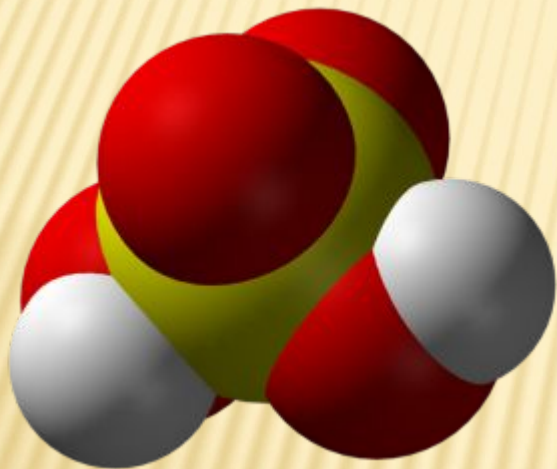
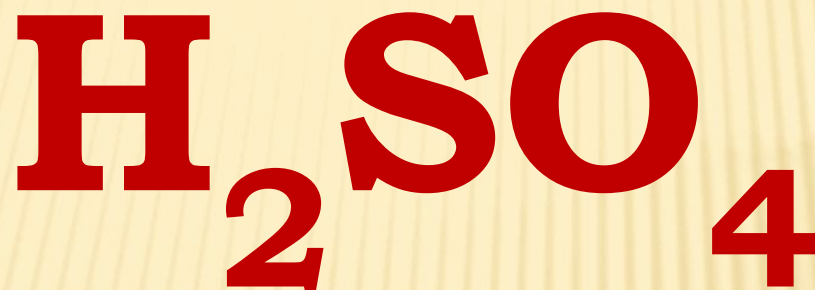


# ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



« Едва найдется другое, искусственно добываемое вещество, столь часто применяемое в технике, как серная кислота...»  
(Д. И. Менделеев)

# СЕРНАЯ КИСЛОТА



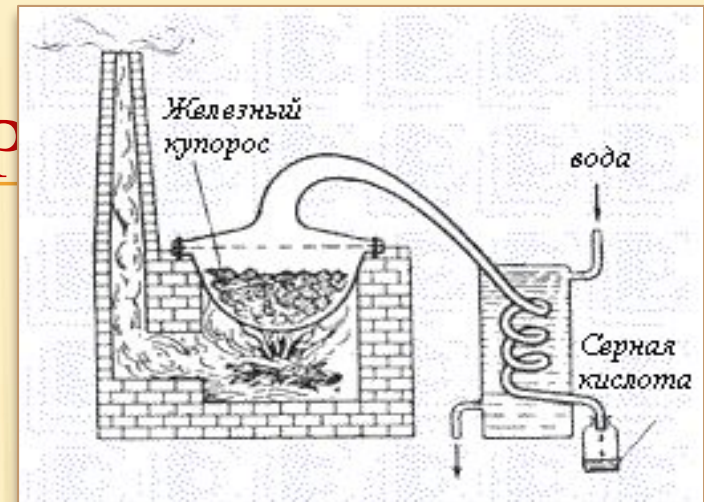
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  существует в природе как самостоятельное химическое соединение, представляет собой бесцветную маслянистую жидкость без запаха плотностью  $1,83 \text{ г/см}^3$
- Пагубно действует на растительные и животные ткани, отнимая от них воду, вследствие чего они обугливаются
- С водой смешивается во всех соотношениях, причём при разбавлении соединения водой происходит сильное разогревание, сопровождающееся разбрызгивание жидкости. Разбавляем по правилу: «Химик! Запомни как оду! Лей кислоту в воду!!!»
- Одна из самых сильных кислот. В водных растворах практически полностью диссоциирует на ионы:



Раствор оксида серы (+6)  $\text{SO}_3$  в серной кислоте называется олеумом  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПР

- VIII век – арабский алхимик Аджабир ибн Хайян получил «кислые газы» из «зеленого камня» (железного купороса).
  - IX век – персидский алхимик Ар-Рази получал прокаливанием смеси медного и железного купороса
  - XIII век – европейский алхимик Альберт Магнус усовершенствовал способ.
  - XV век – алхимики 300 лет получали серную кислоту из пирита **FeS<sub>2</sub>**
- В середине XVIII столетия было обнаружено, что свинец не растворяется в серной кислоте, поэтому стеклянное оборудование заменили на металлическое**
- 1740-46 г.г. – был построен первый сернокислотный завод в Англии с использованием свинцовых камер.
  - 1926 г. – в СССР построена первая башенная установка на Полевском металлургическом заводе (Урал) - малоэффективна.
  - 1903 г. – запуск первой в России контактной установки на Тентелевском химическом заводе (Петербург), к 1913 г. работало 6 систем (производство до 5 тыс.т.). Далее контактная система получила распространение во всём мире (Германия, Англия, США...)**



# ИСХОДНОЕ СЫРЬЕ

Сырьё – исходный материал для производства промышленных продуктов.

