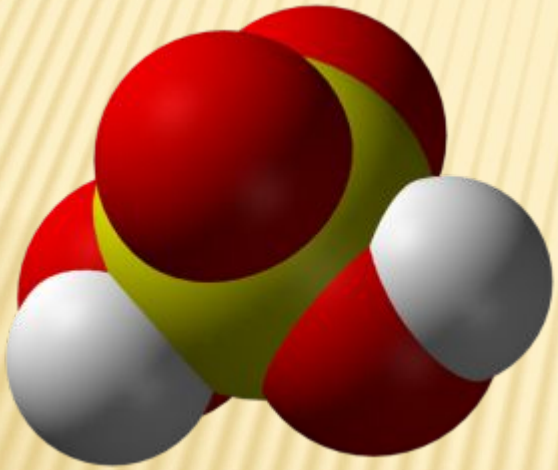
ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

$$H_2SO_4$$



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

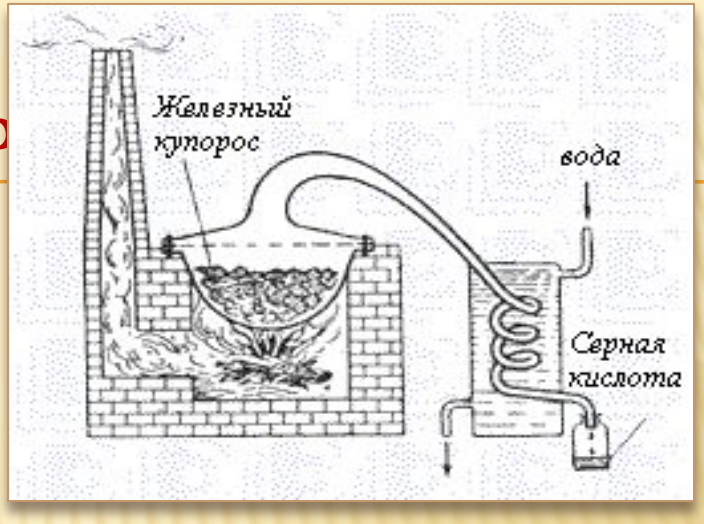
СЕРНАЯ КИСЛОТА

- H_2SO_4 существует в природе как самостоятельное химическое соединение, представляет собой бесцветную маслянистую жидкость без запаха плотностью 1,83 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:

$$H_2SO_4 = 2\ H^+ + SO_4^{2-}$$

Раствор оксида серы (+6) SO_3 в серной кислоте называется олеумом $H_2SO_4 \bullet SO_3$

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_2**

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 Тентелеевском 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

