



# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

## Электронный конспект

**д.т.н., проф. К.Б. Греков**

8  
сем

**ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ЭКОЛОГИЯ**

5-6  
сем

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ  
СРЕДЫ**

3  
сем

**ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

2  
сем

**ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**



*Промышленная экология* изучает взаимосвязь материального, в первую очередь промышленного, производства, человека и других живых организмов со средой их обитания, т.е. предметом изучения промышленной экологии являются *эколого-экономические системы*.

*Промышленная экология* является системно ориентированным подходом к объединению экономической деятельности людей и управления материальным производством с фундаментальными биологическими, химическими и физическими глобальными системами.

Промышленная экология служит **средством** для достижения устойчивого, самоподдерживающегося функционирования эколого-экономических систем (и общества в целом).



**Рациональное природопользование** — хозяйственная деятельность человека, обеспечивающая экономное использование природных ресурсов и условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

**Формула природопользования:**  $(\alpha + \beta)N < P$ ,

где  $\alpha$  и  $\beta$  — расход природных ресурсов в расчете на одного человека на производственные и потребительские цели соответственно;

$N$  — численность населения;

$P$  — воспроизводимый объем природных ресурсов

**Нерациональное природопользование** ведет к истощению (и даже исчезновению) природных ресурсов, загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия природных систем, т.е. к экологическому кризису или катастрофе.

$(\alpha + \beta)N > P$



**Экологический кризис (чрезвычайная экологическая ситуация)** — экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляющее угрозу для здоровья людей.

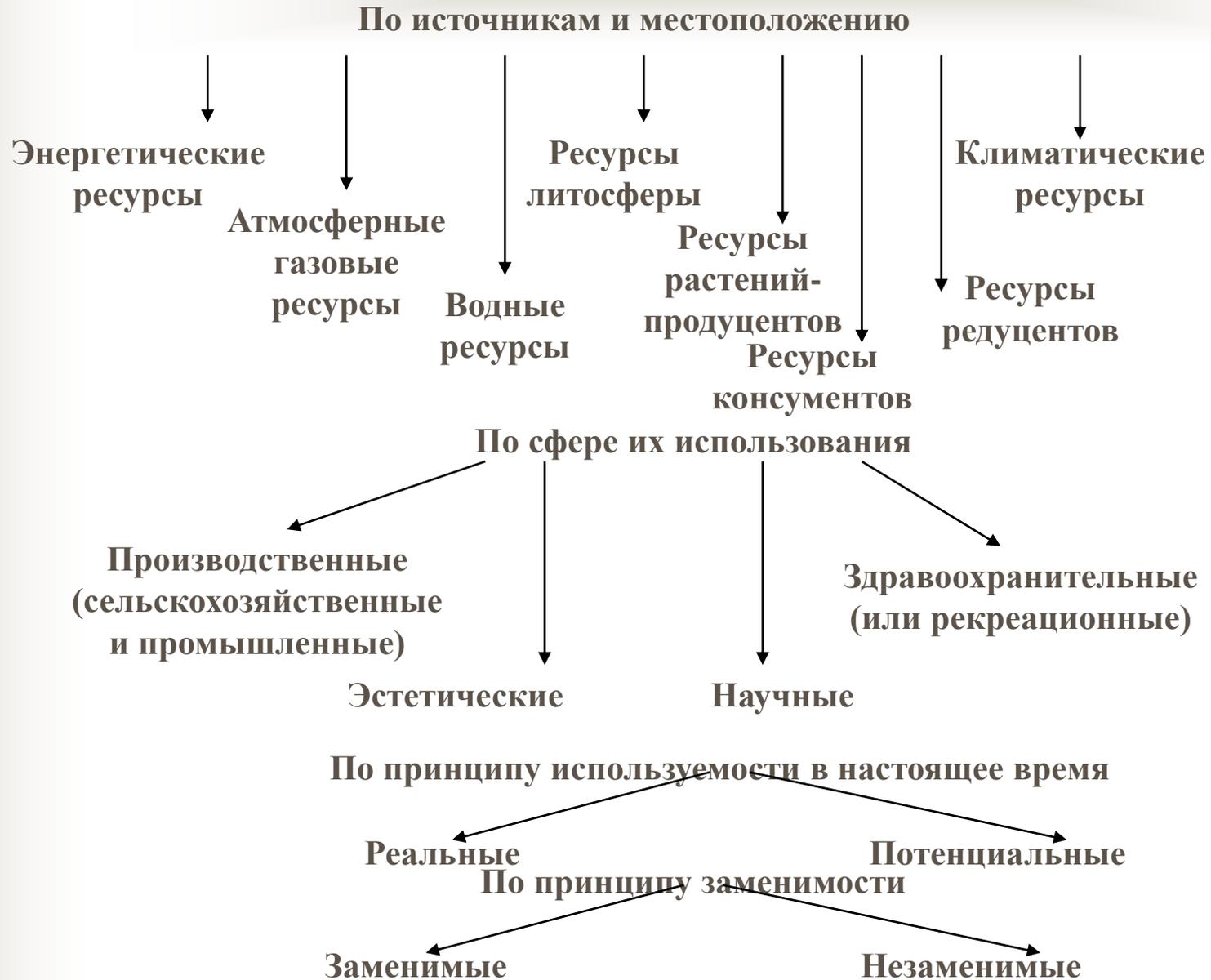
**Экологическая катастрофа (экологическое бедствие)** - экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения.



***Охрана природы (окружающей природной среды)*** – система международных, государственных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов, и улучшение состояния природной среды в интересах удовлетворения материальных и культурных потребностей как существующих, так и будущих поколений.

***Охрана природы*** – система мероприятий по оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ



# ПО ПРИНЦИПУ ИСЧЕРПАЕМОСТИ И ВОЗОБНОВИМОСТИ

## ИСЧЕРПАЕМЫЕ:

- Невозобновимые;
- Возобновимые

## НЕИСЧЕРПАЕМЫЕ

По направлению их использования в деятельности человека

А (непосредственные источники существования людей, их воспроизводства):

- А<sub>1</sub>(жизненно необходимые);
- А<sub>2</sub>(рекреационные, оздоровительные, эстетические)

В (источники средств материального производства, важнейшие факторы его развития):

- В<sub>1</sub>(ресурсы, непосредственно потребляемые производством – сырье, энергия, материалы);
- В<sub>2</sub>(используемые ресурсы, не изымаемые из природной среды)

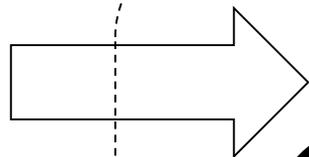
С (непосредственно человеком и в его материальном производстве не используемые, но составляющие необходимое звено в круговороте вещества и энергии в природе)



# ЭКОСИСТЕМА



Энергия света



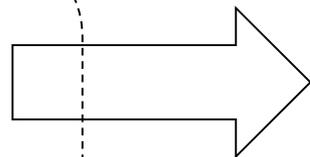
**Биотический компонент**

Биогенные элементы

**Абиотический компонент**



Тепловая энергия

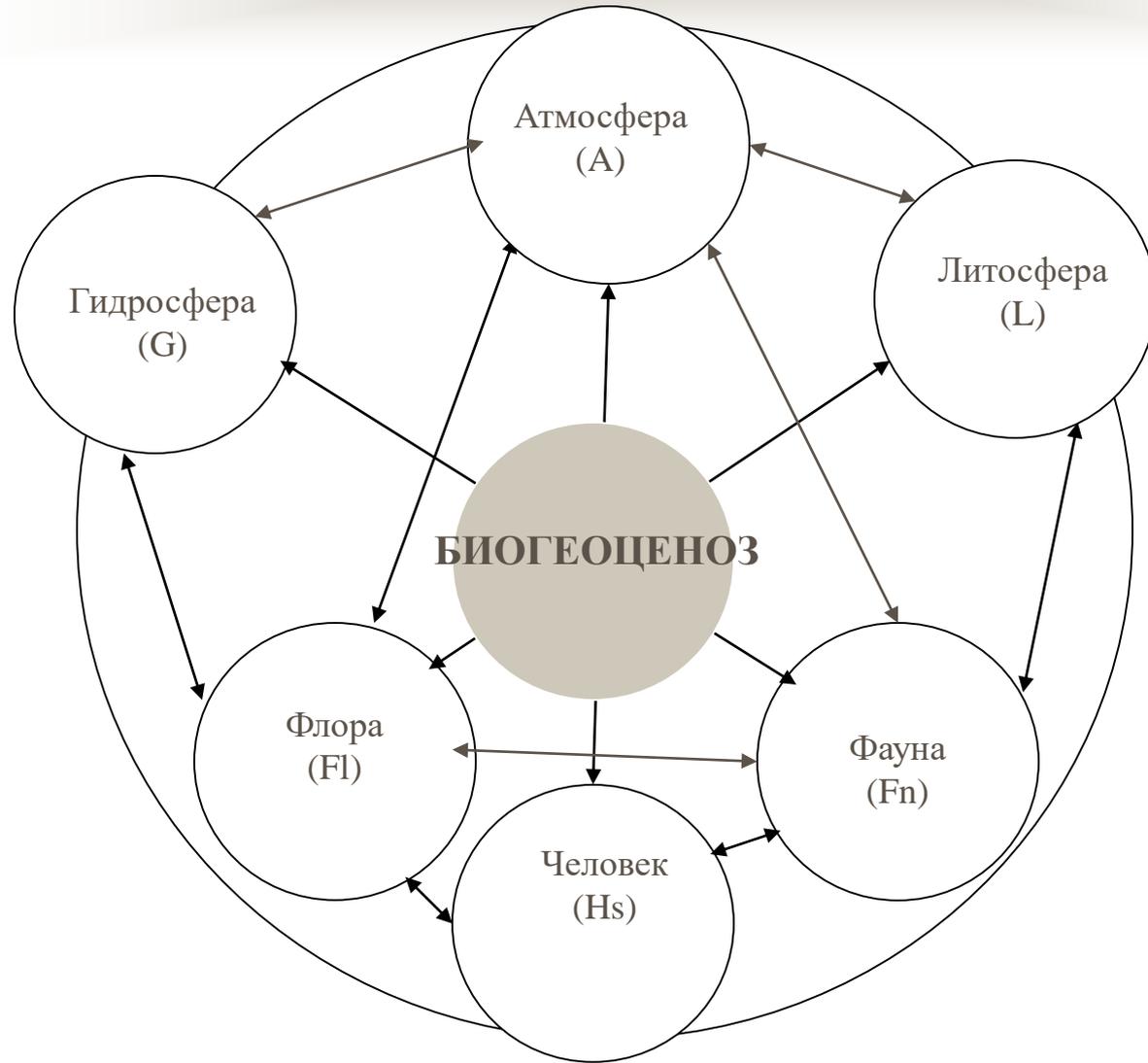


Поток энергии



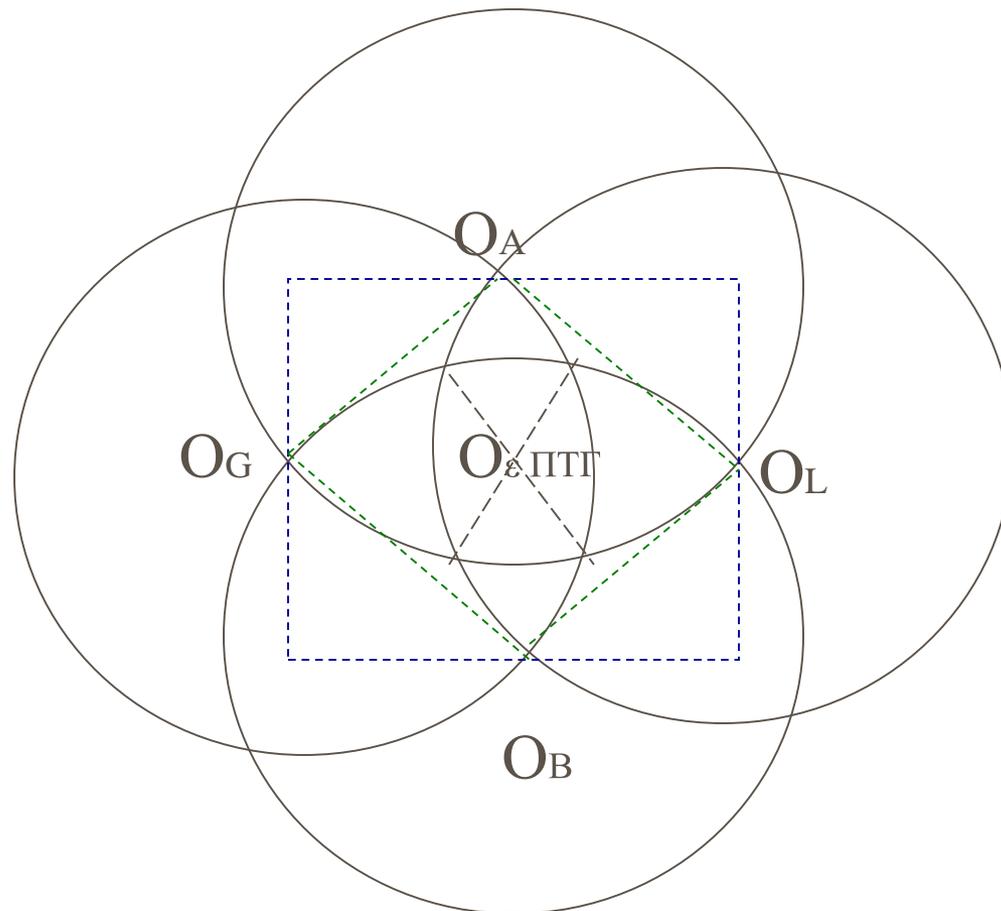
Круговорот биогенных элементов

# ЭКОТОП

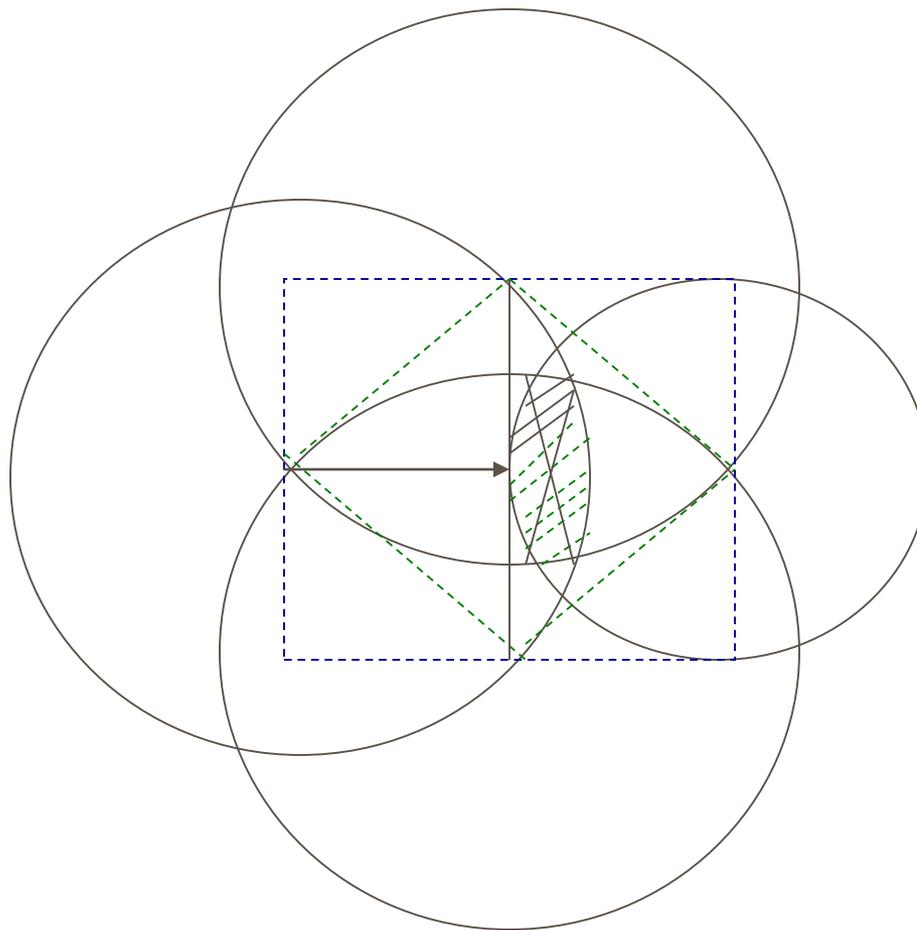


# БИОЦЕНОЗ

Схема формирования элементарного природного ландшафта без антропогенных изменений



## Схема формирования антропогенного ландшафта





*Геологический круговорот веществ*

*Биологический круговорот веществ*

**Антропогенный круговорот веществ**

**Техногенный круговорот веществ  
(антропогенный обмен)**



## ***БЕЗОТХОДНЫЕ, МАЛООТХОДНЫЕ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА***

$$A_i = B^{n_i}$$

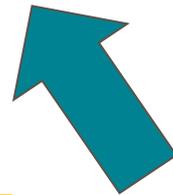
где  $A_i$  – объем производства или используемого сырья ( $i=1$ ), количество образующихся отходов ( $i=2$ ) или затраты на их обезвреживание и переработку ( $i=3$ );

$B$  – постоянная величина;

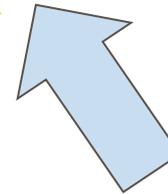
$n_i$  - показатель степени;  $n_3 > n_2 > n_1$

# **БЕЗОТХОДНЫЕ, МАЛООТХОДНЫЕ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА**

**Чистое производство, ориентированное на предотвращение образования отходов, а в случае их образования – на переработку отходов в местах их образования.**



**Малоотходные,  
ресурсосберегающие  
технологии**



**Технологии «конца трубы»**



## ***БЕЗОТХОДНЫЕ, МАЛООТХОДНЫЕ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА***

Основной технологический принцип чистого производства – сокращение отходов в технологическом процессе и повторное использование отходов в местах их возникновения (в тоже технологическом процессе или в другом, но внутри предприятия). В идеале в чистом производстве должны отсутствовать очистные сооружения и места складирования отходов. И, наконец, есть еще одна сторона чистого производства – его функционирование предусматривает выпуск экологически чистой продукции, т.е. такой продукции, которая по возможности производится из возобновляемого сырья и вторичных материалов, не содержит посторонних вредных примесей, отличается низким уровнем энергопотребления при ее производстве и эксплуатации, не загрязняет окружающую среду.

