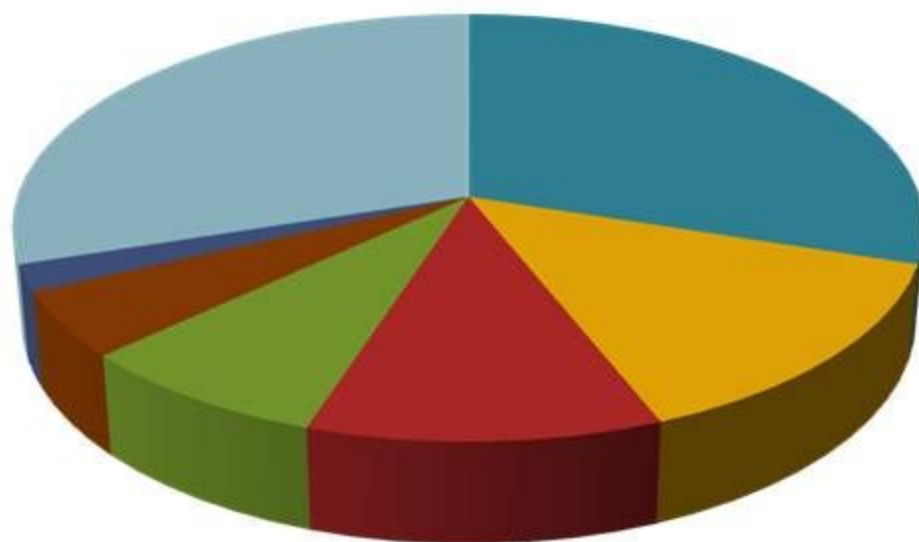


**ПРОИЗВОДСТВО  
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ  
КОНТАКТНЫМ  
СПОСОБОМ**

«Едва найдётся другое, искусственно добываемое вещество, столь часто применяемое в технике, как серная кислота...»

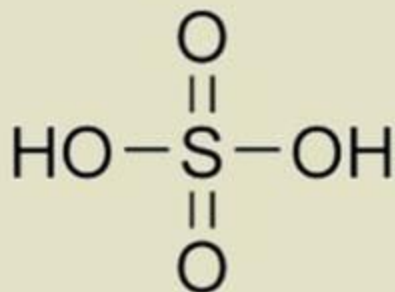
*Д.И.Менделеев*

### Доля расхода серной кислоты



- Удобрения 30%
- Моющие средства 14%
- Краски 11%
- Волокна 8%
- Пластмассы 5%
- Очистка металла 2%
- Другие области 30%

# Серная кислота - хлеб химии



**Серная кислота** широко используется в промышленном производстве. Она оказывает вредное воздействие на глаза и вызывает ожоги кожи.

*Нет кислоты, которая была бы нужнее и применялась бы чаще, чем серная.*

*Главным образом, ее применяют в качестве полуфабриката; многочисленные предприятия по производству серной кислоты перерабатывают ее далее в различных процессах.*



*Не случайно, перспективные планы развития химической промышленности каждой страны предусматривают увеличение производства серной кислоты и числа требующихся для этого многочисленных установок.*

# Сырьё

- Исходным сырьём для производства серной кислоты могут быть: а) природные минералы, содержащие серу: самородная сера, серный колчедан  $\text{FeS}_2$ , цинковая обманка  $\text{ZnS}$ ; б) отходы других производств: сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , продукты обжига сульфидов цветных металлов. Рассмотрим производство серной кислоты контактным способом, при котором исходным сырьём является пирит.