- ▣ В мире 75% получают из серы.
- ▣ В России 60% получают из серы.
- ▣ В Японии 60% из отходящих газов.

▣ S(самородная сера)

▣  $H_2S$ (сероводород)

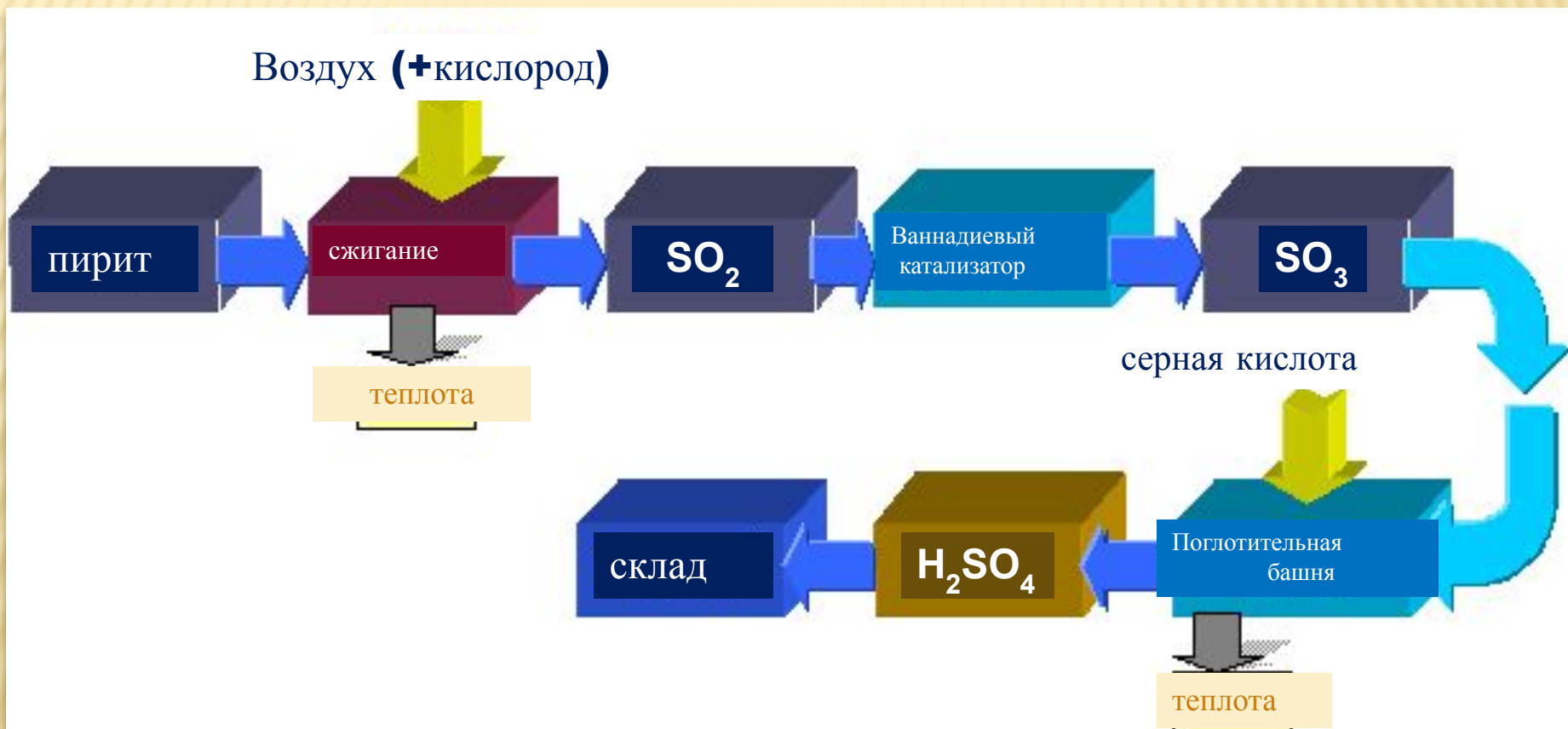
▣  $Cu_2S$ ,  $ZnS$ ,  $PbS$  (цветные металлы)

▣  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (гипс)

▣  **$FeS_2$**  (пирит) – содержание серы 54,3%. Концентраты минерала получают в результате обогащения руд цветных металлов на обогатительных фабриках.