# БЕЗОТХОДНЫЕ, МАЛООТХОДНЫЕ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Имеется ряд подходов к определению безотходности производств: экспериментальная оценка, оценки по сырьевому и энергетическому балансам, полноте использования эксергии, общему параметру оптимизации, полученному с помощью функции желательности или технологического профиля, а также экономическим путем при сопоставлении затрат на производство продукции.

Общий баланс относительной токсичности массы (ОТМ) вредных веществ:

$$\sum(M_c + M_n) - \sum M_n - \sum M_p = 0, \quad (1.1)$$

где  $M_c + M_n$  — масса отходов, поступающих в окружающую среду со сточными водами и газовыми выбросами;  $\sum M_n$  — масса нейтрализованных отходов;  $\sum M_p$  — масса рассеянных отходов.

Относительную экологичность типового процесса, технологической линии, цеха определяют по формуле

$$A = \frac{\sum(M_c + M_n) - \sum M_n}{\sum(M_c + M_n)} 100 \%. \quad (1.2)$$

При  $A \rightarrow 0$  процесс является безотходным.

Методология оценки категории безотходности химических производств предполагает, что коэффициент безотходности  $k_6 = \varphi(k_m, k_n, k_3)$ , где  $k_m$  и  $k_n$  — коэффициенты полноты использования соответственно материальных и энергетических ресурсов;  $k_3$  — коэффициент соответствия экологическим требованиям. Производства в зависимости от величины  $k_6$  и мощности разделяют на три категории: безотходные ( $k_6 \geq 0,97$ ), малоотходные ( $0,80 - 0,90 < k_6 < 0,90 - 0,97$ ) и рядовые ( $k_6 \leq 0,80$ ).

# БЕЗОТХОДНЫЕ, МАЛООТХОДНЫЕ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

В общем случае для оценки степени совершенства технологического процесса, учитывая взаимодействие с окружающей средой, за критерий безотходности принят коэффициент экологического действия

$$k = \frac{V_f}{V_o} = \frac{V_t}{V_t + V_n}, \quad (1.4)$$

где  $V_t$  — теоретическое воздействие, необходимое для производства;  $V_f$  — фактическое воздействие;  $V_n$  — воздействие, определяемое конкретным производством.

Если  $V_o \gg V_t$ , то  $k \rightarrow 0$ , т. е. данное производство абсолютно не учитывает требований экологической безопасности, что неизбежно ведет к так называемому экологическому «просчету» или экологическому «бумерангу». Чем выше  $k$ , тем более совершенно производство с учетом воздействия на окружающую среду и тем более существенно приближение к безотходной технологии [14].

Социально-экономический эффект безотходных производств определяют по комплексному критерию

$$\eta = \sum_i \Delta_i - Y/Z_n \rightarrow \max, \quad (1.5)$$

где  $\sum_i \Delta_i$  — сумма всех эффектов, достигаемых при внедрении безотходного производства;  $Y$  — ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления;  $Z_n$  — полные затраты на безотходное производство.

При наличии ряда вариантов безотходного производства должен быть выбран вариант с наибольшими  $\eta$  при минимальных  $Z_n$ . Сочетание прогрессивной технологии с современными методами очистки и контроля газопылевых выбросов, вторичного использования отходов позволяет реконструировать существующие и проектировать новые цеха, отдельные производственные участки, отвечающие всем требованиям экологической безопасности.

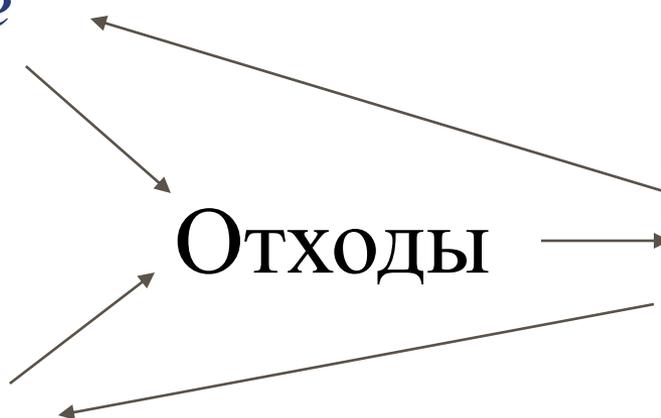
*Первичные ресурсы*



*Промышленное  
производство*



*Потребление*



*Вторичные  
ресурсы*

## Время истощения мировых запасов важнейших металлов при различных сценариях

Металлы	Индекс истощения ресурсов, годы			
	При современной сырьевой базе	При 10-кратном увеличении запасов	С учетом 50% рециркуляции	С учетом 95-98% рециркуляции
Железо	109	267	319	598
Алюминий (из бокситов)	35	77	91	135
Медь	24	76	95	170
Молибден	36	37	104	165
Хром	112	222	256	416
Титан	51	127	152	255

# Отраслевая структура экономики

Отраслевая структура – это соотношение между различными отраслями в экономике.

Отраслевая структура экономики – совокупность качественно однородных групп хозяйственных единиц, характеризующихся особыми условиями производства в процессе общественного разделения труда и играющих специфическую роль в расширенном воспроизводстве. В макроэкономическом анализе обычно выделяют пять основных групп отраслей: промышленность, сельское хозяйство (АПК), строительство, производственная инфраструктура, непроизводственная инфраструктура (сфера услуг). Каждая из названных базовых отраслей может подразделяться на укрупненные отрасли, отрасли и виды производства (например, промышленность подразделяется на обрабатывающую и добывающую).

Сельское хозяйство и добывающая промышленность образуют первичные отрасли; обрабатывающая промышленность и строительство (использующие первичное сырье) – вторичные отрасли; производственная и непроизводственная инфраструктура – третичные сектор.

# Отраслевая структура экономики

Закономерностью изменений в отраслевой структуре мирового хозяйства является последовательный переход от высокой доли сельского хозяйства, добывающей промышленности, обрабатывающих отраслей к технически относительно несложным производствам, далее от капиталоемких отраслей к наукоемким производствам на базе высоких технологий. Соотношение между вышеназванными секторами постоянно менялось в пользу третичного, с точки зрения их вклада в создание ВВП и доли занятости населения. Отраслевые сдвиги на макроуровне, если рассматривать их в длительных исторических рамках, проявлялись сначала в быстром росте «первичных отраслей», затем «вторичных», а в последний период — «третичных отраслей». В настоящее время в мировой экономике существует тенденция к сокращению первичных отраслей, несколько медленнее снижается доля вторичных отраслей, удельный вес третичного сектора имеет устойчивую тенденцию к росту.

# Отраслевая структура экономики

Сегодня в экономике развитых стран существенно выросла доля сферы услуг (включая торговлю, транспорт и связь). Она составляет более 80% в США, до 80% в Англии, более 70% Японии, около 70% в Канаде, более 60% в ФРГ, Франции, Италии, странах Бенилюкса. В структуре ВВП этих стран неуклонно снижалась доля сельского хозяйства: с 7% в 60-х гг. до 4% в 80-х гг. и 3% в конце 90-х гг. Доля промышленности составляет сегодня 25-30% ВВП развитых стран. Наряду с отмеченной долговременной тенденцией указанные сдвиги объясняются также тем, что под воздействием научно-технического прогресса произошло отпочкование от сельского хозяйства многих видов деятельности и обособление их в особые отрасли промышленности и сферы обслуживания. Одновременно происходит интеграция сельского хозяйства, промышленности и торговли в агропромышленный комплекс, представляющий собой новый тип производственных связей.

# Примерная отраслевая структура экономики США и России

Отрасли	США	Россия
Промышленность	21%	30%
Сельское хозяйство	2%	7%
Строительство	4%	10%
Торговля	16%	17%
Транспорт и связь	6%	8%
Прочие отрасли (услуги)	51%	28%
	100%	100%

# Отраслевая структура промышленности

Промышленность — главная, ведущая отрасль материального производства, в которой создается преобладающая часть валового внутреннего продукта и национального дохода. Например, в современных условиях доля промышленности в совокупном ВВП развитых стран составляет около 40%. Ведущая роль промышленности обусловлена и тем, что от успехов в ее развитии зависит степень удовлетворения потребностей общества в высококачественной продукции, обеспечение технического перевооружения и интенсификации производства.

Современная промышленность состоит из множества самостоятельных отраслей производства, каждая из которых включает большую группу родственных предприятий и производственных объединений, расположенных в отдельных случаях на значительном территориальном удалении друг от друга. *Отрасль* — это совокупность предприятий, характеризующихся единством экономического назначения производимой продукции, однородностью перерабатываемого сырья, общностью технологических процессов и технической базы и профессиональными кадрами. *Отраслевая структура промышленности* характеризуется составом отраслей, их количественными соотношениями, выражающими определенные производственные взаимосвязи между ними

# Отраслевая структура промышленности

Виды отраслей промышленности:

1. Функциональное назначение продукции:

- топливно-энергетическая промышленность (ТЭК);
- черная и цветная металлургия;
- машиностроение;
- химическая промышленность;
- лесная и деревообрабатывающая промышленность;
- легкая промышленность (текстильная, швейная обувная и пр. отрасли);
- пищевая промышленность.

# Отраслевая структура промышленности

Виды отраслей промышленности:

2. Характер воздействия на предмет труда:

- добывающая промышленность;
- обрабатывающая промышленность.

Добывающие отрасли заняты добычей природного сырья (угля, торфа, природного газа и пр.); обрабатывающие отрасли заняты переработкой продукции добывающих отраслей промышленности или сельского хозяйства (металлургия, машиностроение, пищевая и машиностроительная промышленность). На обрабатывающую промышленность приходится  $\frac{3}{4}$  промышленной продукции мира, в развитых странах – более 80%, в развивающихся – около 50%.

# Отраслевая структура промышленности

Виды отраслей промышленности:

3. Экономическое назначение продукции:

- отрасли, производящие средства производства;
- отрасли, производящие предметы потребления.

4. Время возникновения отрасли:

- старые отрасли (каменноугольная, железорудная, металлургия, судостроение, текстильная и пр.);
- новые отрасли (автомобилестроение, производство пластмасс и химических волокон, электротехника и пр.);
- новейшие отрасли (микроэлектроника, вычислительная техника и пр.).



Экологические особенности технологии основных производств. Горнодобывающая промышленность. Энергетика. Транспорт. Производство черных и цветных металлов. Химические и нефтехимические, биохимические и целлюлозно-бумажные производства. Производство строительных материалов.

# Производство строительных материалов

## Классификация строительных материалов

- природные каменные материалы и изделия, получаемые из горных пород путем механической обработки;
- искусственные обожженные материалы из глины (кирпич, керамические блоки, черепица, облицовочные плитки, канализационные трубы, керамзит и аглопорит и т.д.);
- минеральные вяжущие вещества (цементы, известь, гипсовые вяжущие, магнезиальные вяжущие и т.д.);
- искусственные каменные необожженные материалы и изделия (силикатный кирпич, асбестоцементные изделия, бетонные изделия, грунтоблоки);
- тепло- и звукоизоляционные материалы (минеральная вата, пеностекло, пенокерамика и др.);
- битумные вяжущие вещества, гидроизоляционные и кровельные рулонные материалы (рубероид);
- стекло и шлакоситаллы;
- металлические изделия;
- лесоматериалы;
- краски, лаки и другие материалы.

# ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Неорганические  
минеральные  
(цементы, известь,  
гипс)

Органические  
(битумные, дегтевые,  
асфальты)

Воздушные  
(известь, гипсовые и  
магнезиальные  
вяжущие)

Гидравлические  
(цементы,  
гидравлические  
извести)

# ВОЗДУШНАЯ ИЗВЕСТЬ



(известняк, мел,  
доломитизированный  
известняк)

Обжиг

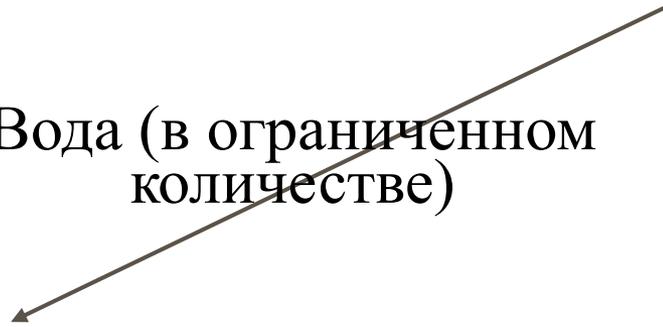
900 °C



негашеная известь  
(кипелка)

Вода (в ограниченном  
количестве)

пушонка



Вода (в большом  
количестве)

Известковое тесто или  
МОЛОКО



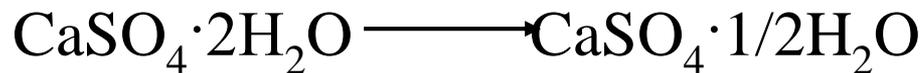
# Гипсовые вяжущие

## на основе $\text{CaSO}_4$

**быстротвердеющие**

**•Строительный гипс**

140-190°C

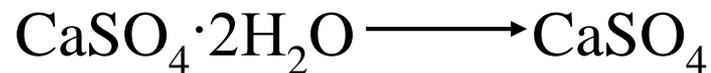


**медленнотвердеющие**

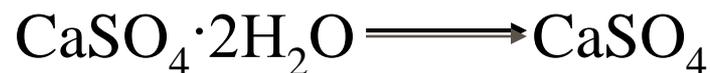
**•Ангидритовый цемент**

**•Высокообжиговый гипс (эстрих-гипс)**

600-700°C



800-1000°C



# Гидравлические вяжущие на основе



- Портландцементы
- Пуццолановые
- Глинозёмистые
- Расширяющиеся
- Романцементы
- Цементы с наполнителями

## • Шлаковые

### Шлакопортландцемент

В сырьевую смесь вводят различные гранулированные шлаки (доменные, электро-термофосфорные) - до 30-60%

# Портландцементы

Получают тонким помолом **клинкера**, образующегося в результате обжига до спекания искусственной смеси, в составе которой преобладают силикаты кальция (70-90%)

Химический  
состав:

CaO 62-76%

SiO<sub>2</sub> 20-24%

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4-7%

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-5%

MgO 1,5-4%

Минералогический состав:

3CaO·SiO<sub>2</sub> 40-60%

2CaO·SiO<sub>2</sub> 15-35%

3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4-14%

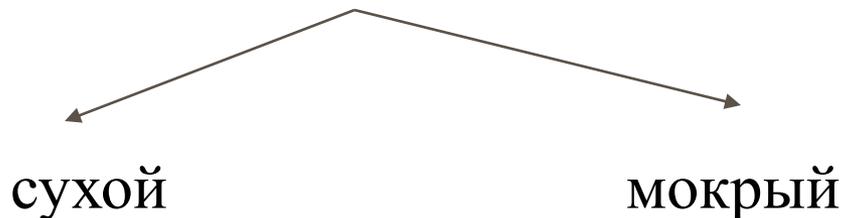
4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10-18%