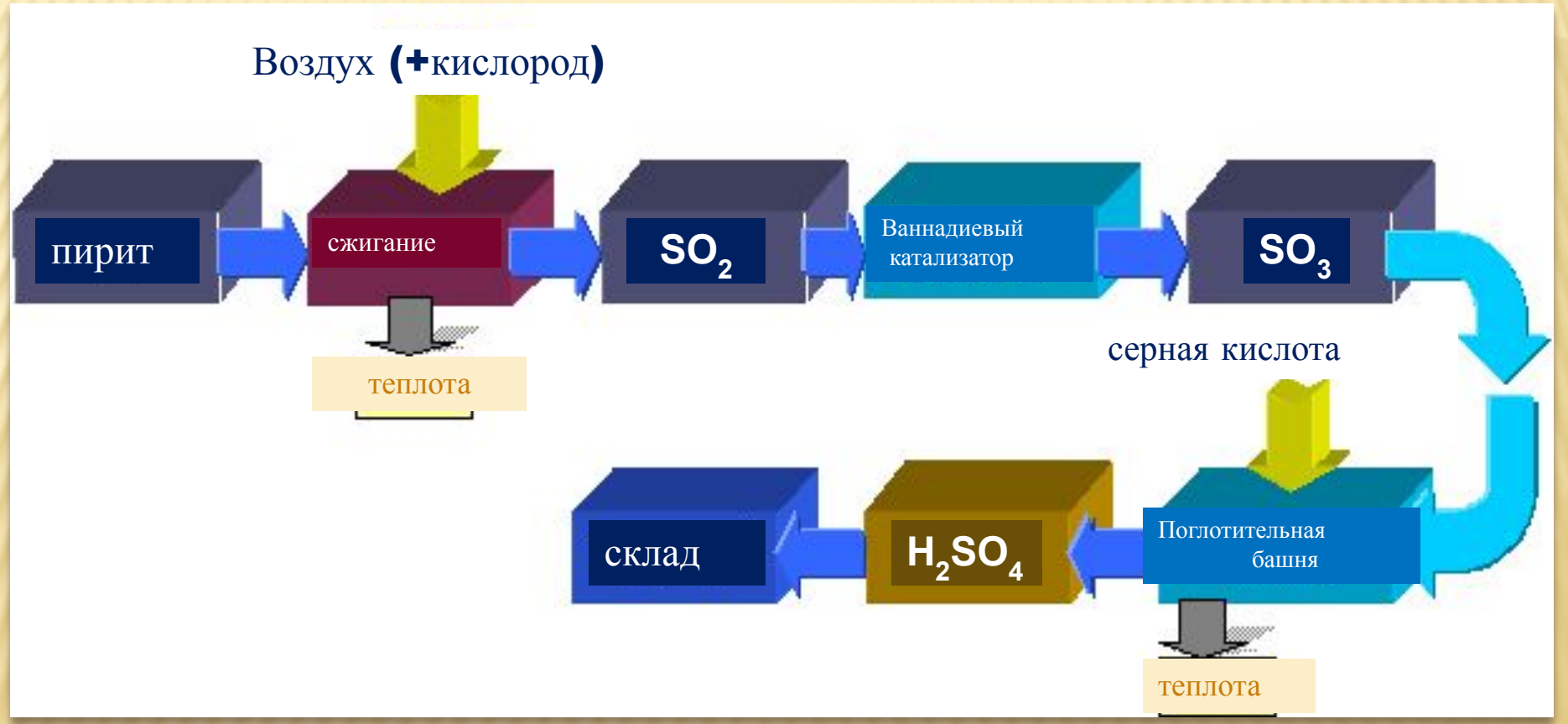
Сырьё – исходный материал для производства промышленных продуктов.

- 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)
- $CaSO_4*2H_2O$ (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.