С 2005 г. пиритный концентрат для поставляется только с Учалинского ГОКа (годовая мощность 2,5 млн.т), входящего в состав Уральской горно-металлургической компании.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА

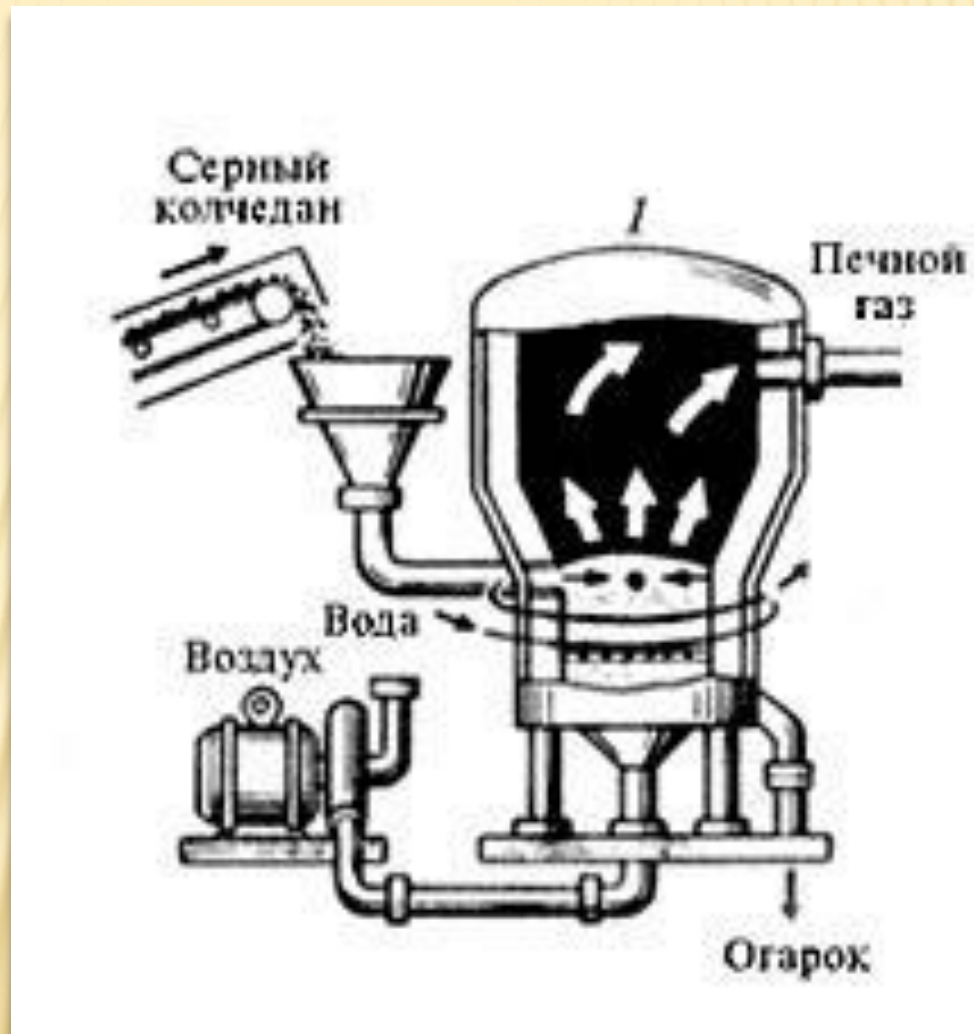


Технология – наука о наиболее экологичных способах и процессах получения сырья, полупродуктов и продуктов.

## I стадия

- Обжиг сырья (пирита) и получение оксида серы  $SO_2$ .
- **$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 + Q$**   
(минерал пирит.)
- Характеристика реакции:  
экзотермическая, необратимая,  
окислительно-восстановительная.

# ПЕЧЬ ДЛЯ ОБЖИГА В «КИПЯЩЕМ» СЛОЕ



# ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ I СТАДИИ

---

- Воздух, обогащенный кислородом.
- $t=800^{\circ}$ , теплота экзотермической реакции отводиться.
- «Кипящий» слой (увеличение площади соприкосновения).
- Время обжига - несколько секунд.



# ПРИНЦИПЫ ПРОИЗВОДСТВА I СТАДИИ

---

(ПЕЧЬ ДЛЯ ОБЖИГА С «КИПЯЩИМ» СЛОЕМ)

- 1. «Кипящий» слой.
- 2. Большая мощность.
- 3. Механизация и автоматизация.
- 4. Непрерывность.
- 5. Принцип противотока.

# ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ ДЛЯ

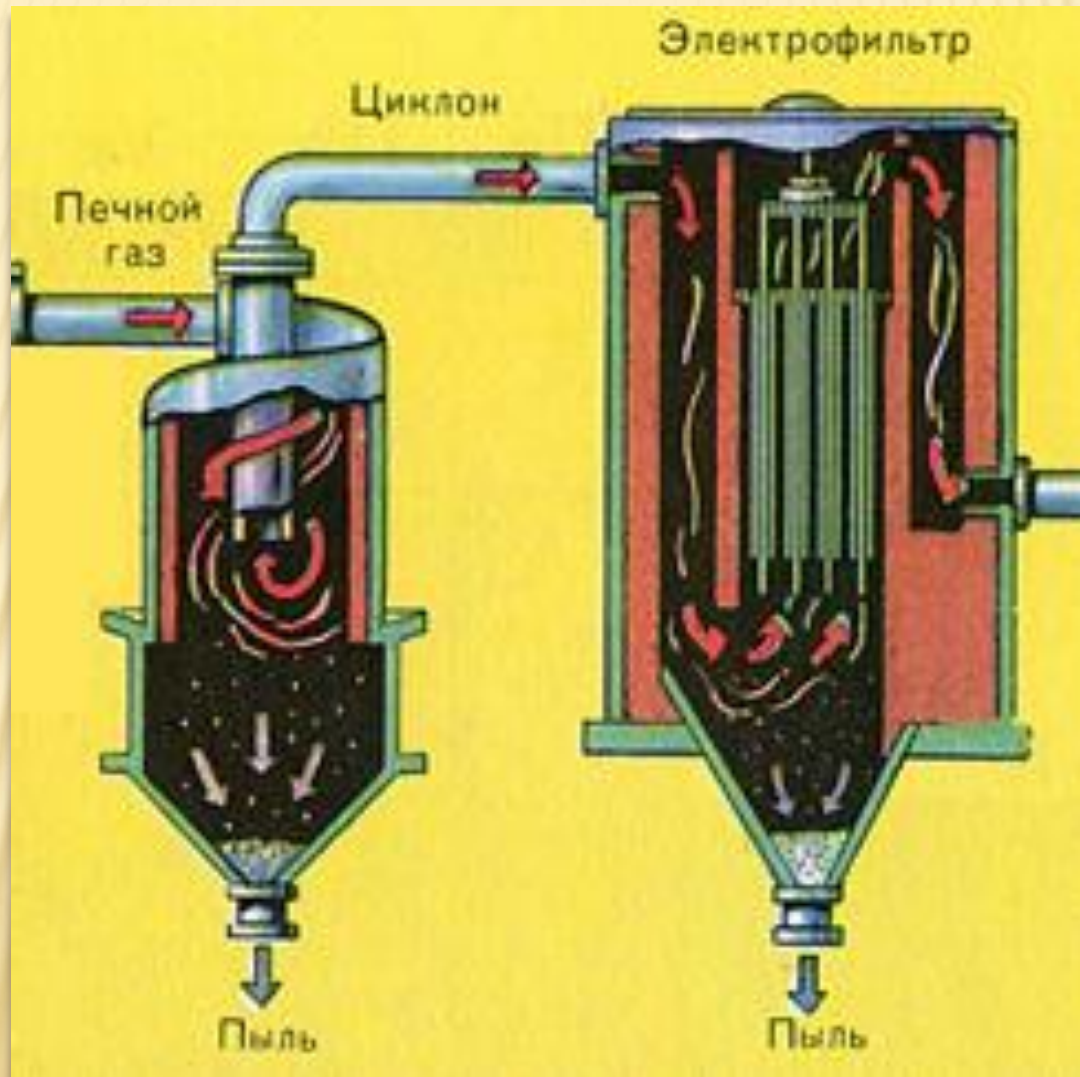
## II СТАДИИ

(ЦИКЛОН, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, СУШИЛЬНАЯ БАШНЯ)

- Прежде чем приступить ко II стадии  $SO_2$  очищают от пыли:
  - 1. “Циклон” – от крупных частиц пыли.
  - 2. Электрофильтр – от мелких частиц пыли
- Осушить в сушильной башне
- Нагреть до  $t=400^0$  в теплообменнике