# Сырьё, используемое для производства серной кислоты:

Самородная сера S



<http://www.catalogmineralov.ru/article/98.html>

Пирит (серный колчедан)

FeS<sub>2</sub>



<http://www.24open.ru/csucatudacha/blog/589875/>

Сероводород H<sub>2</sub>S

[http://www.manbw.ru/analytics/hidrogen\\_sulfide\\_h2s.html](http://www.manbw.ru/analytics/hidrogen_sulfide_h2s.html)





# Обжиг пирита

- ▣ Уравнение реакции первой стадии:
- ▣  $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 + Q$
- ▣ Измельчённый очищенный влажный (после флотации) пирит сверху засыпают в печь для обжига в "кипящем слое". Снизу (принцип противотока) пропускают воздух, обогащённый кислородом, для более полного обжига пирита. Температура в печи для обжига достигает 800С. Пирит раскаляется докрасна. Он находится в "подвешенном состоянии" из-за продуваемого снизу воздуха.



# Очистка и осушка печного газа

- Из печи выходит печной газ, состав которого:  $SO_2$ ,  $O_2$ , пары воды (пирит был влажный!) и мельчайшие частицы огарка (оксида железа). Печной газ необходимо очистить от примесей (твёрдых частиц огарка и паров воды). Очистку печного газа проводят в два этапа: -
- в **циклоне**, где используется центробежная сила. Твёрдые частички огарка ударяются о стенки циклона и ссыпаются вниз); -
- в **электрофильтрах**, где используется электростатическое притяжение. Частицы огарка прилипают к наэлектризованным пластинам электрофильтра. При достаточном накоплении под собственной тяжестью они ссыпаются вниз.

- Осушку печного газа проводят в сушильной башне - снизу вверх поднимается печной газ, а сверху вниз льётся концентрированная серная кислота. На выходе из сушильной башни печной газ уже не содержит ни частичек огарка, ни паров воды. После осушки печной газ представляет собой смесь оксида серы  $SO_2$  и кислорода  $O_2$ .