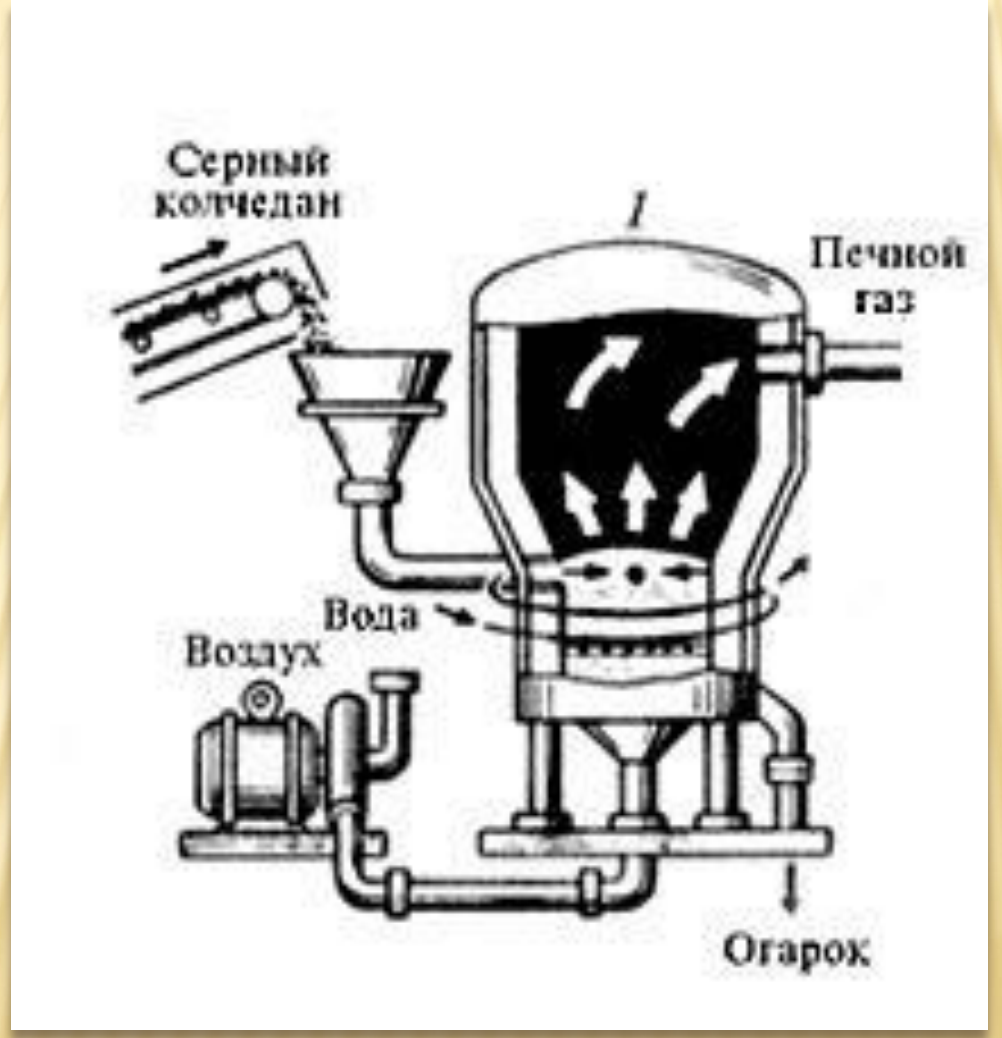
I стадия

- 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 СТАДИИ

- Воздух, обогащенный кислородом.
- $t=800^0$, теплота экзотермической реакции отводиться.
- «Кипящий» слой (увеличение площади соприкосновения).
- Время обжига - несколько секунд.

ПРИНЦИПЫ ПРОИЗВОДСТВА СТАДИИ

(ПЕЧЬ ДЛЯ ОБЖИГА С «КИПЯЩИМ» СЛОЕМ)