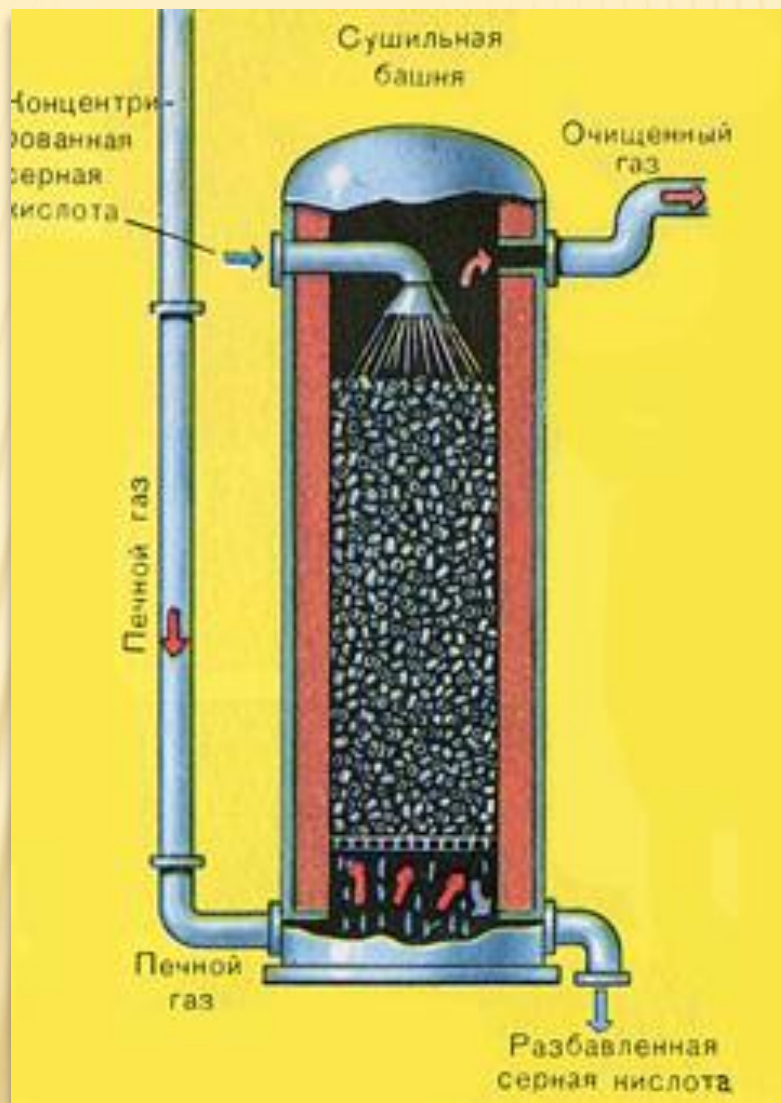
# ЦИКЛОН И ЭЛЕКТРОФИЛЬТР

(ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ – ЦЕНТРОБЕЖНАЯ СИЛА, ПРИТЯЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ)

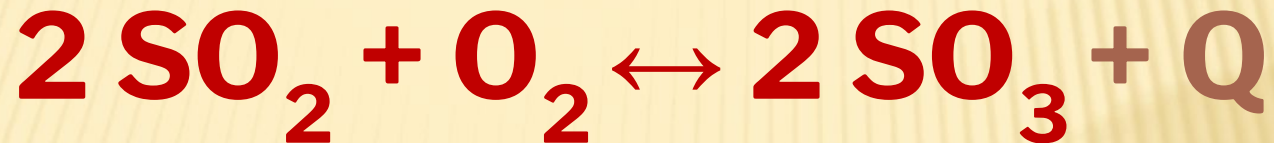


# СУШИЛЬНАЯ БАШНЯ

(ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ – ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ)