# Портландцементы

## Схема производства:

- Добыча сырья;
- Приготовление сырьевой смеси (дробление исходных материалов, помол и гомогенизация смеси);
- Обжиг сырьевой смеси;
- Помол обожженного продукта в тонкий порошок

## Способы производства



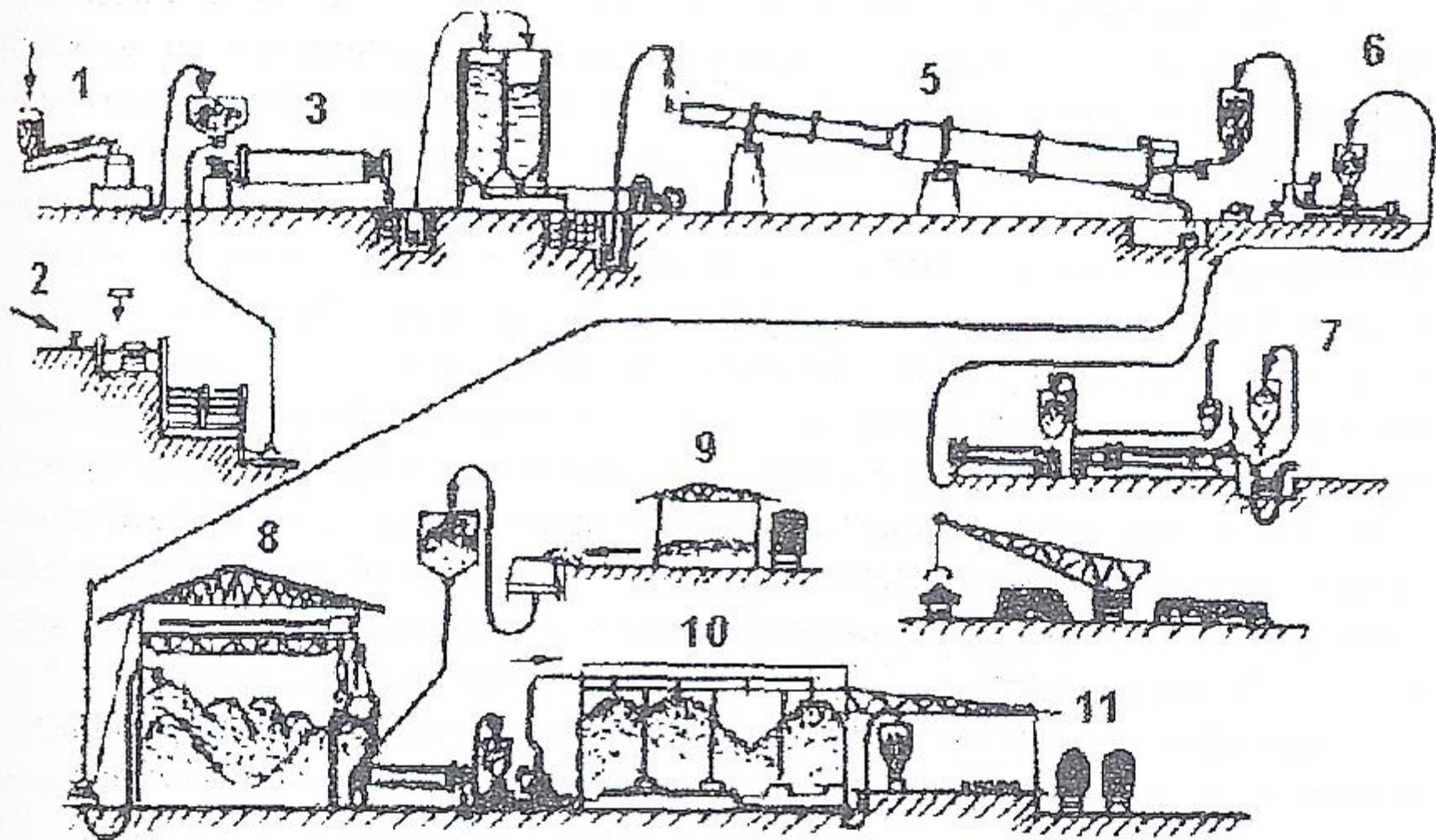


Рис.1.1. Схема производства портландцемента по мокрому способу:  
 1 – подача извести; 2 – подача глины; 3 – сырьевая мельница; 4 – шламобассейны; 5 – вращающаяся печь; 6 – подача угольного порошка; 7 – подготовка угольного порошка; 8 – склад клинкера; 9 – подача гипса; 10 – силосы для цемента; 11 – отгрузка цемента

# Строительная керамика

- Стеновые изделия (кирпич, керамические камни и панели из них);
- Фасадные или облицовочные (лицевой кирпич, плитки различного вида);
- Кровельные (черепица);
- Канализационные и дренажные трубы;
- Керамические заполнители для бетонов (керамзит и аглопорит);
- Санитарно-технические изделия



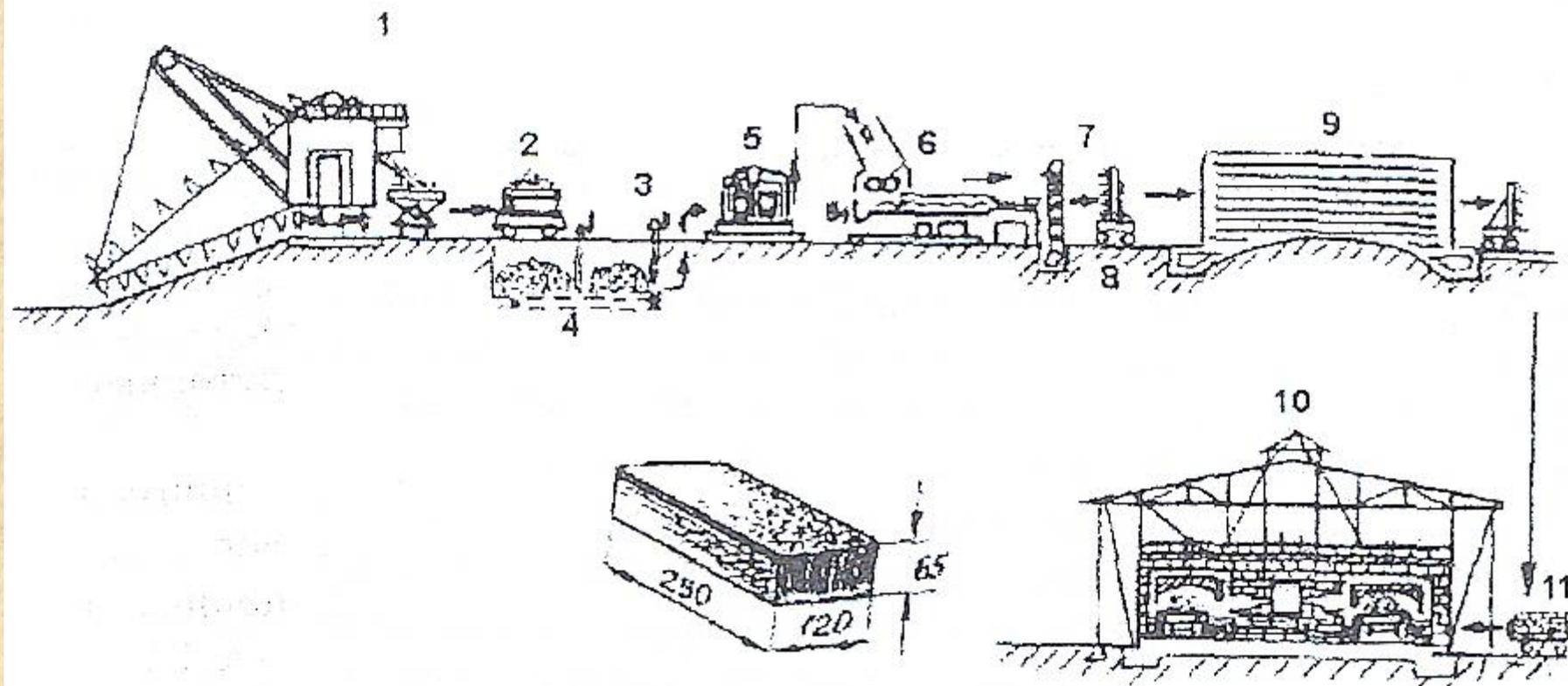


Рис. 1.2. Схема производства строительного кирпича: 1 – экскаватор; 2 – вагонетка с глиной; 3 – бегуны; 4 – подаватель; 5 – ленточный пресс; 6 – валцы; 7 – многоэтажная вагонетка; 8 – резательный аппарат; 9 – сушила; 10 – туннельная печь; 11 – сырец



**Силикатный кирпич** - формование из смеси кварцевого песка и гашеной извести ( $P$  до 200 кг/см<sup>2</sup>) и отвердевание под действием пара ( $P=8$  атм,  $T=175^{\circ}\text{C}$ ) в автоклавах.

Силикатный кирпич **не применяется** для кладки печей и труб, а также фундаментов и цоколей.

**Черепица** – плотнее кирпича, не должна пропускать влаги, морозостойкость, механическая прочность

Сырье: легкоплавкие, хорошо спекающиеся, достаточно пластичные и малочувствительные к сушке глины.

Способ изготовления – только **формование..**

- Подготовка **валюшки** (тщательная переработка исходной массы, выделение мелких каменистых включений на специальных камневыделительных вальцах, проминание глины на бегунах);
- **Обжиг** в тех же печах, что и обжиг кирпича ( $T=1100^{\circ}\text{C}$ )

Производство черепицы с добавлением шламов гальванических производств (гидроксиды железа, небольшие количества хрома, меди, никеля, цинка и олова в нерастворимом виде)



**Керамзит** – искусственный пористый материал ячеистого строения, получаемый путем обжига.

Размер гранул до 40 мм. (5-40 мм – керамзитовый гравий или щебень, менее 5 мм – керамзитовый песок)

Технология изготовления

- Подготовка сырья;
- Приготовление гранул и подготовка их к обжигу;
- **Обжиг** ( $T=1150 - 1250^{\circ}\text{C}$ , продолжительность 30-60 мин) и охлаждение гранул;
- Рассев материала на фракции с дроблением крупных кусков до требуемого размера

Использование нерегенерируемых масел и СОЖ для производства керамзита



**Аглопорит** – искусственный пористый зернистый материал ячеистой структуры, получаемый термической обработкой на решетчатых агломерационных машинах глинистых пород и отходов от добычи, обогащения и сжигания углей

Аглопорит состоит в основном из стекла различного состава; является высококачественным заполнителем для армированных и неармированных легких бетонов

### Технология изготовления

- Подготовка шихты необходимой газопроницаемости;
- Загрузка шихты на решетку агломерационной машины;
- Термическая обработка при 1400-1700°C за счет сжигания топлива (специально введенного или имеющегося в шихте) с поверхности при одновременном просасывании воздуха сверху вниз;
- Охлаждение получаемого бруса или гранул;
- Дробление охлажденного продукта;
- Сортировка аглопорита по фракциям



# Производство стекла

Технология производства:

- Подготовка сырьевых материалов;
- Смешение этих материалов и приготовление однородной шихты;
- Варка стекла;
- Формование и обжиг стекла.

Иногда требуется также химическая, механическая и термическая обработка изделий из стекла.



# **Сырьевые материалы:**

## **Главные стеклообразующие материалы:**

Чистый кварцевый песок, сода, поташ, сульфат натрия, известняк, доломит, борная кислота или бура, фосфорная кислота или фосфаты, чистый глинозем или каолин, полевой шпат, сурик, оксид цинка и др.

## **Вспомогательные материалы:**

- **Красители;**
- **Обесцвечивающие вещества;**
- **Окислители;**
- **Восстановители;**
- **Осветлители**

## Вспомогательные материалы:

**Красители:** закиси кобальта и никеля, оксиды железа, хрома, марганца, меди, урана, селена, сернистый кадмий, хлорное золото и др.

**Обесцвечивающие вещества:** селен, закись кобальта, оксид марганца

**Окислители:** натриевая или калийная селитра, мышьяковистый ангидрид, пероксид марганца

**Восстановители:** уголь, кокс, виннокаменные соли, соединения олова

**Осветлители:** нитрат и сульфат аммония, хлорид натрия и др.



**Варка строительного стекла** (процесс стеклообразования начинается при  $T = 1200-1240^{\circ}\text{C}$ ) :

- **Собственно варка** ( $T = 1400-1450^{\circ}\text{C}$ );
- **Осветление** ( $T = 1500^{\circ}\text{C}$ );
- **Гомогенизация** ( $T = 1500^{\circ}\text{C}$ );
- **Охлаждение (студка)** ( $T = 1200^{\circ}\text{C}$ );
- **Формование изделий** ( $T = 800-1100^{\circ}\text{C}$ );

## Ситалл и шлакоситалл

Кристаллические материалы, получаемые при введении в расплавленное стекло катализаторов, в результате чего в объеме материала возникают центры кристаллизации, на которых происходит рост кристаллов основной фазы

Константиновский шлак от производства чугуна:  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

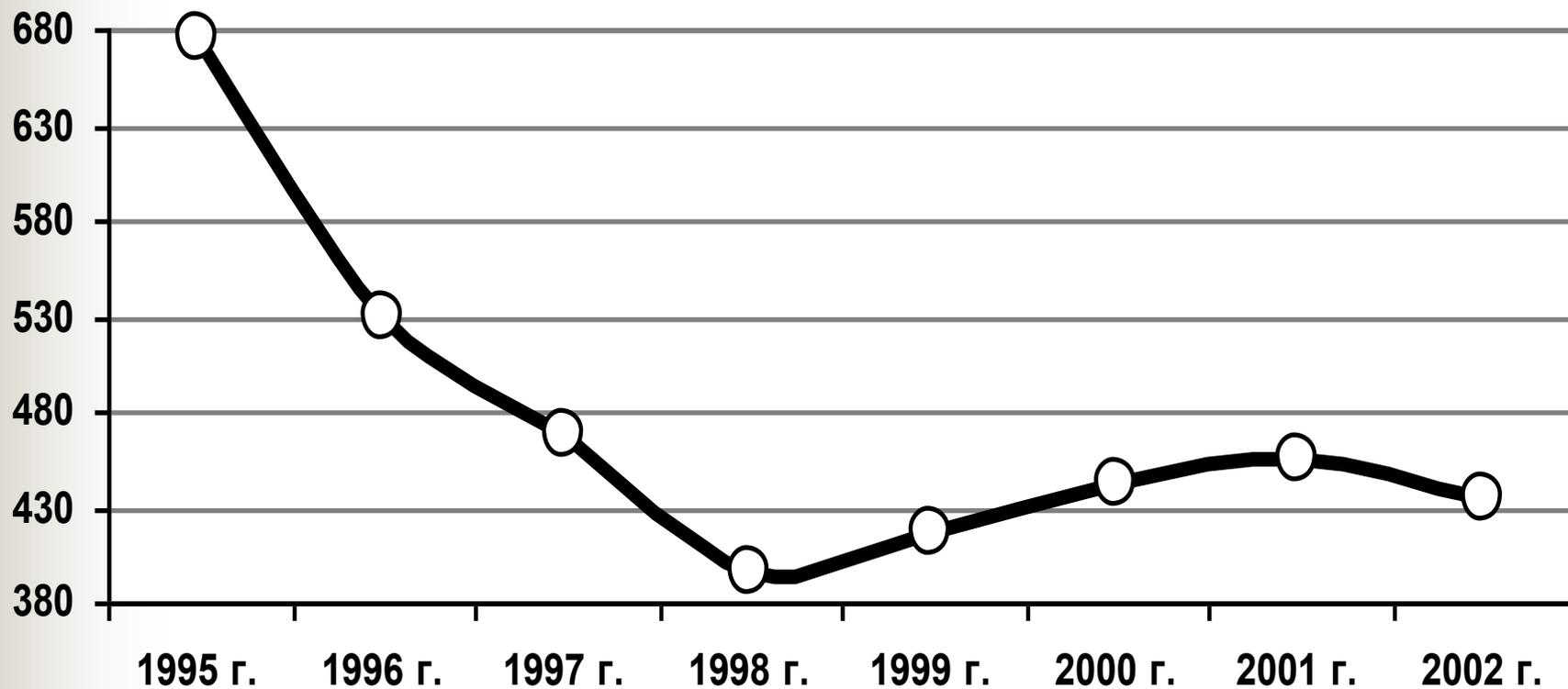
Высокомагнезиальные шлаки Урала и Сибири:  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Топливные шлаки и золы:  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO}) \cdot \text{SiO}_2$

**Состав шихты для получения шлакоситалла:**

- Доменный шлак до 60%;
- Песок 35-40%;
- Щелочной оксид 3-5%;
- Фтор (до 2,5%)
- Другие добавки