# Контактный аппарат



PPt4WEB.ru

# Окисление $SO_2$ в $SO_3$

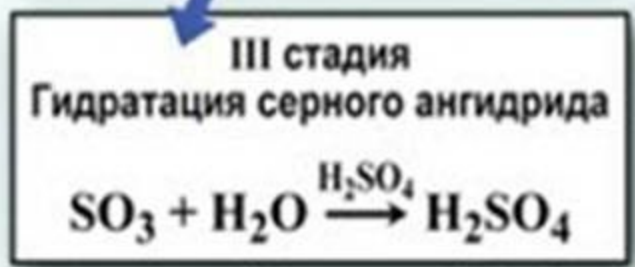
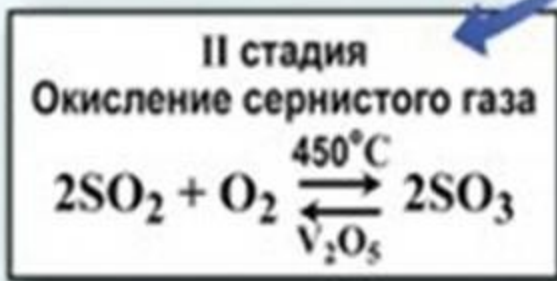
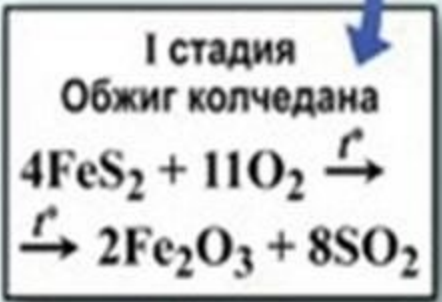
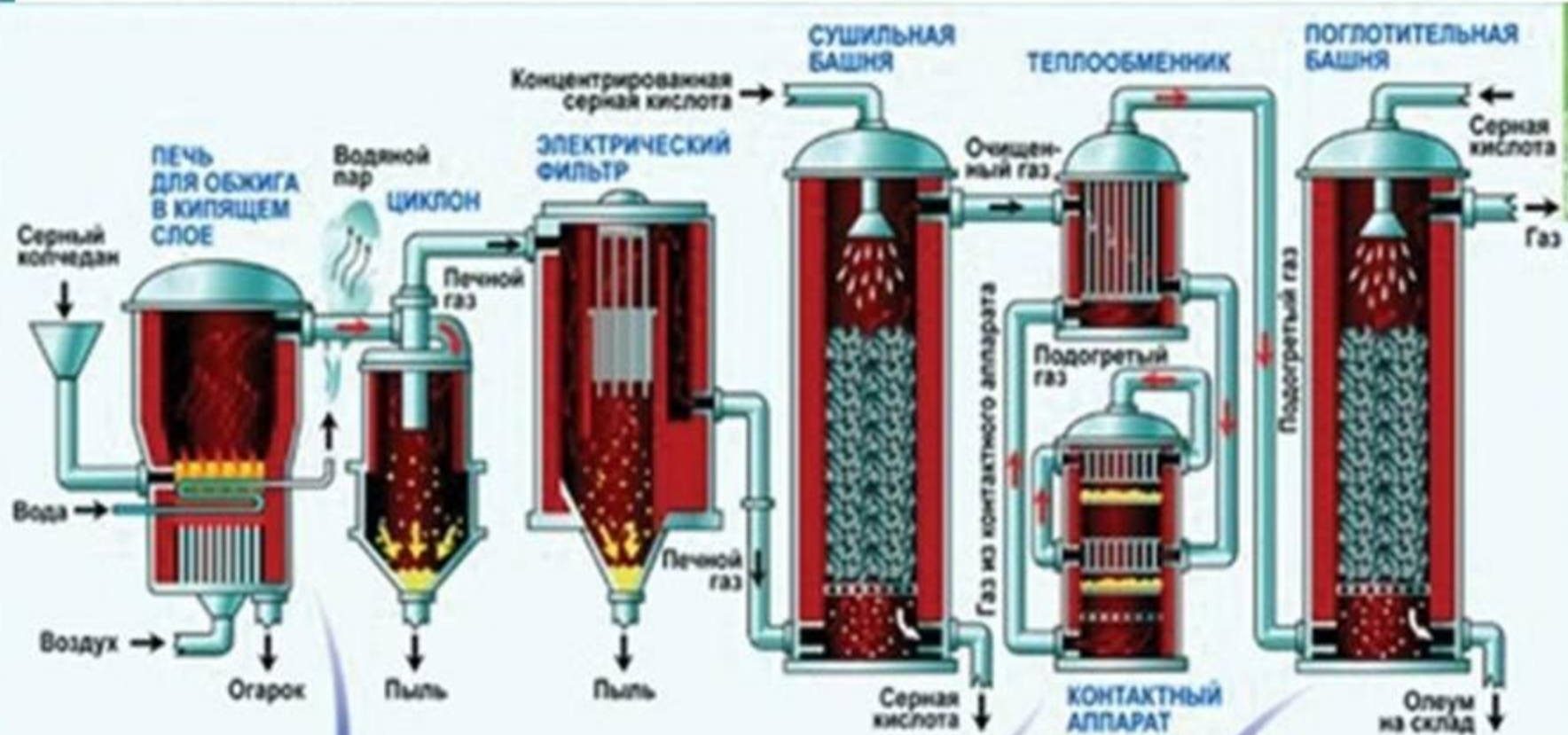
- ▣ Протекает в контактном аппарате.  
Уравнение реакции этой стадии:  $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + Q$
- ▣ Оптимальные условия течения реакции:
- ▣ а) температура  $400-500^{\circ}C$ . (газы предварительно нагревают в теплообменнике)
- ▣ б) катализатор оксид ванадия(V)  $V_2O_5$
- ▣ в) давление повышенное

# Поглощение $SO_3$ водой в поглотительной башне

- Для поглощения  $SO_3$  воду не применяют, так как из выделяющейся теплоты вода превращается в пар. Серная кислота образуется в виде капелек тумана:  $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
- Чтобы избежать сернокислотного тумана, используют 98%-ную концентрированную серную кислоту. Оксид серы очень хорошо растворяется в такой кислоте, образуя олеум:  $H_2SO_4 \cdot nSO_3$ . Уравнение реакции этого процесса:
- $nSO_3 + H_2SO_4 \rightarrow H_2SO_4 \cdot nSO_3$  Образовавшийся олеум сливают в металлические резервуары и отправляют на склад. Затем олеумом заполняют цистерны, формируют железнодорожные составы и отправляют потребителю.