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

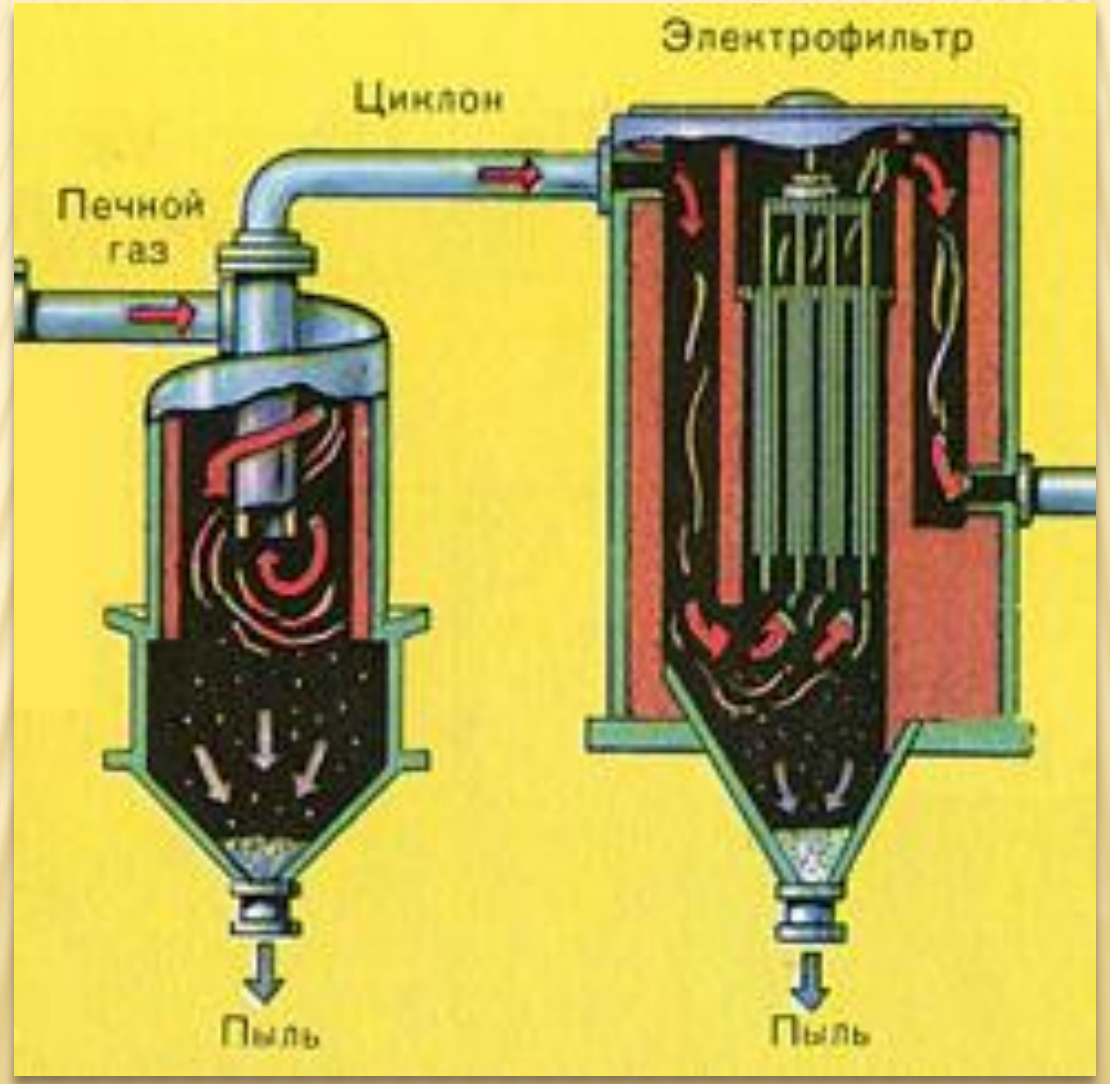
ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ ДЛЯ II СТАДИИ