Ткрист шлакоситалла – 930 - 980°C; прочность на изгиб до 2500 кг/см<sup>2</sup>



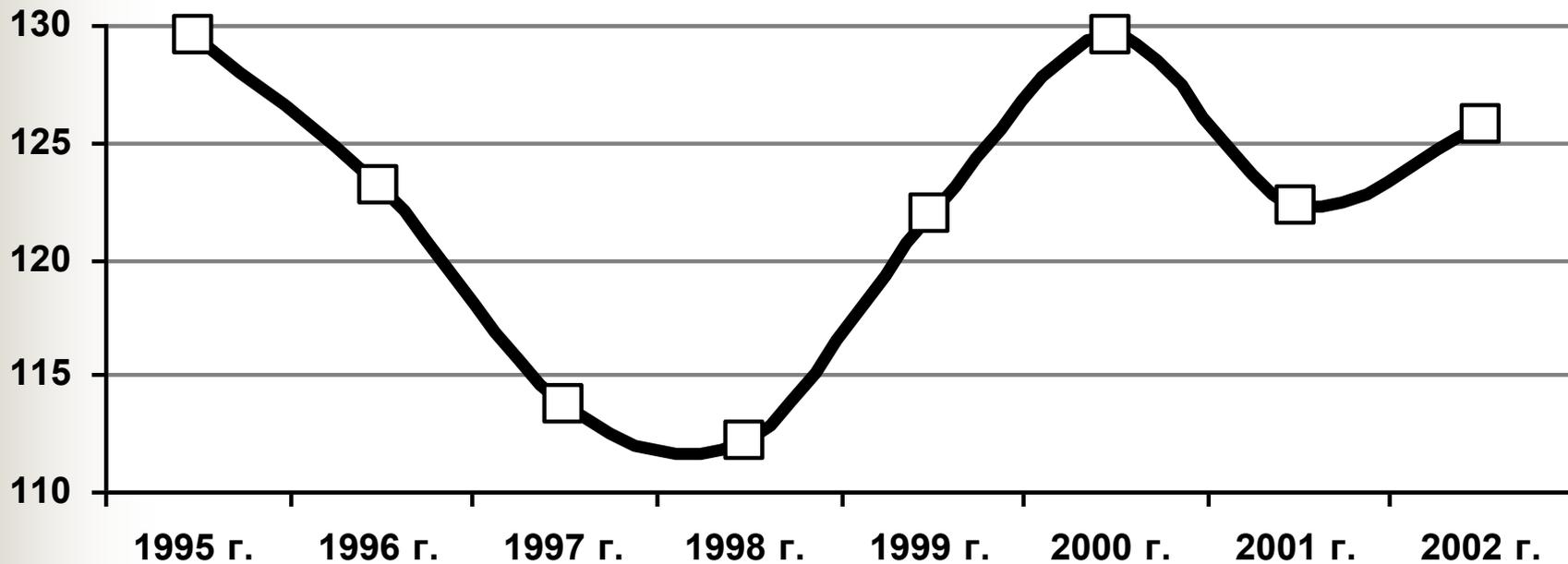
**Динамика выбросов загрязняющих веществ  
в атмосферу промышленностью строительных  
материалов, тыс. т**

**Показатели выбросов загрязняющих веществ  
в атмосферу промышленностью строительных  
материалов, тыс. т**

<b>Показатель</b>	<b>2000 г.</b>	<b>2001 г.</b>	<b>2002 г.</b>
<b>Выброшено в атмосферу, всего</b>	440,7	455,0	434,0
в том числе: твердых веществ	241,3	242,9	235,1
жидких и газообразных	199,4	212,1	199,0
диоксид серы	27,7	27,6	25,8
оксид углерода	98,7	108,4	96,0
<b>оксиды азота</b>	<b>58,9</b>	<b>62,6</b>	<b>61,0</b>
углеводороды (без ЛОС)	2,1	1,7	1,7
ЛОС	2,1	2,6	2,8
<b>Уловлено и обезврежено, %</b>	93,2	93,1	93,5
твердых веществ	96,1	96,2	96,4
жидких и газообразных	32,2	30,2	32,5
<b>диоксид серы</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>
<b>оксид углерода</b>	<b>48,4</b>	<b>45,3</b>	<b>21,9</b>
оксиды азота		0,5–0,1	
<b>углеводороды (без ЛОС)</b>	<b>30,1</b>	<b>32,9</b>	<b>25,7</b>
ЛОС	20,5	14,9	17,0

Крупнейшие в отрасли источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Вклад в отраслевой объем выбросов, %		
	2000 г.	2001 г.	2002 г.
ОАО “Штерн-цемент”, г. Фокино, Брянская область	4,3	5,1	17,3
АО “Ураласбест”, г. Асбест, Свердловская область	4,8	4,8	1,5
АО “Мордовцемент”, пос. Комсомольский, Республика Мордовия	4,6	4,5	1,4
ОАО “Воркутинский цементный завод”, г. Воркута, Республика Коми	5,1	4,4	0,9
АО “Солигаличский известковый комбинат”, г. Солигалич, Костромская область	2,3	2,0	0,1
ОАО “Осколцемент”, г. Старый Оскол, Белгородская область	1,6	1,5	0,7
ОАО “Кавказцемент”, Карачаево-Черкесская Республика	1,5	1,5	0,6
АО “Ульяновскцемент”, г. Ульяновск, Ульяновская область	1,1	1,1	0,4
<b>Всего</b>	<b>25,2</b>	<b>24,9</b>	<b>22,8</b>

<b>Показатели водопользования в промышленности строительных материалов, млн. м<sup>3</sup></b>			
<b>Показатель</b>	<b>2000 г.</b>	<b>2001 г.</b>	<b>2002 г.</b>
<b>Использовано свежей воды, всего</b>	216,2	202,3	186,4
<b>Объем оборотной и повторно-последовательно используемой воды</b>	740,9	688,2	658,2
<b>Экономия свежей воды, %</b>	83,2	83	83
<b>Сброшено сточных вод в поверхностные водоемы, всего</b>	186,7	179,5	187,5
<b>в том числе:</b>			
загрязненных	129,4	122,2	125,6
из них без очистки	84,1	81,3	86,5
нормативно чистых	52,7	54,0	57,2
нормативно очищенных	4,6	3,2	4,7



**Динамика сброса загрязненных сточных вод  
промышленностью строительных материалов, млн. м<sup>3</sup>**

# **Экологические проблемы производства строительных материалов**

**Огромные объемы производства** (добыча и переработка свыше 2 млрд. т природных материалов в год)

**Отчуждение, нарушение и загрязнение земель**

**Пылевыведение** (особенно при производстве цемента)

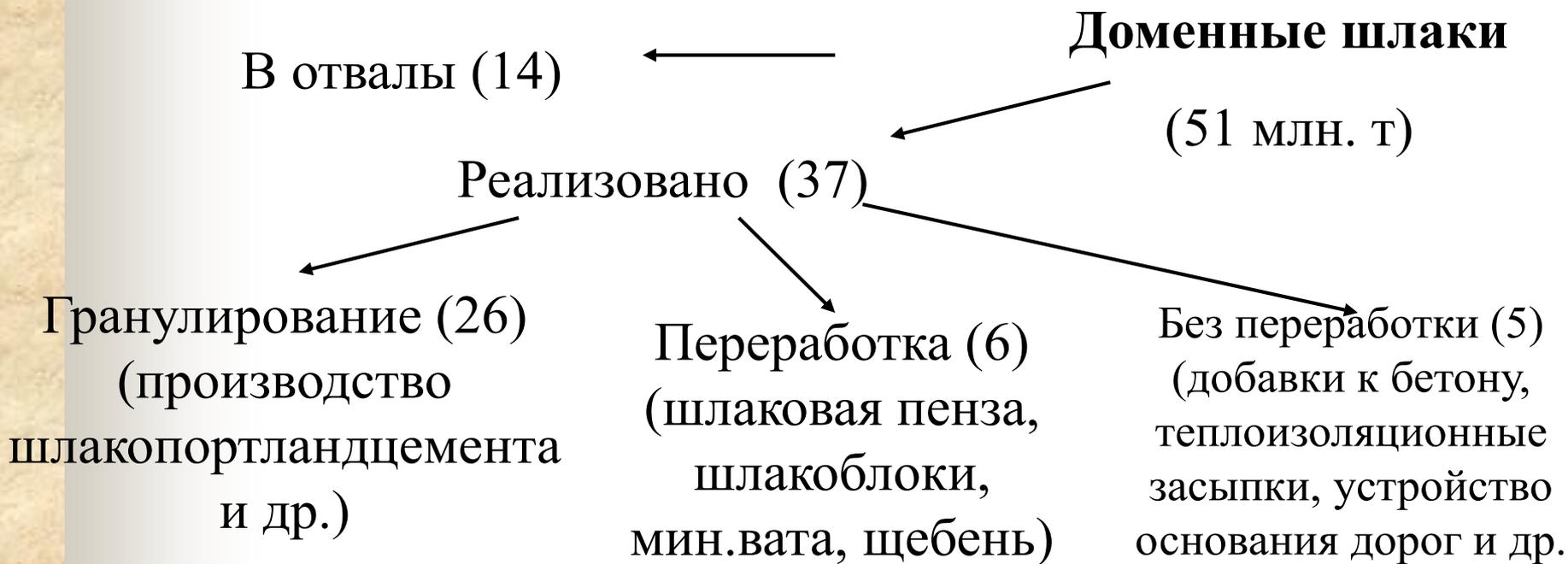
**Сложность очистки отходящих газов** (сушильных, обжиговых, стекловарочных печей от оксидов серы, азота, соединений фтора и др.)

**Большой объем загрязненных сточных вод, особенно в цементной промышленности и промышленности нерудных материалов** (хром, фенол, щелочи, нефтепродукты, органические соединения и др.)

## Пути решения:

Рекультивация земель, устройство прудов, рекреационных зон, рыборазведение;

Сырье для ПСМ – отходы горнодобывающих и перерабатывающих отраслей (свыше 3 млрд. т горных отвалов в год, находят применение лишь 3-6%)





## **Пути решения:**

**Герметизация** производственных агрегатов, транспортных средств, создание в них **разрежения**

Повышение эффективности **пылеулавливания**

Применение технологических процессов с **рециркуляцией газов** (особенно в асбестовом производстве)

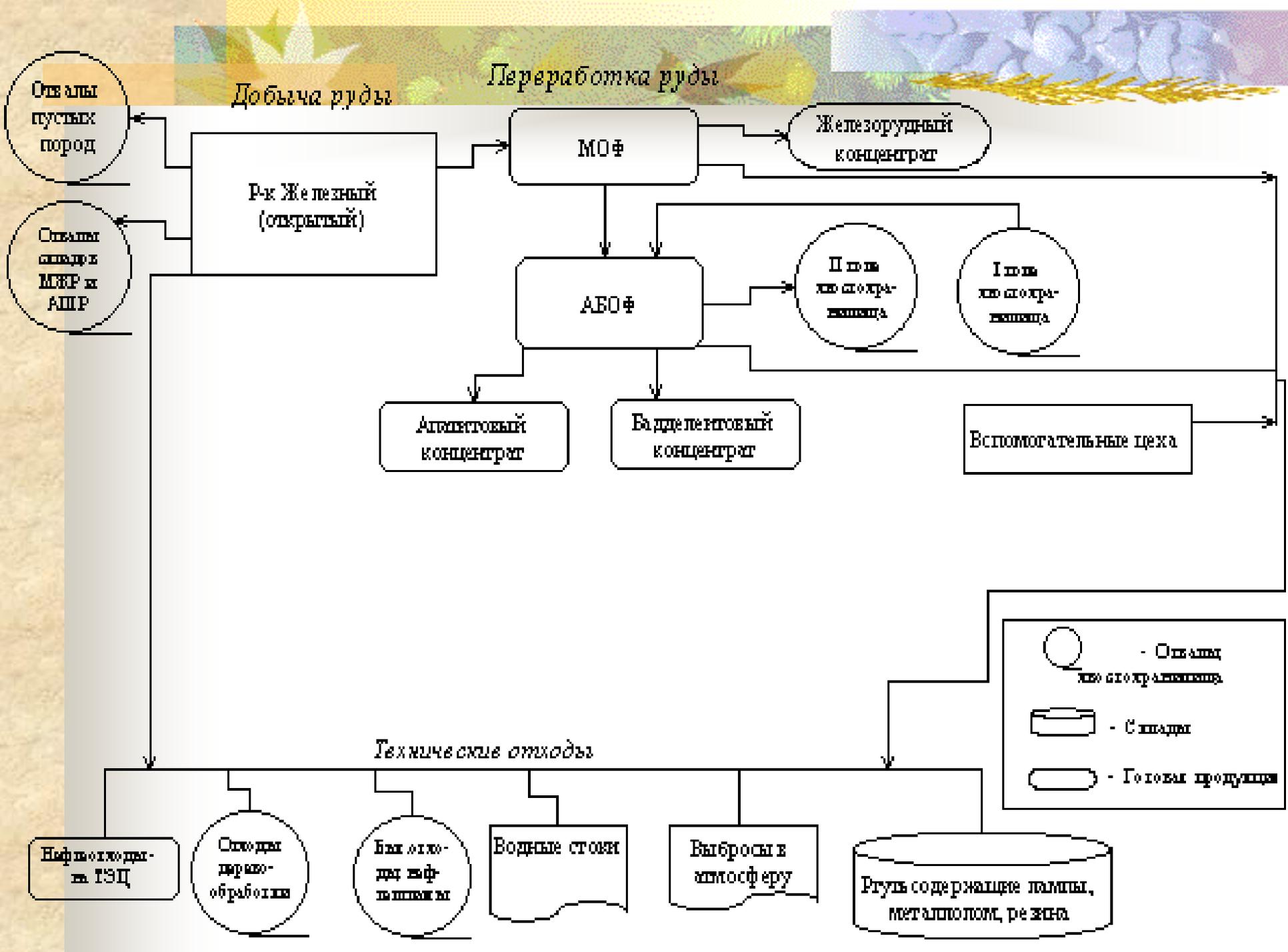
Разработка рациональных систем водопользования, в т.ч. создание **замкнутых систем водного хозяйства**



Мощность установок по переработке и обезвреживанию золошлаковых отходов, например, достигает не менее 250 тыс. т/год, а фосфогипса – 4,39 млн. т/год;

Ведутся работы по созданию и ведению Кадастра отходов для более эффективного их использования.

Стеклобой служит сырьем для изготовления чрезвычайно разнообразных по свойствам и назначению строительных материалов и изделий: это пенно-кристаллический материал, стеклянные волокна и стекловата, теплоизоляционные материалы, газобетон и пеностекло, наполнители для производства цементных конструкций и для дорожного строительства и многое другое.