# ПРИНЦИПЫ ■ СТАДИИ (КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ)

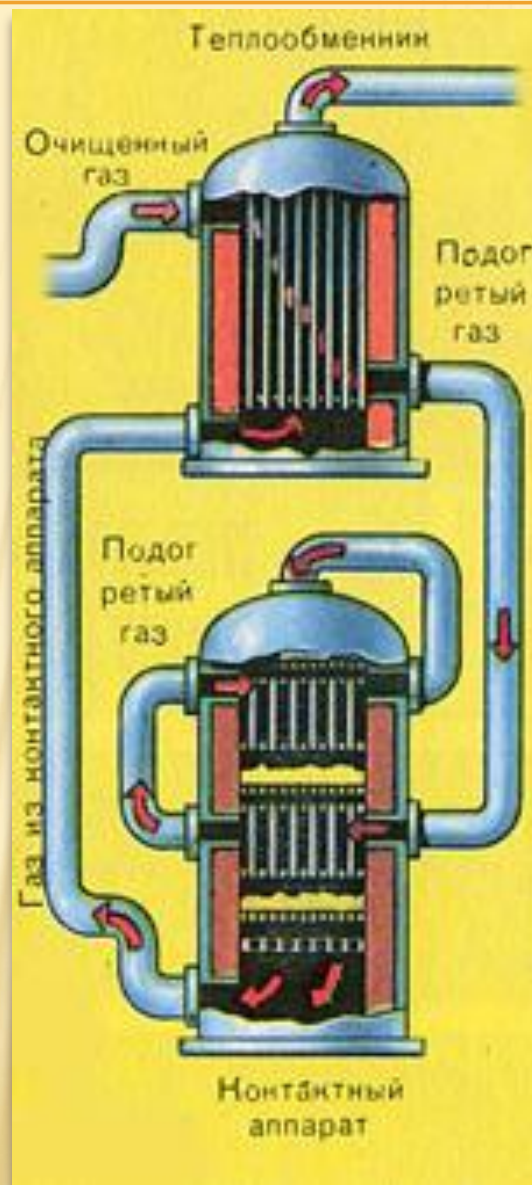


(обратимая, каталитическая, экзотермическая)

- 1. Понижают температуру от 600<sup>0</sup>С до 400<sup>0</sup>С.
- 2. Катализатор V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на керамике.
- 3. Противоточное движение.
- 4. Теплообмен.

Выход продукта 99,2%

# КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ



### III СТАДИЯ (ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ БАШНЯ)



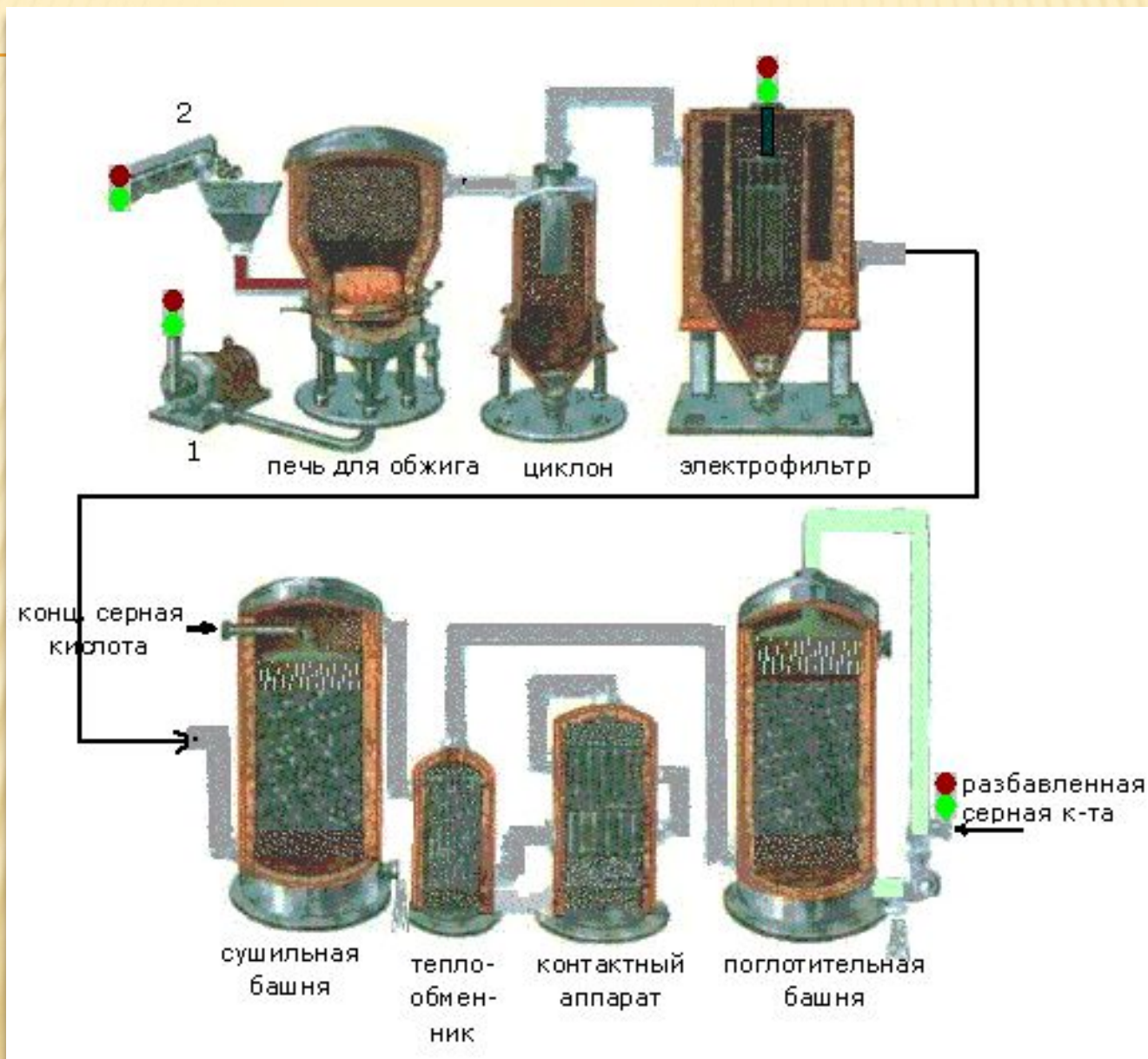
- Увеличивают площадь соприкосновения (керамические кольца Рашига)
- Отводят продукты реакции
- Орошают 98% серной кислотой, образуется олеум (раствор  $\text{SO}_3$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

# ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ БАШНЯ





# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА



# ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Транспортируют в железнодорожных и автоцистернах из кислотостойкой стали
- Хранят в герметически закрытых емкостях из полимера или нержавеющей стали, покрытой кислотоупорной плёнкой



# ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В МИРЕ (170-173 МЛН.Т)

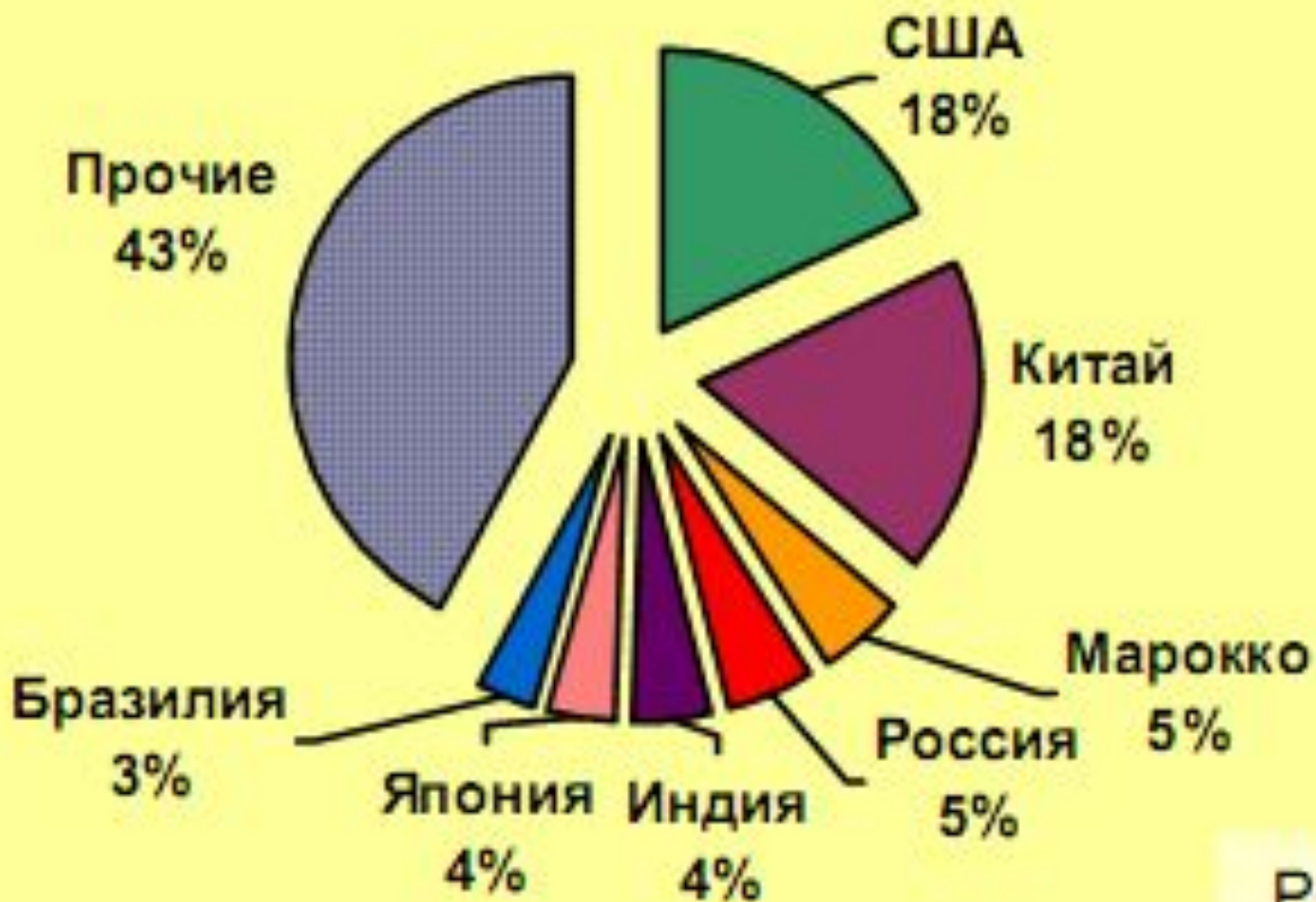


Рис. 1

# ПОТРЕБЛЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В МИРЕ (174-178 МЛН.Т)



# ПОТРЕБЛЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- 1. Производство минеральных удобрений.
- 2. Производство сульфатов (солей серной кислоты).
- 3. Производство синтетических волокон.