# Полный процесс производства $H_2SO_4$



# Применение серной кислоты



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

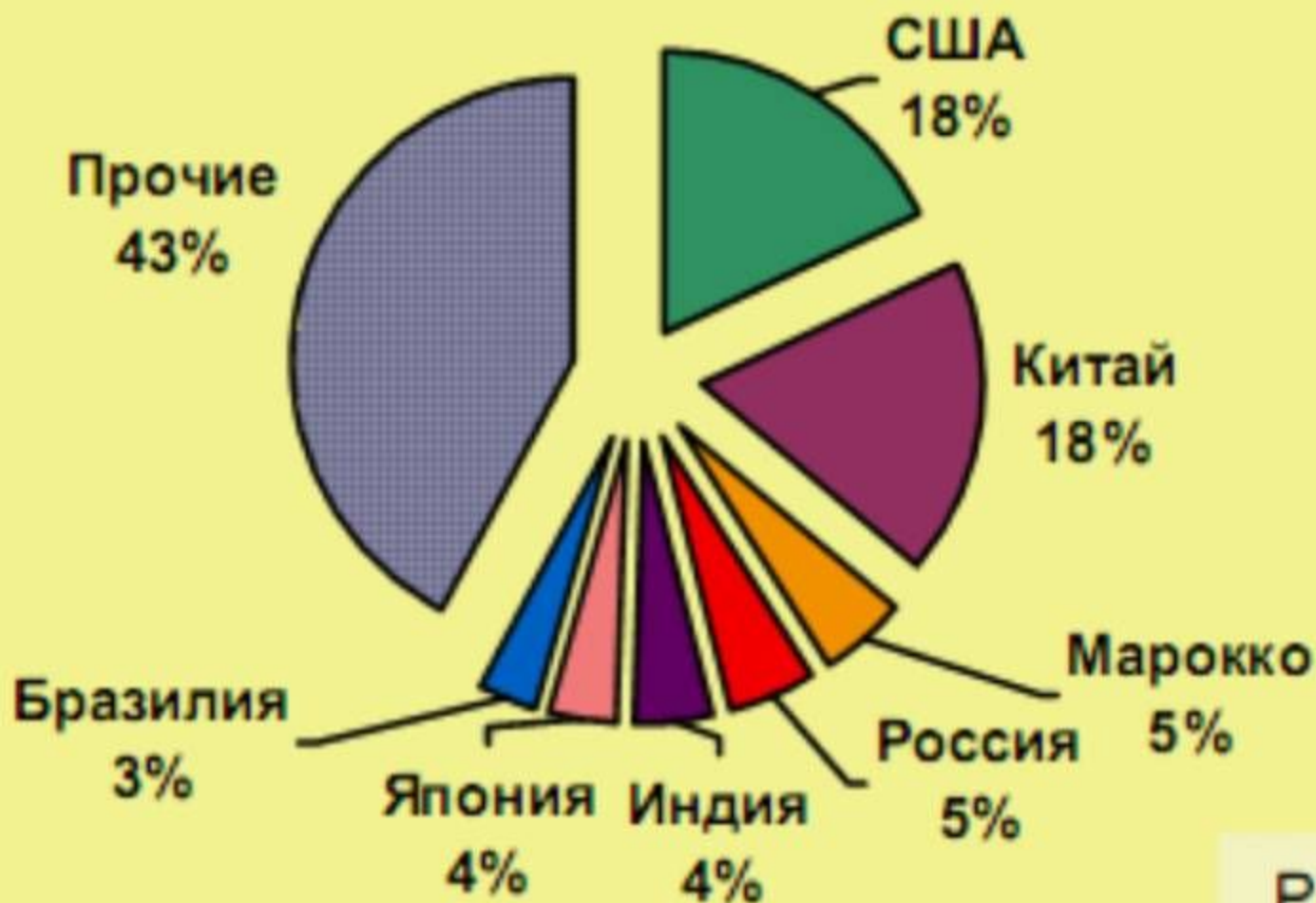
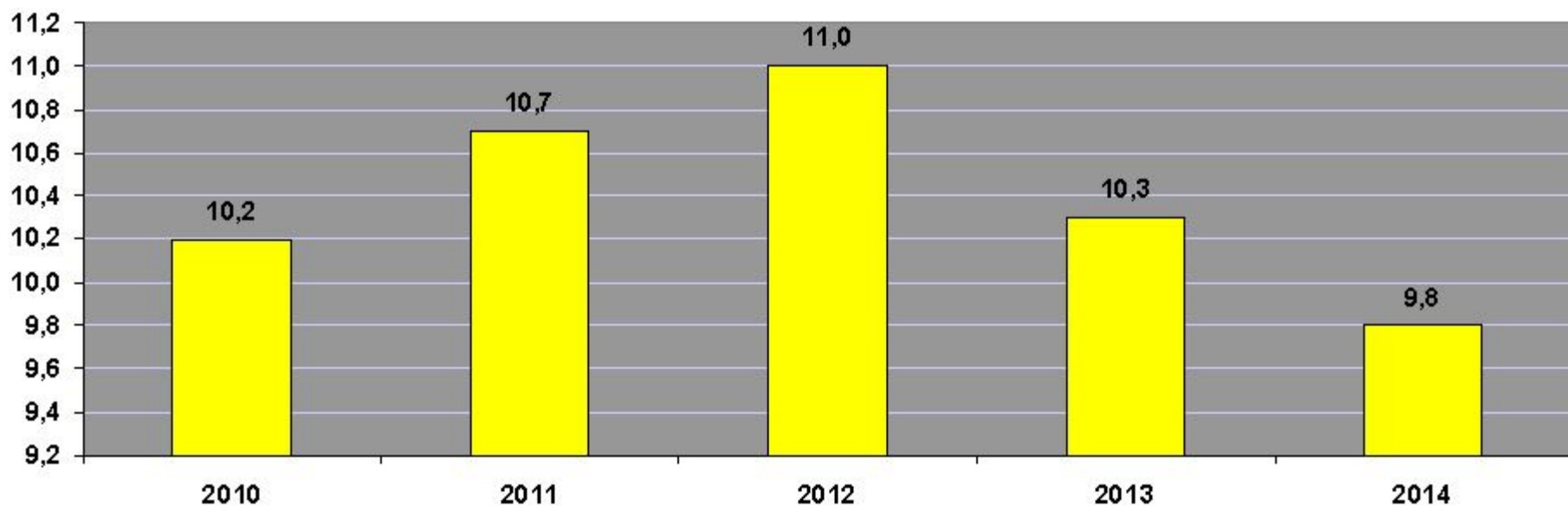


Рис. 1

### Производство серной кислоты в РФ, тыс. тонн









# Основная химия



## Производство серной кислоты

### Серную кислоту применяют:

- в производстве минеральных удобрений;
- как электролит в свинцовых аккумуляторах;
- для получения различных минеральных кислот и солей;
- в производстве химических волокон, красителей, дымообразующих веществ и взрывчатых веществ;
- в нефтяной, металлообрабатывающей, текстильной, кожевенной и др. отраслях промышленности.

**Самый крупный потребитель серной кислоты — производство минеральных удобрений.**

На 1 т фосфорных удобрений расходуется 2,2-3,4 т серной кислоты, а на 1 т азотных удобрений — 0,75 т серной кислоты. Поэтому сернокислотные заводы стремятся строить в комплексе с заводами по производству минеральных удобрений.





# 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