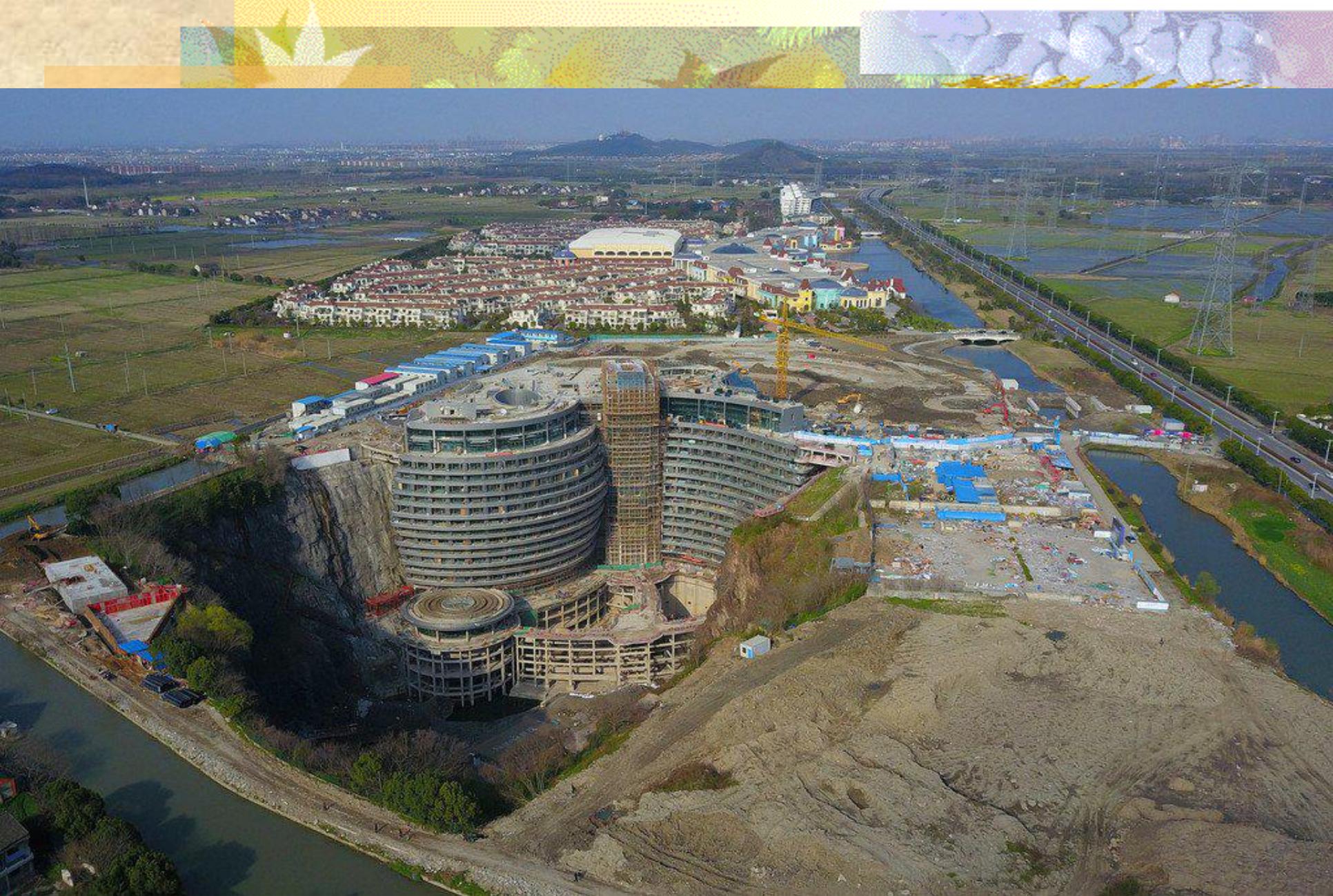




Не менее значимый источник вторичных ресурсов – золы и шлаки энергетического комплекса (в отвалах находится более 1,2 млрд. т), являющиеся по своим свойствам незаменимыми компонентами кремнеземистых смесей для получения материалов типа стеклокерамзита и других подобных строительных материалов и изделий из них.

Главным препятствием широкому использованию золошлаковых отходов в стройиндустрии является их токсичность, обусловленная высоким содержанием в них тяжелых металлов, диоксинов, диоксиноподобных веществ и др. Технологии детоксикации таких отходов не разработаны.







**Строительство отеля Sheshan Shimaо Quarry близится к завершению. В нем будет 370 номеров, подводный ресторан под искусственным озером на дне карьера и водопад. Главный инженер описывает этот проект как «борьбу с гравитацией», ведь 18 этажей здания «обнимают» отвесную стену глубокой ямы.**

**Стоимость возведения гостиницы составляет 1 млрд юаней. Фундамент заложили в 2012 году, но за конструкцию принялись только в 2013-м.**

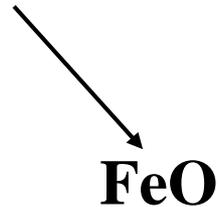
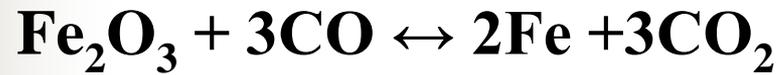


# ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

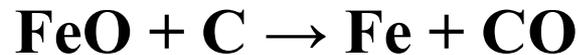
## ОСНОВНЫЕ СТАДИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА:

- АГЛОМЕРАЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО;
  - ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО;
  - СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО;
  - ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- 
- КОКСОХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО;
  - ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ И ЭНЕРГИИ

## Доменная печь



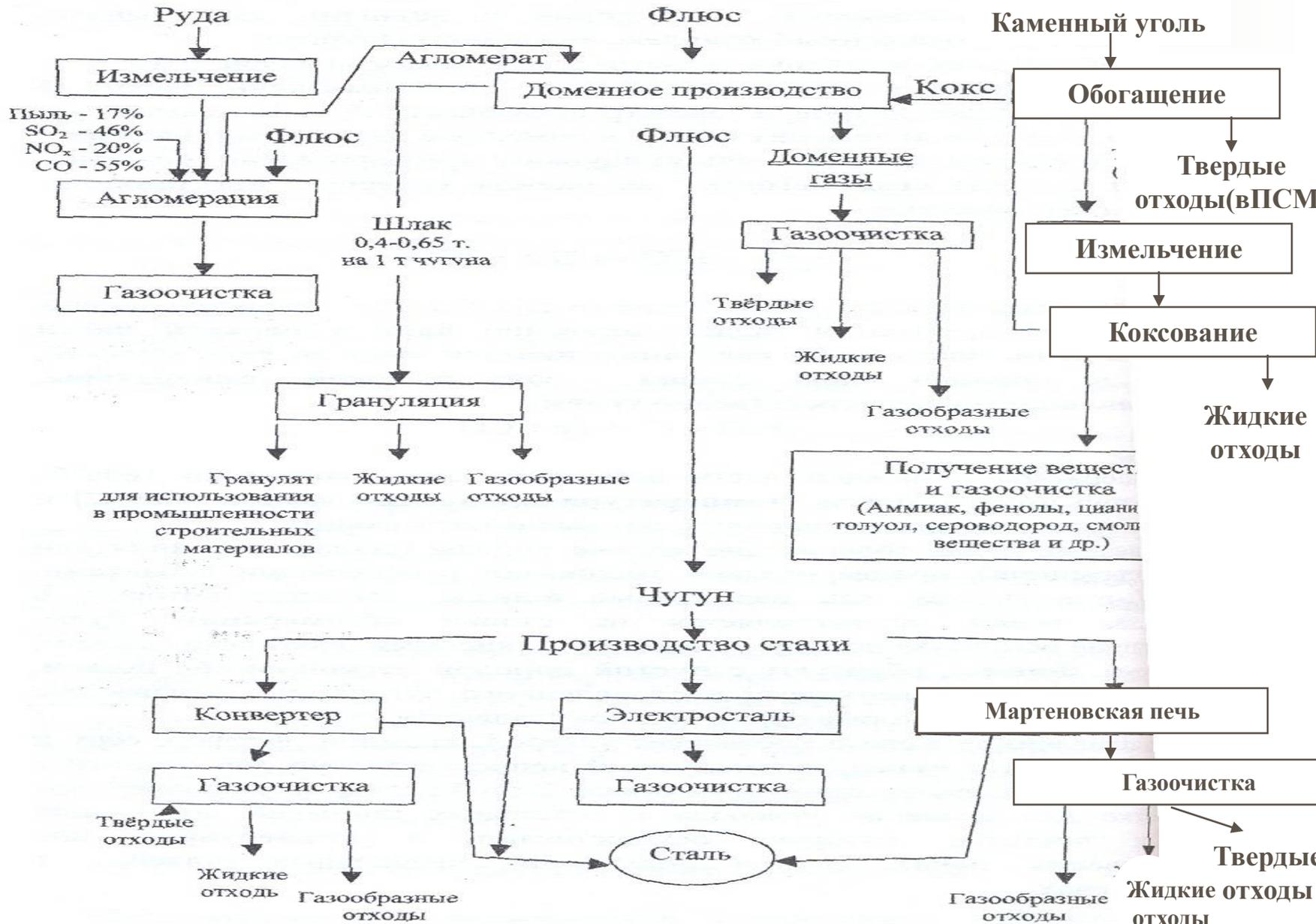
**(преимущественно в  
верхней части печи)**



**(в нижней части печи)**

**(Т до 1600°C)**

# Принципиальная схема производства стали



# Производство проката



## Травильные ванны



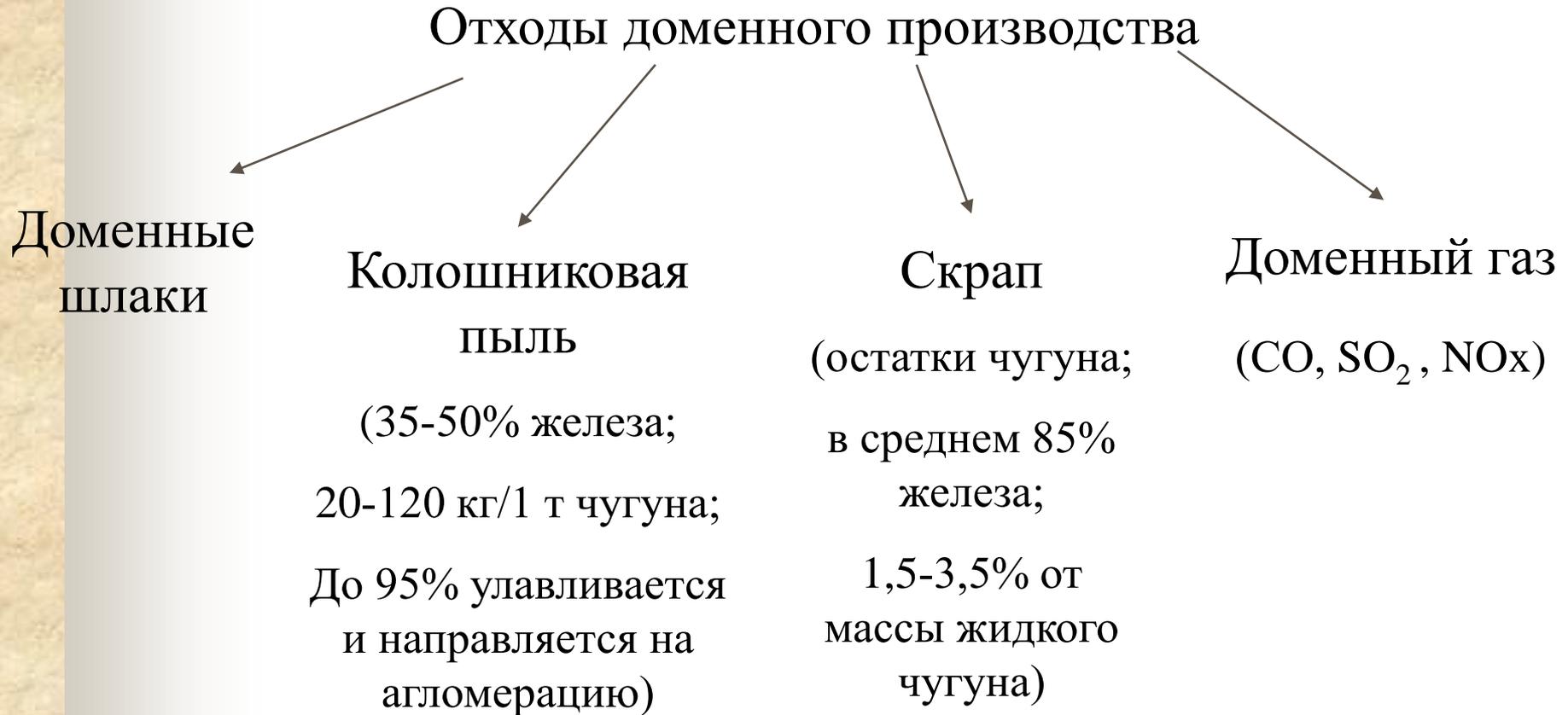
### Газы от травильных ванн

### Сбросные травильные растворы

(водород, оксиды азота, пары кислот, высокотоксичные примеси соединений мышьяка и др.)



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

## Отходы сталеплавильного производства

Сталепла-  
вильные  
шлаки

Литники

Стальной  
скрап

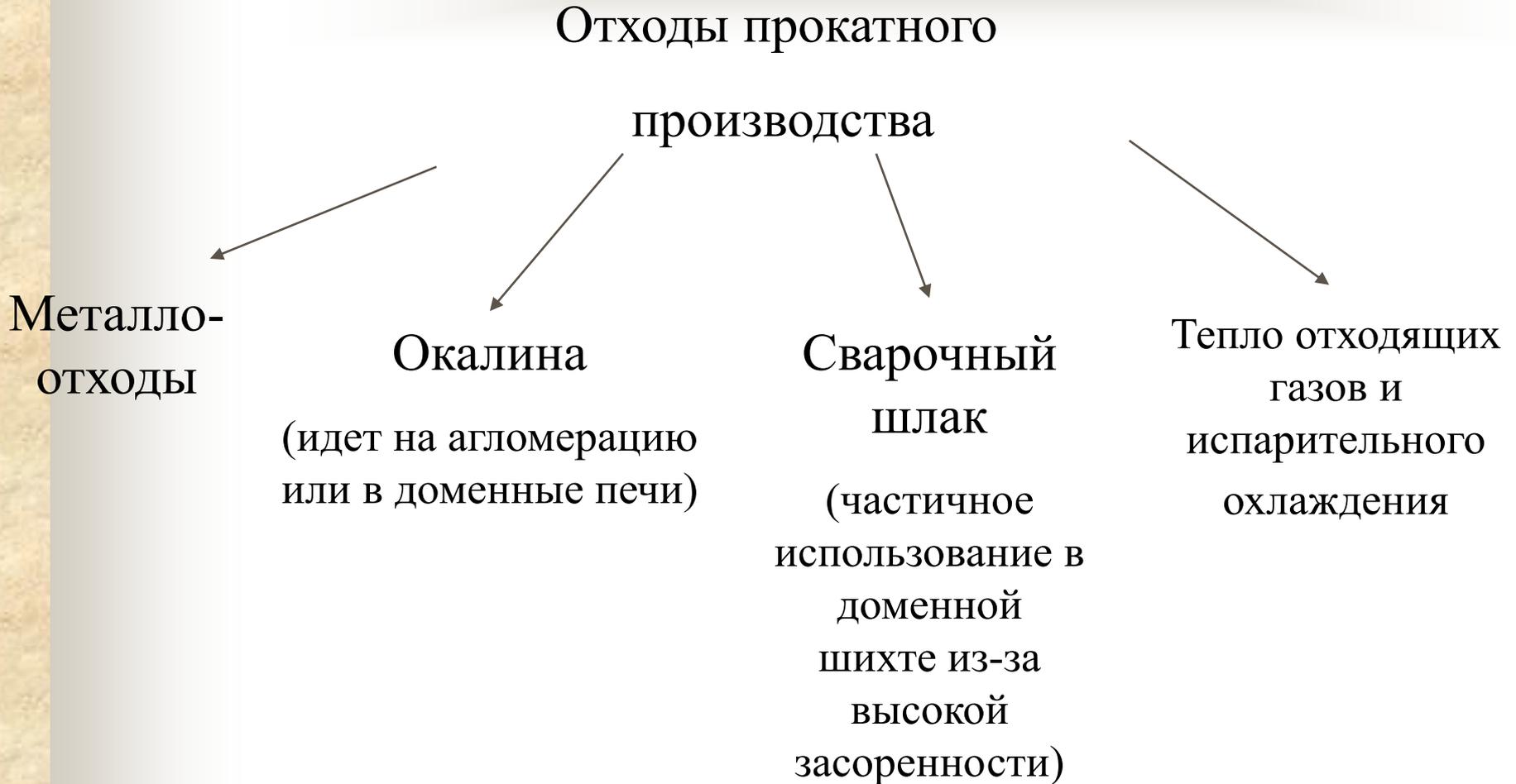
Недоливки

Брак

Все виды отходов имеют высокое содержание железа и  
используются в доменном производстве

(не исполь-  
зуются)

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

## Графитовые отходы

(до 3 млн т в год)

(образуются при условии понижения температуры жидкого чугуна)

Чугунный  
скрап

Чугунный  
шлак

## Графитовая пыль (спель)

(60% углерода, до 15% кремния и др.; сырье для графитового производства: графитосодержащие препараты, аккумуляторный графит, графитовые смазки)

Шлаковая составляющая находит применение в дорожном и строительном производстве

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Технологический унос (возгоны) доменных и мартеновских печей

(перспективная сырьевая база)