- 4. Черная и цветная металлургия.
- 5. Производство органических красителей.
- 6. Спирты, кислоты, эфиры(орг. вещества).
- 7. Пищевая промышленность(патока, глюкоза), эмульгатор (загуститель) E513.
- 8. Нефтехимия(минеральные масла).
- 9. Производство взрывчатых веществ.



# СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В РОССИИ

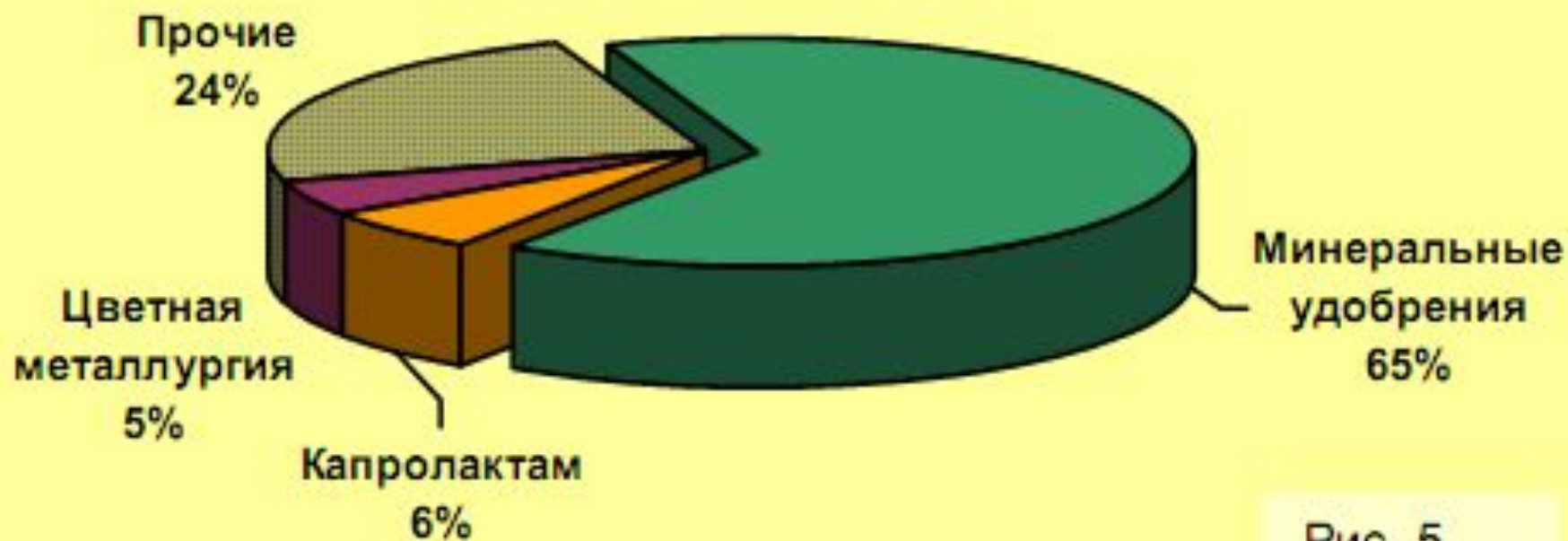


Рис. 5

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ПРОИЗВОДСТВА

При аварийных выбросах в атмосферу попадают соединения серы:



**Последствия:** «закисление» почв и водоёмов, «металлизация» атмосферы

### РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ:

- Непрерывность технологического процесса;
- Комплексное использование сырья;
- Совершенствование технологического оборудования.

