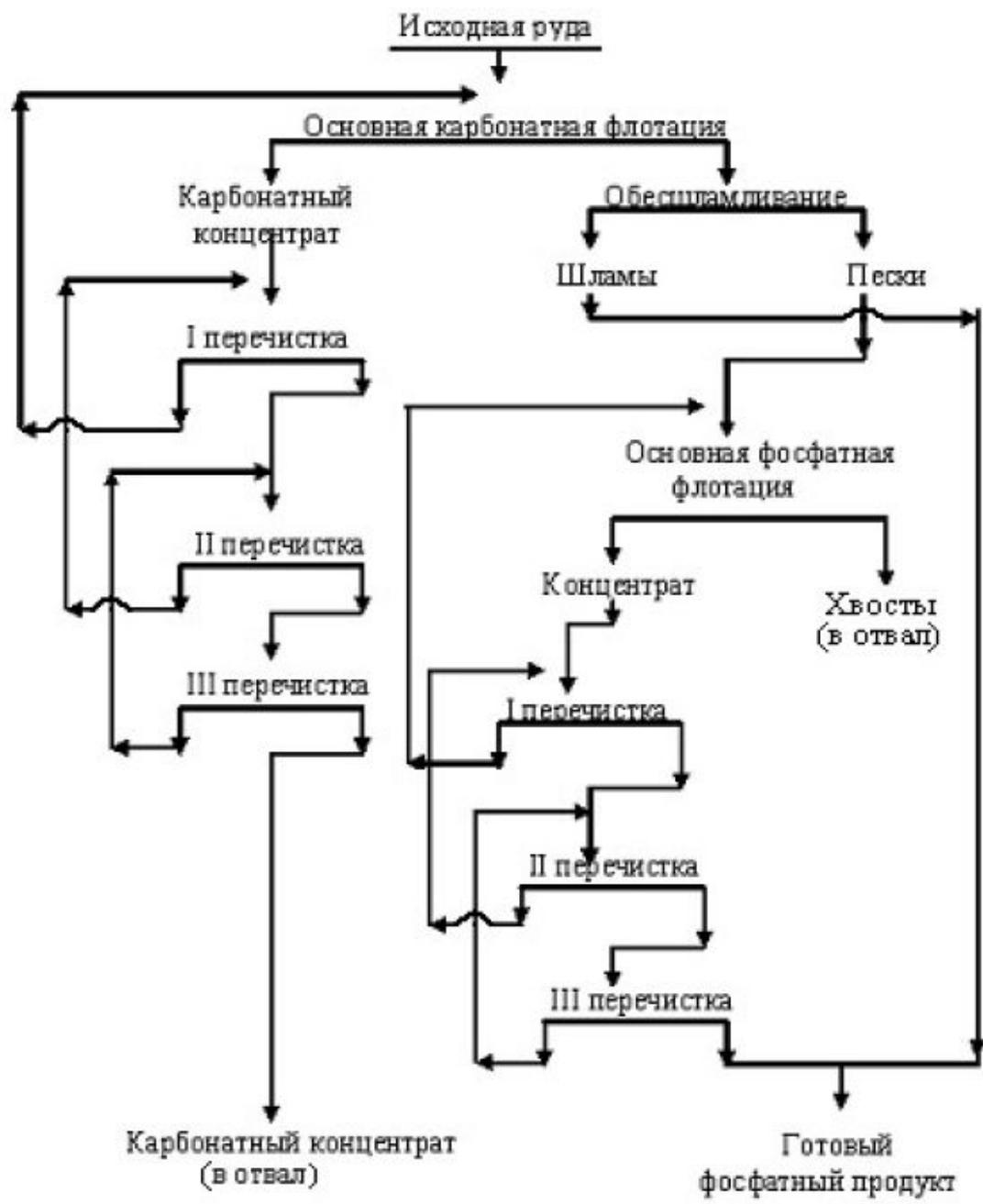


Схема флотации фосфоритов Чулак-Тау