Тонкий унос доменных печей – до 10% цинка и свинца

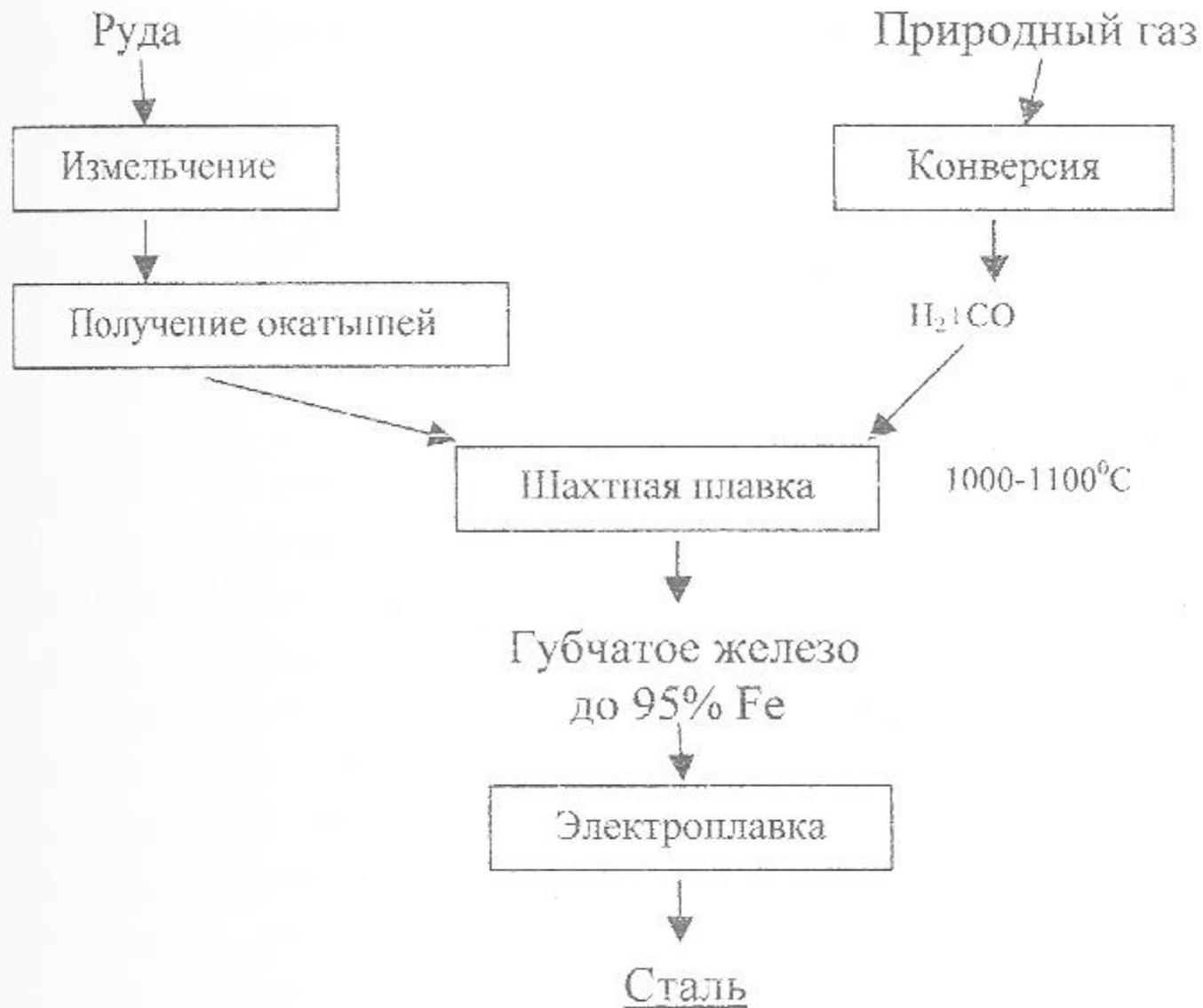
Богатый полиметаллический, графитовый и иной концентрат

Унос мартеновских печей и конвертеров - чистый оксид железа (сурик)



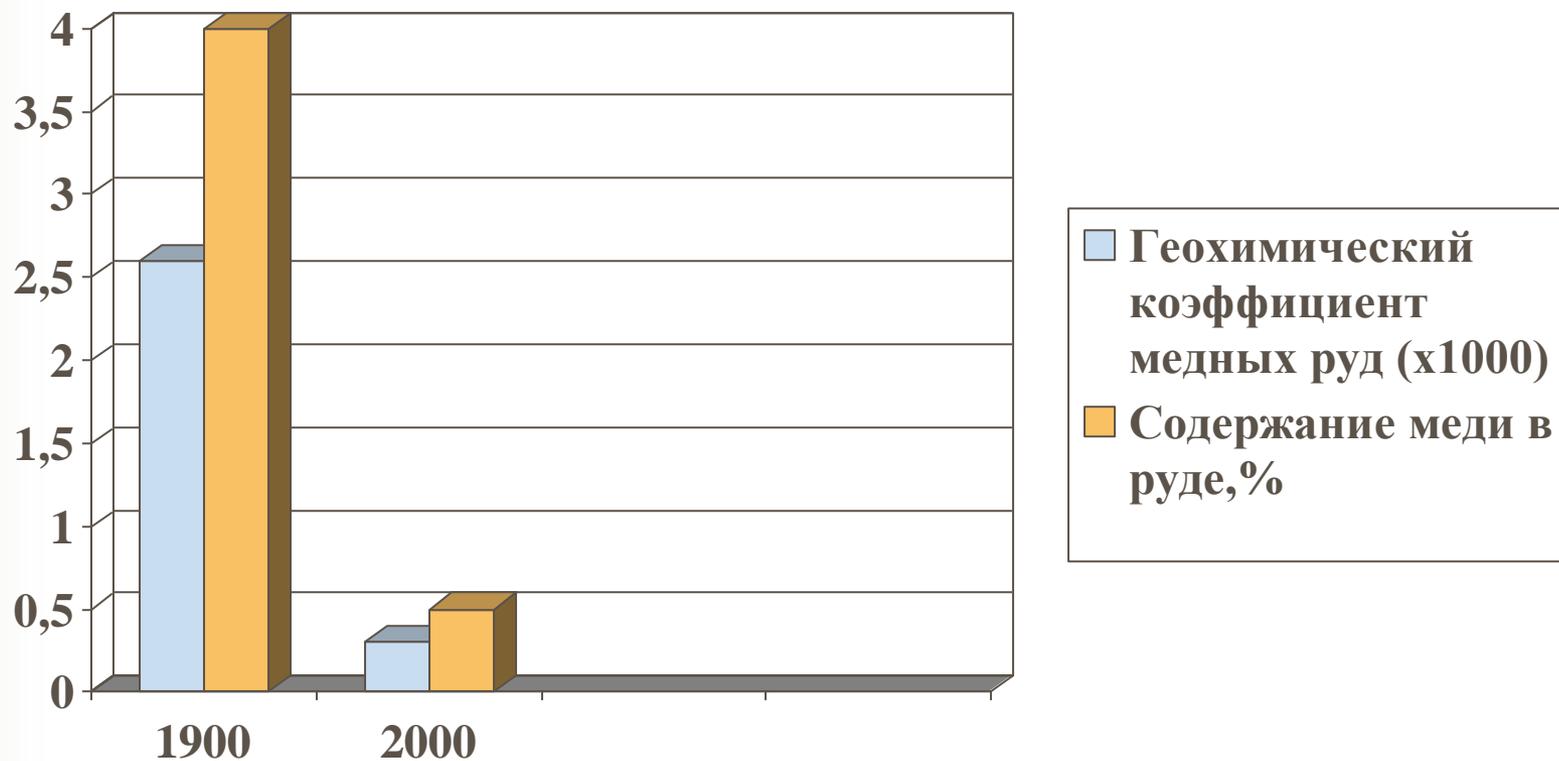
# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

- ГАЗЫ (коксовые, доменные, ферросплавных печей, конвертерные);
- ШЛАКИ (доменные и сталеплавильные);
- потенциальная энергия избыточного давления доменного и природного газов;
- вторичное тепло, образующееся в металлургическом производстве при охлаждении оборудования



Принципиальная схема бескоксового получения стали

# ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ





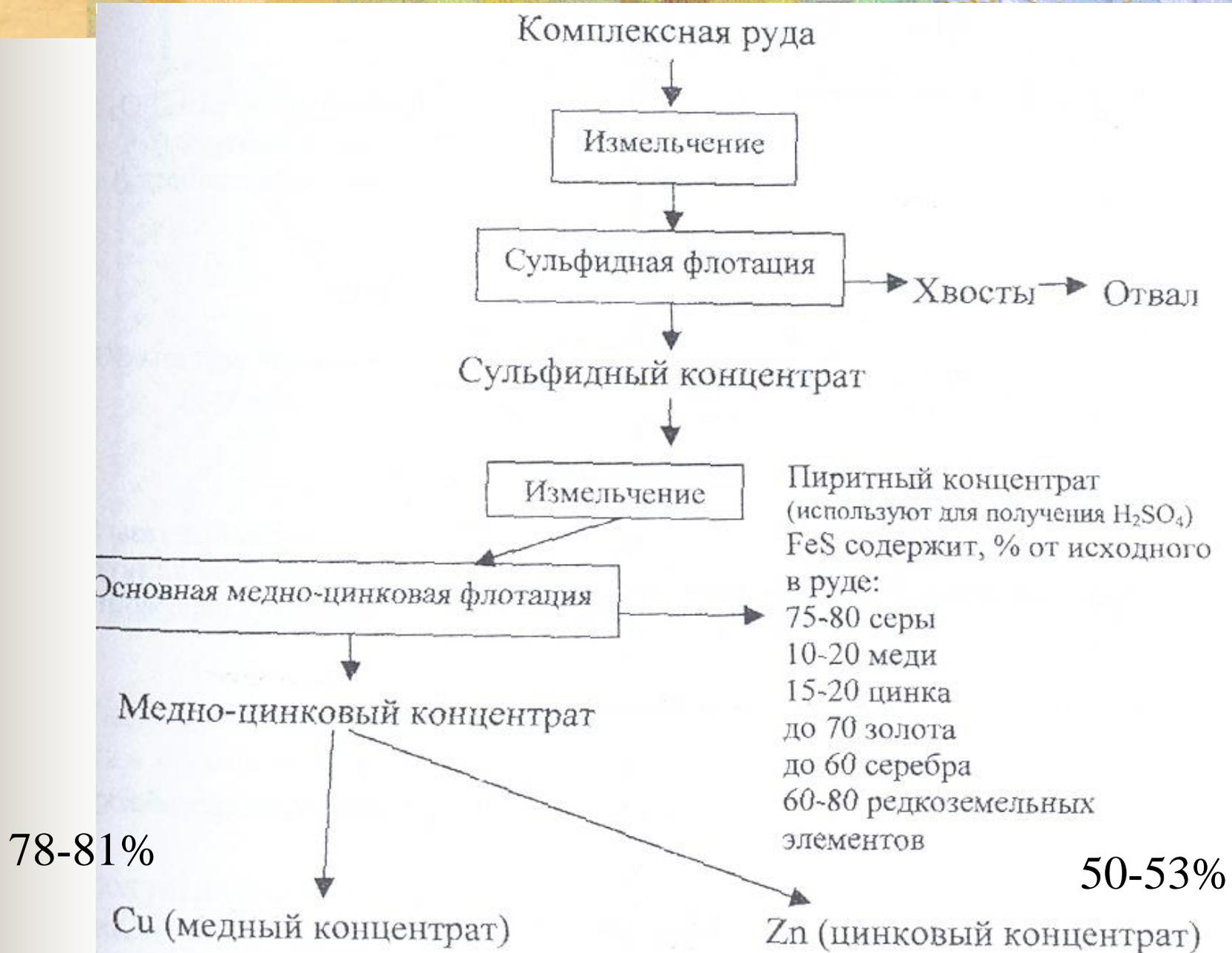
# МЕДНОЕ СЫРЬЕ

(МЕДНО-ЦИНКОВОЕ, МЕДНО-НИКЕЛЕВОЕ, МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ, МЕДНО-КОБАЛЬТОВОЕ И Т.Д.)

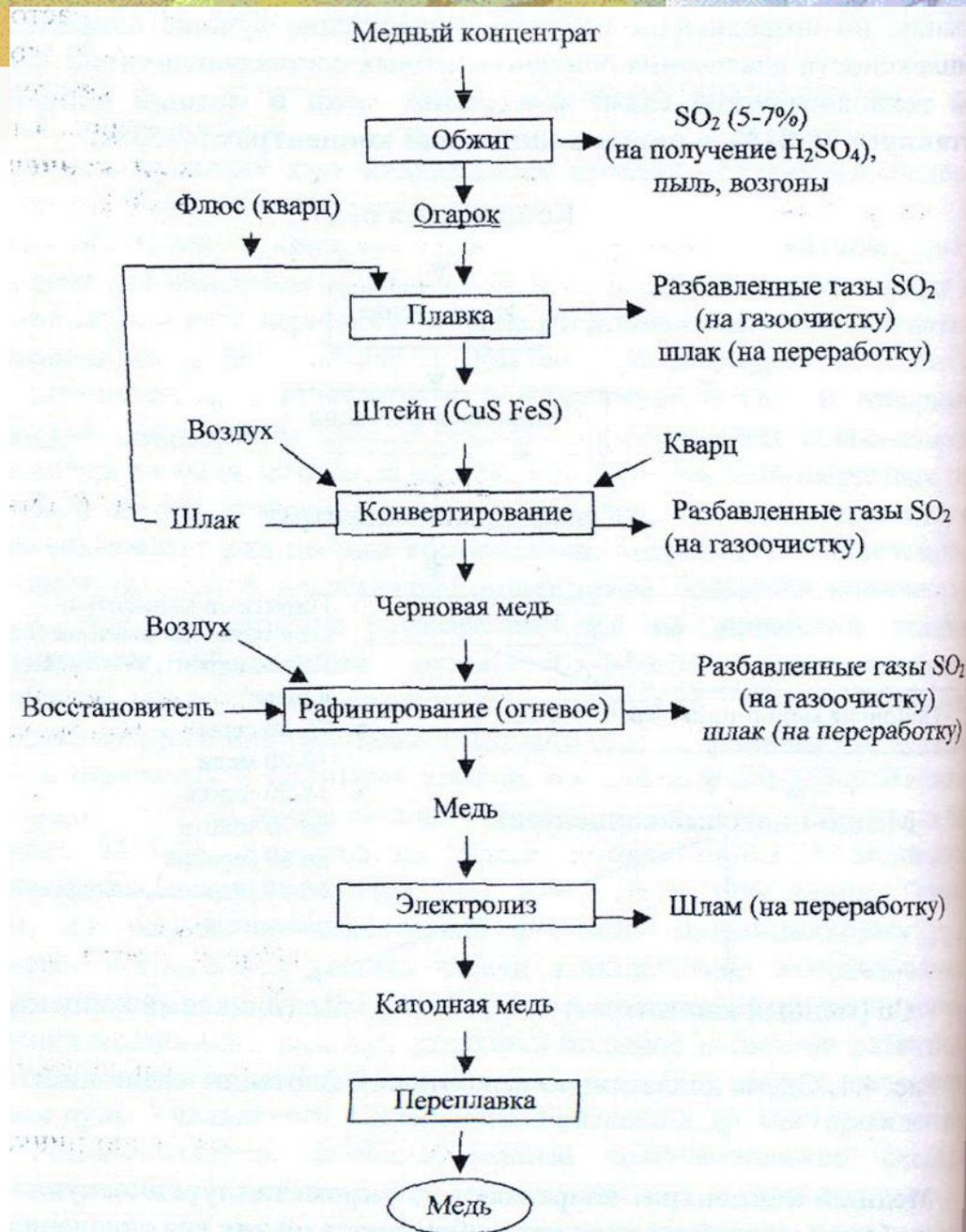
Схема переработки по **пирометаллургическому методу**:

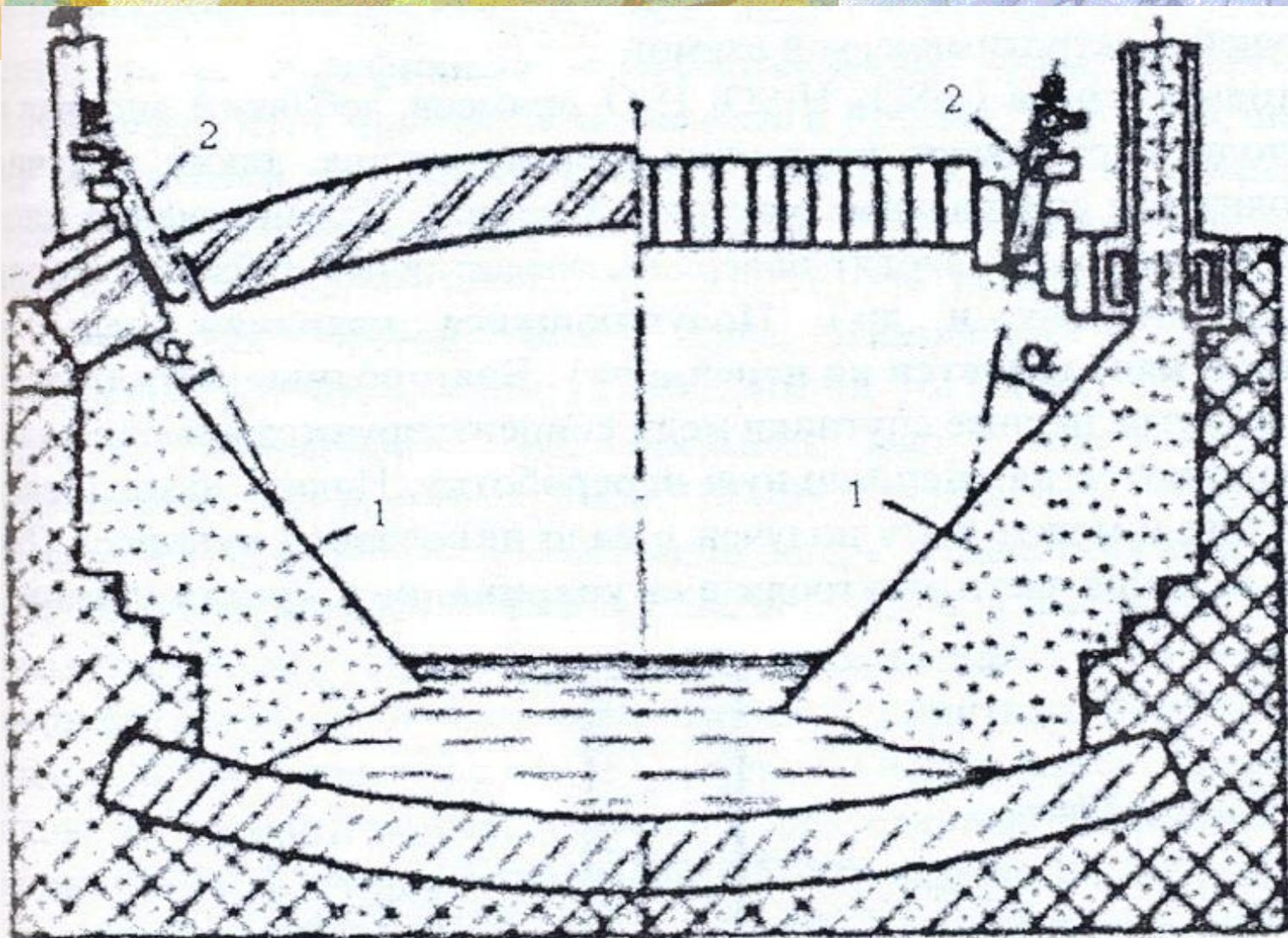
- **флотация** руд с получением селективного медного концентрата;
- окислительный **обжиг**;
- плавка с получением двух жидких слоев: **штейна** (сплава сульфида меди и железа) и **шлака** (расплава оксидов);
- продувка жидкого штейна в конвертерах воздухом (или кислородом) — для окисления сульфидов железа, перевода железа в шлак и выделения **черновой меди**;
- **рафинирование** черновой меди (сначала огневое, затем — электролитическое);
- переплавка **чистой катодной меди** в товарные изделия

# Схема коллективно-селективной флотации медно-цинковых руд

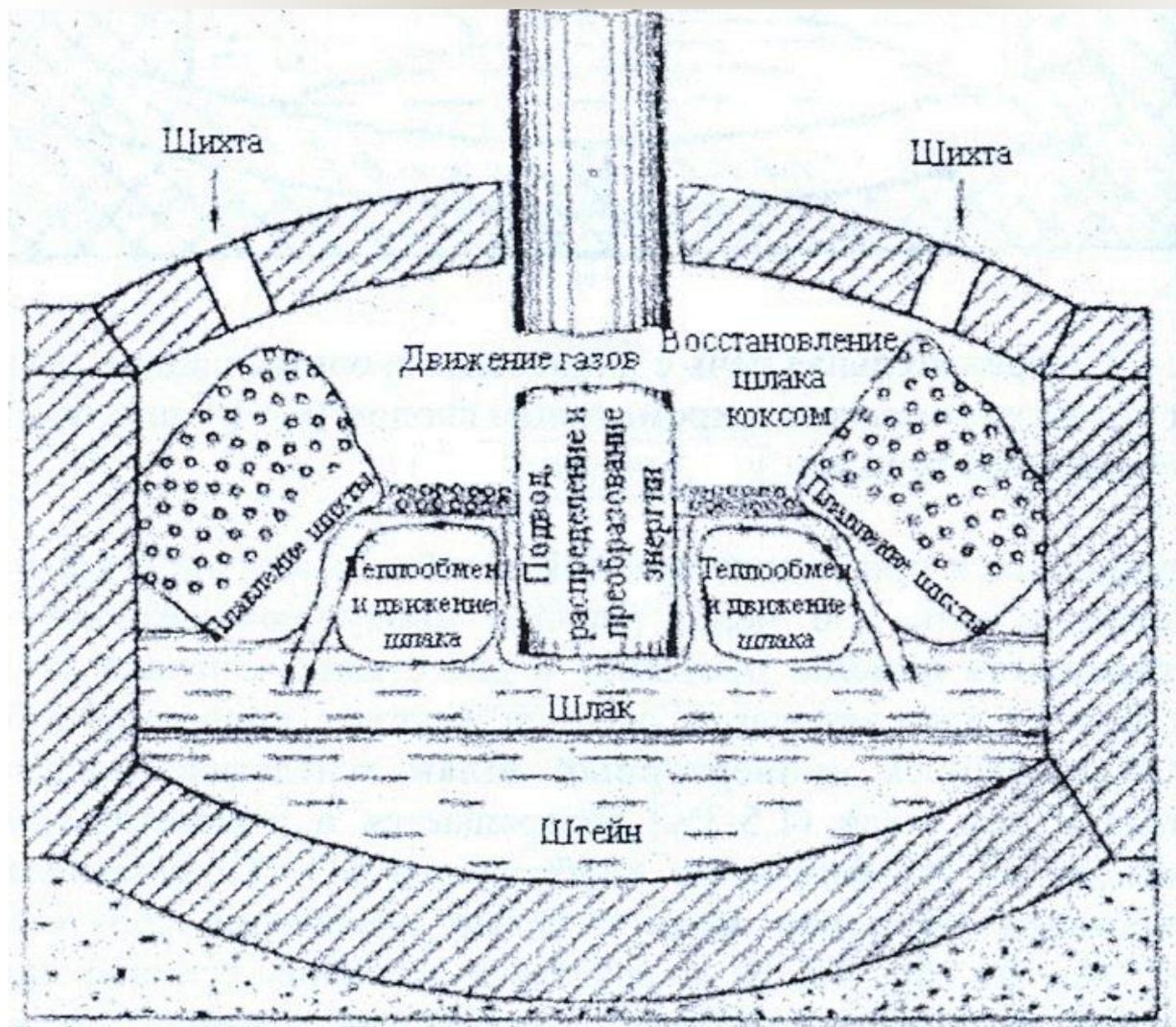


# Технологическая схема получения меди





Отражательная печь



Электроплавильная печь



Переработка **шлаков медной плавки** в массовом масштабе не внедрена.

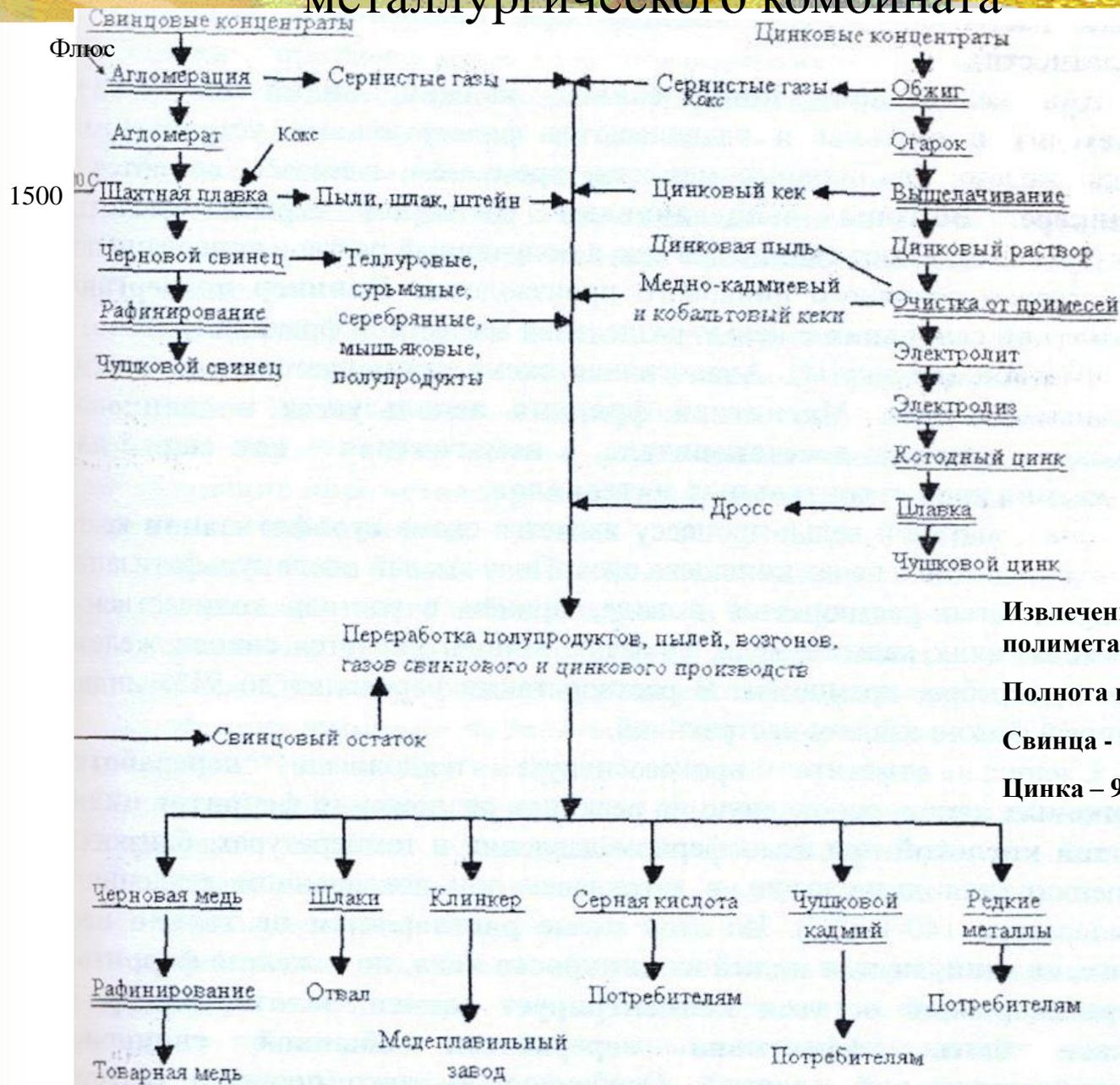
Методы переработки: двухстадийный электролитический; цементационный; газоэлектротермический с использованием природного газа; восстановительный процесс в конвертере и др. При этом могут быть получены **меднистые чугуны и сталь, цинковые возгоны, минеральные удобрения, строительные материалы** (из силикатной части)

Переработка **пылей**: выщелачивание слабой серной кислотой соединений цинка и кадмия и использование нерастворимого остатка (медь и свинец) в качестве добавки в шихту свинцовой или медной плавки

# Состав пылей и возгонов медеплавильного производства, %

Источник пыли	Состав								
	Цинк	Свинец	Медь	Кадмий	Сера общ.	Мышьяк	Сурьма	Селен	Теллур
Обжиговые печи кипящего слоя	4-5	-	10-12	-	18	-	-	-	-
Многоподовые обжиговые печи	4,8	0,7	16	-	12	-	-	-	-
Печи кислородно-факельной плавки	3,4	0,6	-	-	-	0,17	0,12	0,007	0,006
Отражательные печи	10-30	4-10	1-5	0,04	3,6	1,04	0,07	-	-
Конвертерные печи	9-13	41-45	1,4-2,1	-	8,2	0,8	0,1	-	-
Шахтные печи	8-20	6-10	3-15	-	-	2-15	-	-	-

# Технологическая схема свинцово-цинкового производства металлургического комбината



Извлечение 18 элементов из полиметаллического сырья;

Полнота извлечения:

Свинца - 97,4%;

Цинка - 96,5%

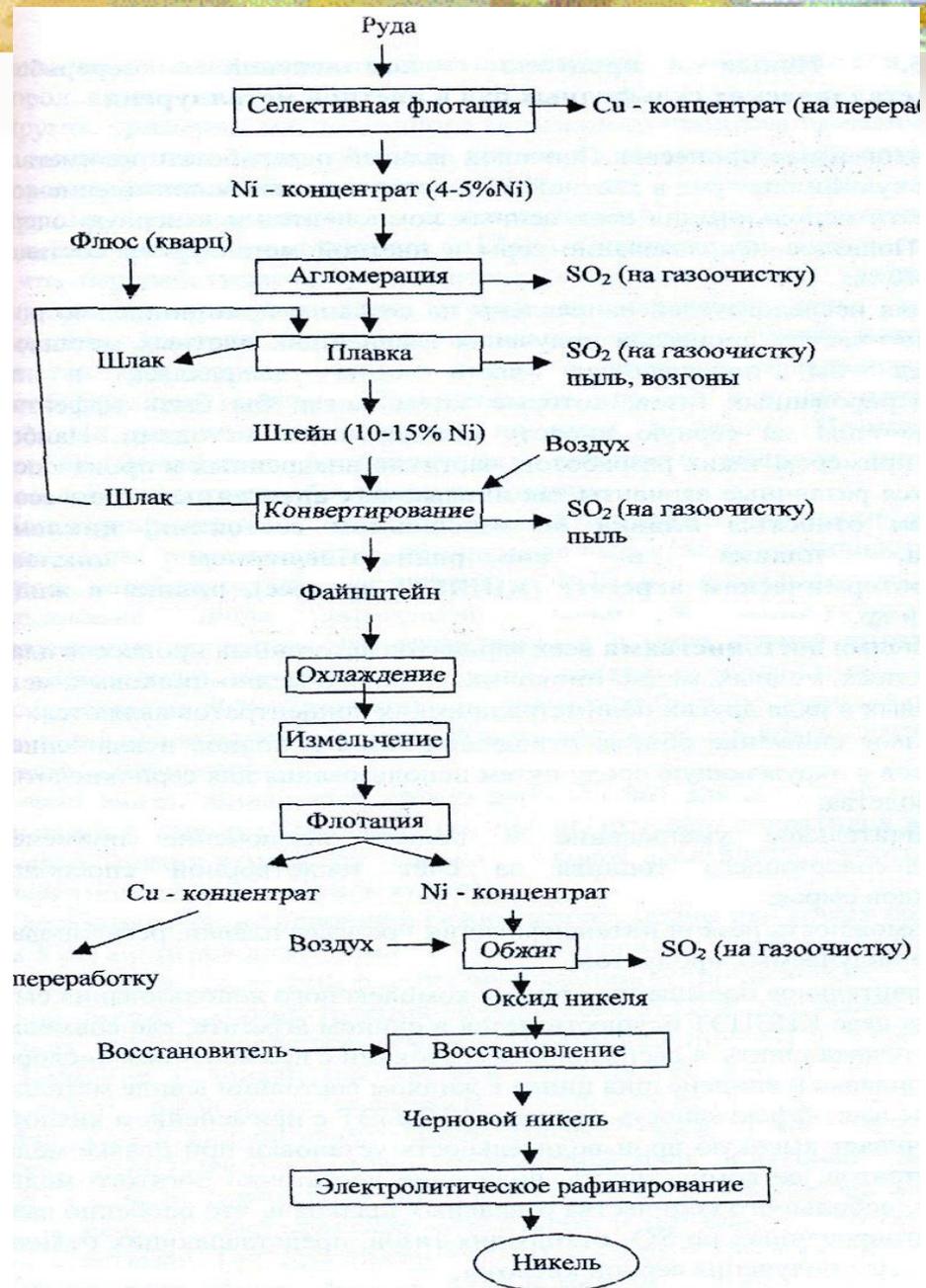
# Состав пылей и возгонов свинцово-цинкового производства, %

Продукт	Пыли:										
	Цинк	Свинец	Медь	Кадмий	Сера общ.	Мышьяк	Сурьма	Селен	Теллур	Хлор	Фтор
Агломерационные	1,3	57	-	1,2	10,3	0,47	-	1,3	-		
Шахтных печей	12-20	55-65	-	1-3	6-8	0,4	0,1-0,2	-	-		
Конвертерные	9,5-12,4	44-56	1,2-1,6	0,2-0,6	3-5	7,5-15	-	0,4-0,7	0,1		
Обжиговых печей кипящего слоя	40-45	1-4	1-2	0,3-0,7	10	-	-	-	-		
Шлаковозгоны	53-61	9-19	0,3-0,4	0,005	1,4-1,8	0,3-0,9	0,06	0,1-0,2	0,01	0,11-0,25	0,05-0,07
Вельц-оксиды	60-70	5-15	0,2-0,4	0,5-1	-	-	-	-	-		