(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

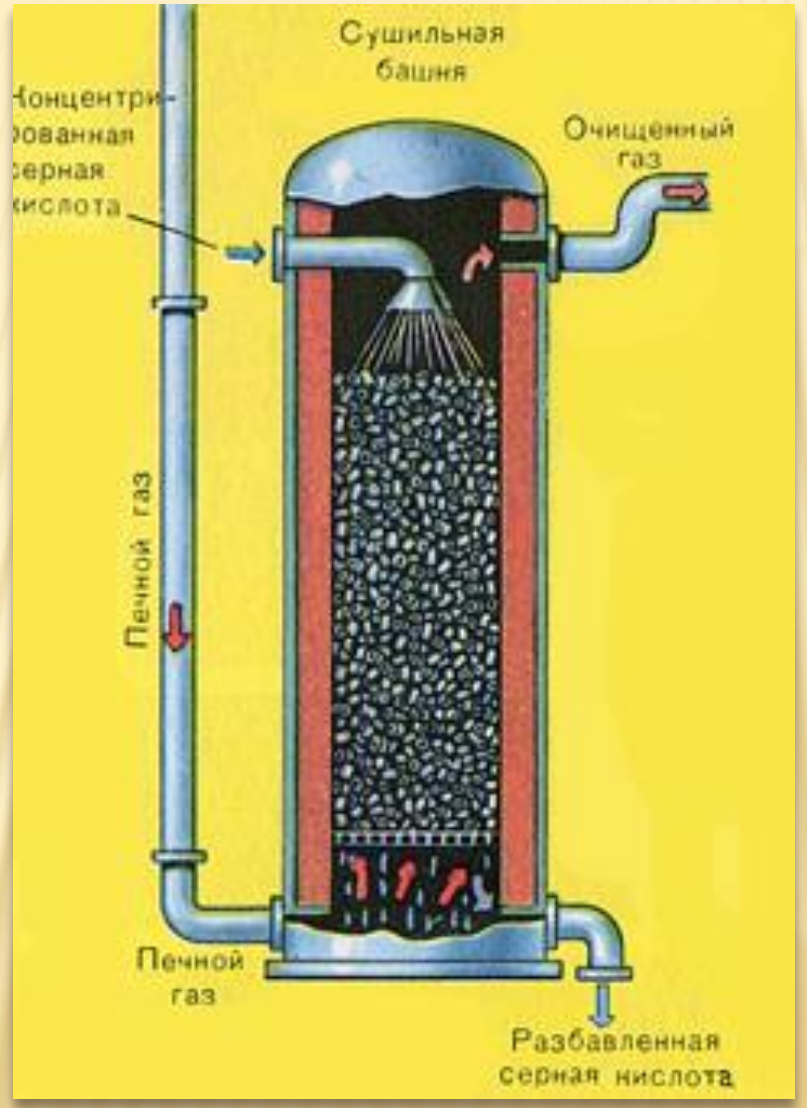
ЦИКЛОН И ЭЛЕКТРОФИЛЬТР

(ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ – ЦЕНТРОБЕЖНАЯ СИЛА, ПРИТЯЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ)



СУШИЛЬНАЯ БАШНЯ

(ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ – ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ)



ПРИНЦИПЫ II СТАДИИ (КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ)

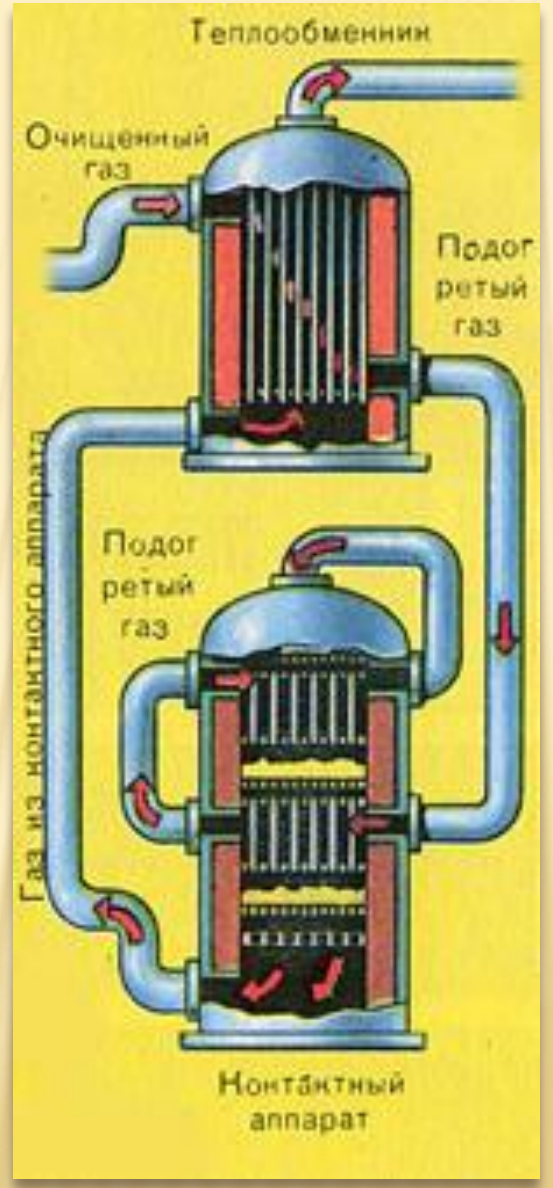
$$2SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2SO_3 + Q$$

(обратимая, каталитическая, экзотермическая)

- 1. Понижают температуру от 600^0С до 400^0С.
- 2. Катализатор V_2O_5 на керамике.
- 3. Противоточное движение.
- 4. Теплообмен.