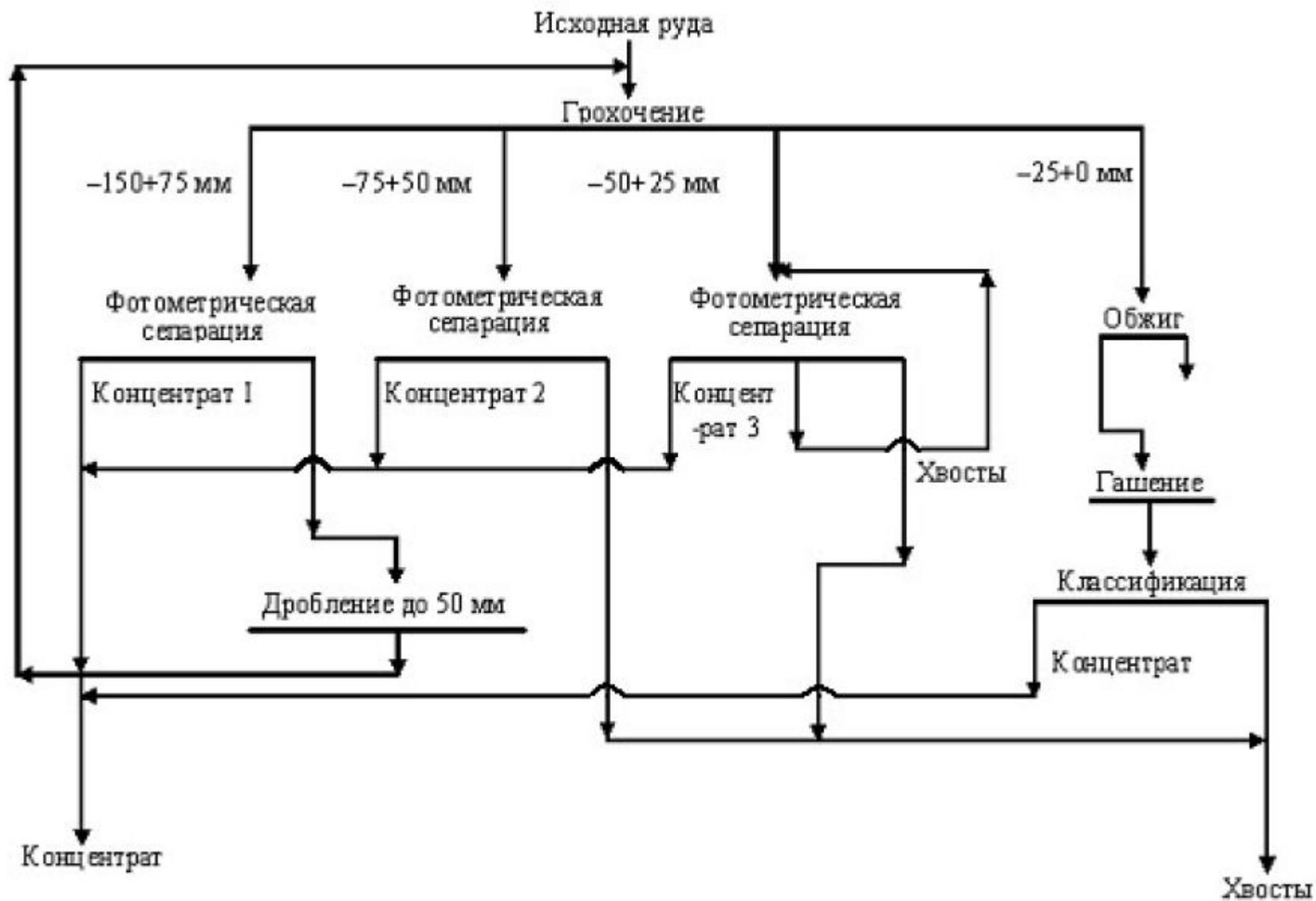


Схема обогащения фосфоритов Обладжанского месторождения