Выход продукта 99,2%

КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ



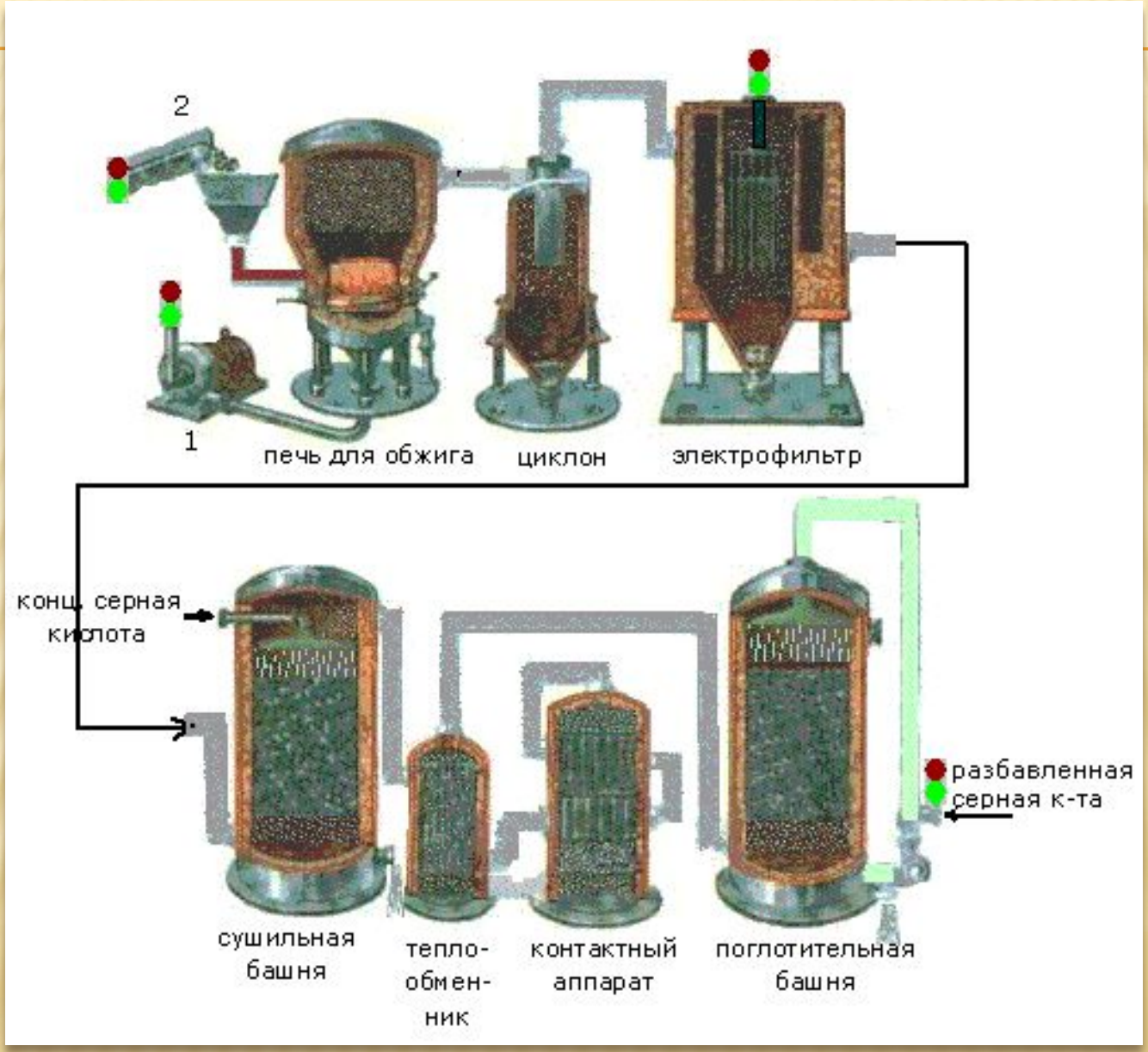
III СТАДИЯ (ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ БАШНЯ)

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4+Q$$ (до 300^{0}С)

- Увеличивают площадь соприкосновения (керамические кольца Рашига)
- Отводят продукты реакции
- Орошают 98% серной кислотой, образуется олеум(раствор SO_3 в H_2SO_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)

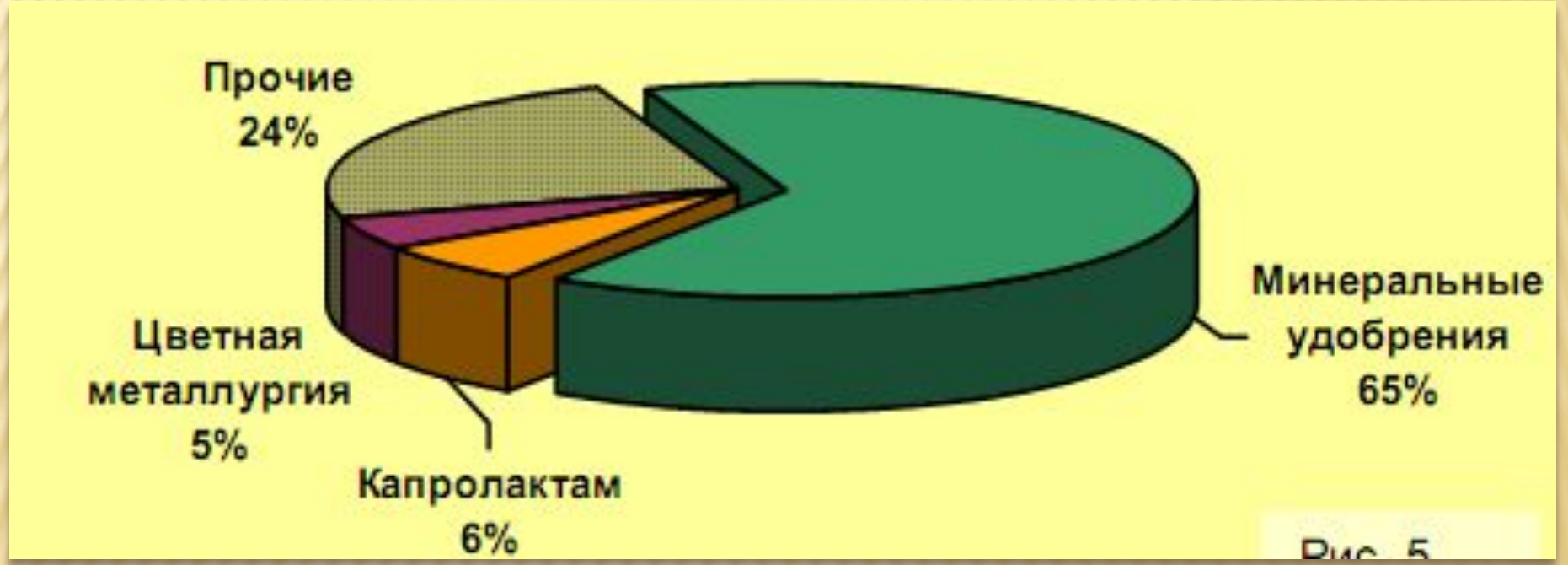
Рис. 1

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) Е513.
- 8. Нефтехимия(минеральные масла).
- 9. Производство взрывчатых веществ.

СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В РОССИИ

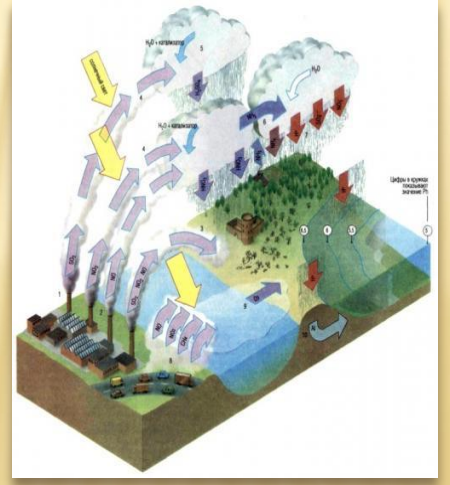


ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ПРОИЗВОДСТВА

При аварийных выбросах в атмосферу попадают соединения серы:

SO_2;SO_3; H_2S; H_2SO_4; Fe_2O_3(пыль)

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

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ:

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