## Степень концентрирования некоторых редких элементов по отношению к их содержанию в исходной руде

Продукт	Кадмий	Индий	Селен	Теллур
Руда	1	1	1	1
СВИНЦОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ	3-4	2	4-10	4-6
ПЫЛЬ	150-200	20	10-150	100-150

# Технологическая схема получения никеля



# Новые процессы комплексной переработки полиметаллических сульфидных руд

- автогенные процессы:
- плавка во взвешенном состоянии;
- циклонная плавка;
- плавка в кислородно-взвешенном циклонном электротермическом агрегате (КИВЦЭТ-процесс);
- кислородно-факельная плавка;
- плавка в жидкой ванне;
- автоклавная технология;
- ионный обмен;
- сорбция;
- экстракция



Алюминий – содержание в земной коре 8,8%  
(3-е место после кислорода и кремния)

Основные промышленные минералы:

Боксит -  $AlO(OH)$

Нефелин –  $(Na,K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

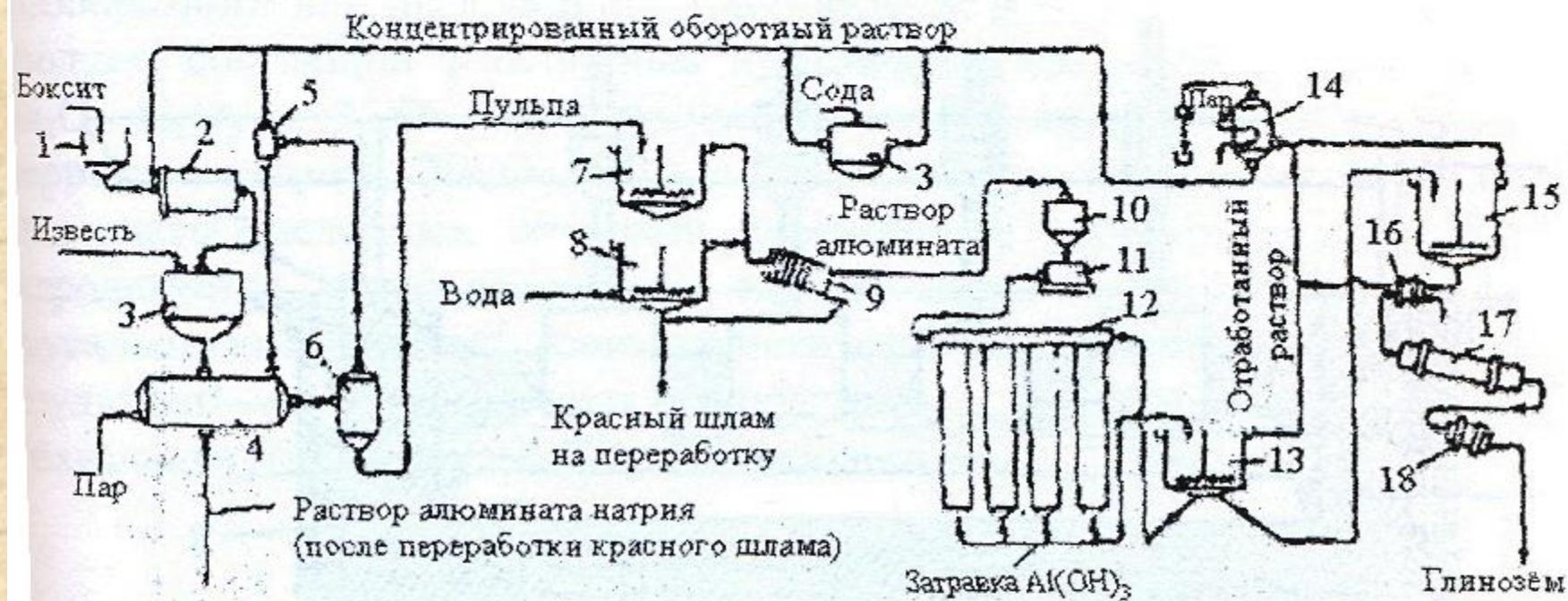
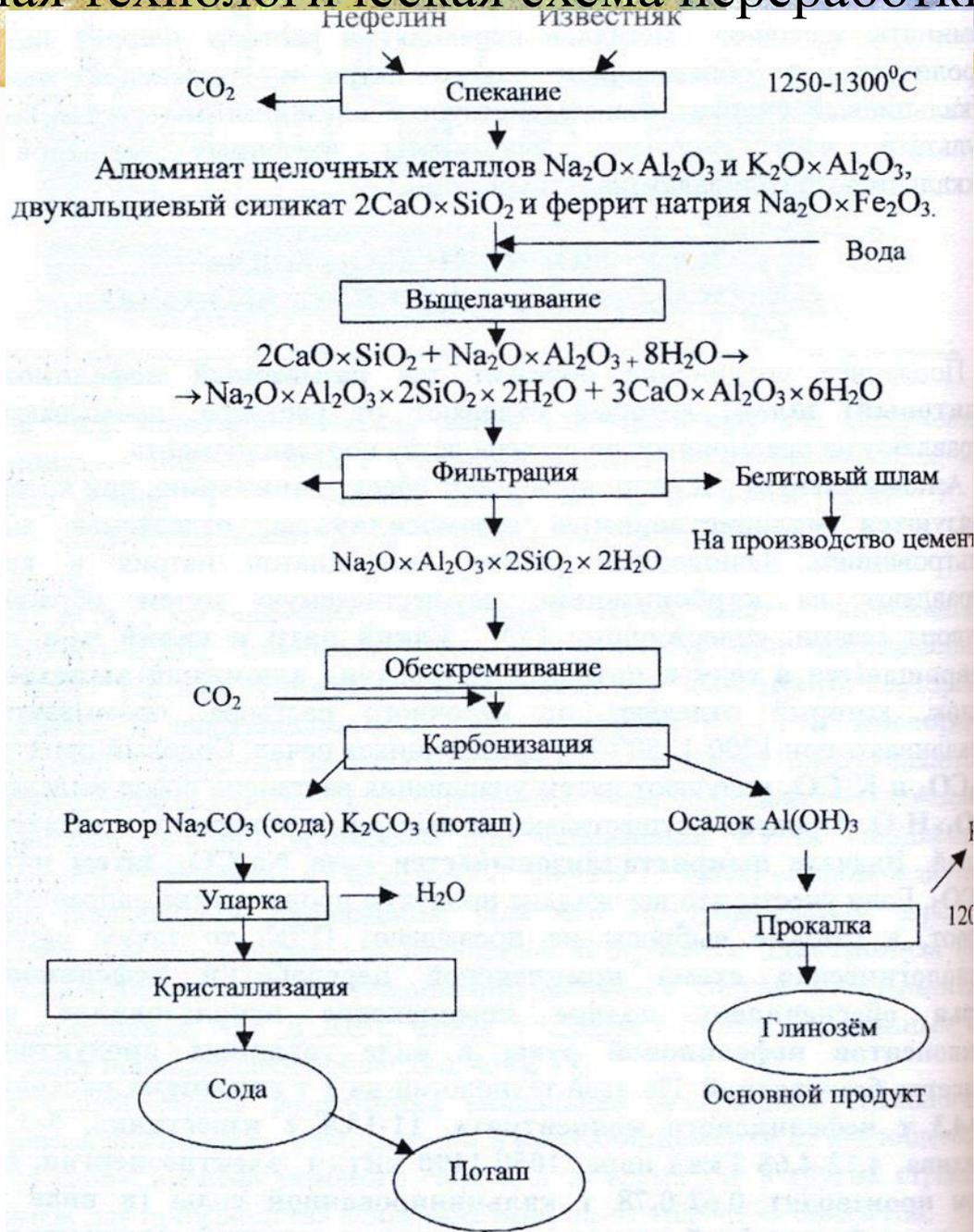
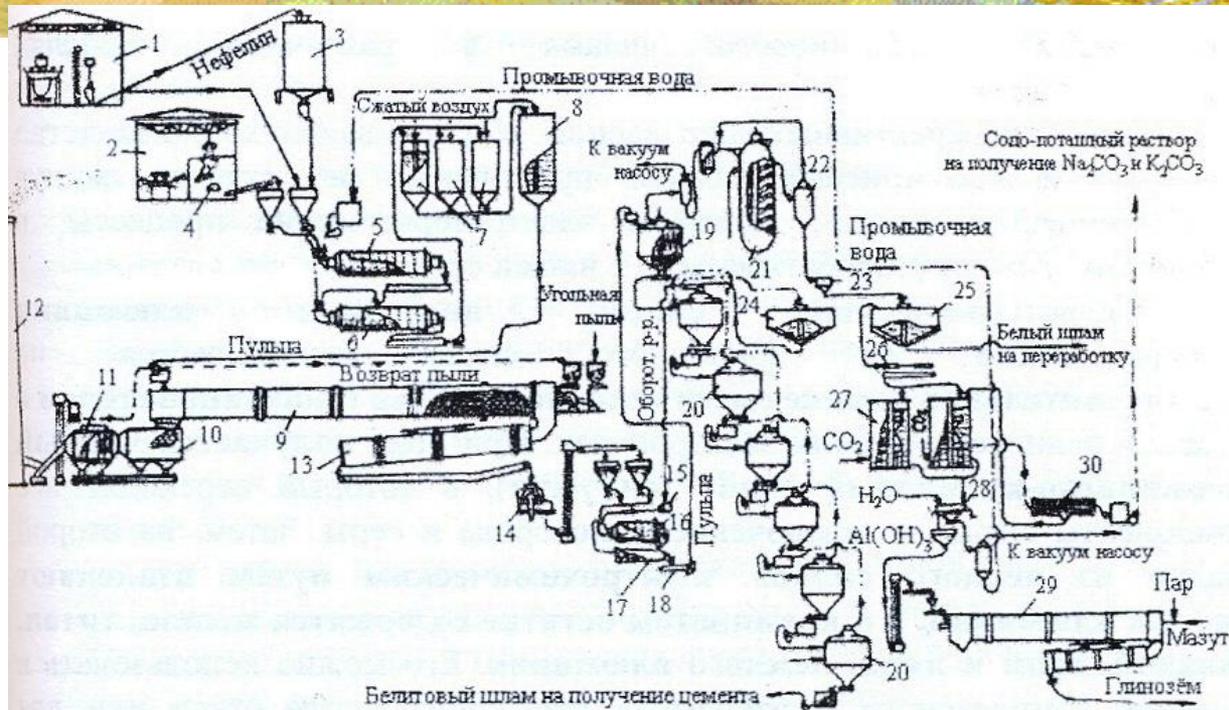


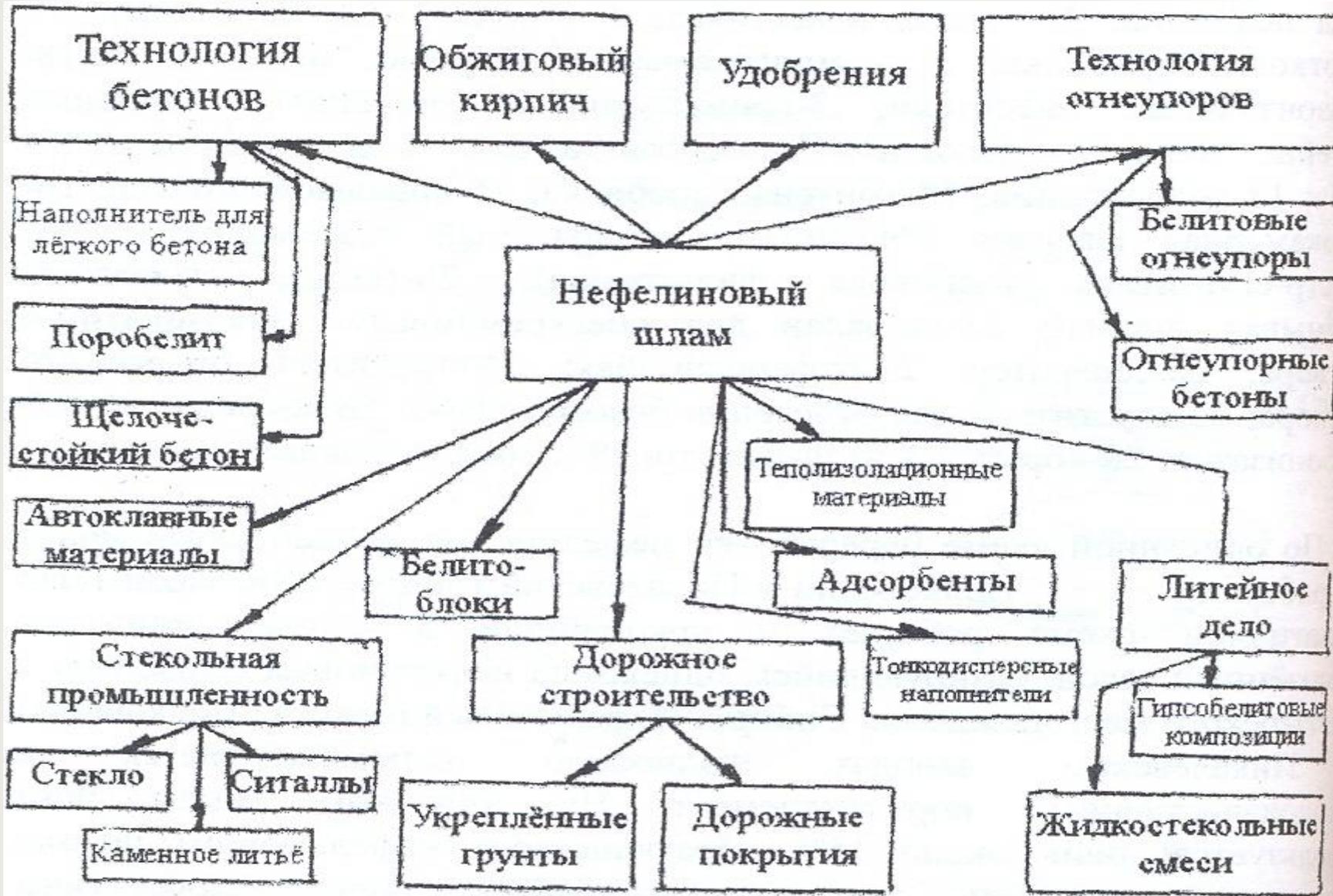
Схема переработки бокситов мокрым способом: 1 – весы; 2 – паровая мельница; 3 – смеситель; 4 – автоклав; 5 – подогреватель; 6 – испаритель; 7,13 – сгустители; 8 – промыватель; 9 – фильтр-пресс; 10,11,18 – холодильники; 12 – декомпозиеры (аппараты для выкручивания); 14 – испаритель; 15 – промыватель-сгуститель; 16 – барабанный вакуум-фильтр; 17 – трубчатые печи для кальцинирования.

# Безотходная технологическая схема переработки нефелина





Безотходная аппаратная схема переработки нефелина: 1 – склад нефелина; 2 – склад известняка; 3 – бункер для нефелина; 4 – колотковая дробилка; 5 – многокамерная шаровая мельница; 6, 18 – горизонтальные смесители; 7 – промежуточные бассейны; 8 – сборный бассейн; 9 – печь для спекания; 10 – пылевая камера; 11 – электрофильтр; 12 – труба; 13 – холодильник; 14 – конусная дробилка; 15 – ковшевой дозатор; 16 – однокамерная шаровая мельница; 17 – спиральный классификатор; 19 – фильтр-сгуститель (основная фильтрация); 20 – фильтры-сгустители (промывка шлама); 21 – автоклав для обескремнивания алюминатного раствора; 22 – сепаратор; 23 – буферный бак; 24 – сгуститель обратного раствора; 25 – сгуститель для отделения белого шлама; 26, 30 – фильтры; 27 – карбонизатор; 28 – корытный нутч-фильтр; 29 – печь для кальцинирования



# **Экологические проблемы производства и потребления цветных металлов**

- **высокая токсичность большинства цветных металлов и их соединений;**
- **крупномасштабное нарушение земель;**
- **образование большого объема отходов добычи и переработки (ежегодно свыше 1 млрд т);**
- **большой объем высокотоксичных и трудноочищаемых газовых выбросов и сточных вод**
- **совершенствование пыле- и газоочистки;**
- **способы улавливания и утилизации серы из разбавленных газов;**
- **применение нетканых ионообменных полотен для очистки вентиляционных выбросов;**
- **улавливание и последующее использование фтористых соединений в процессе электролитического получения алюминия;**
- **активное внедрение замкнутых систем водоснабжения;**
- **переработка отходов гальванических производств**



Экологические особенности технологии основных производств. Химическая промышленность. Энергетика.

Сбросы сточных вод предприятиями химических производств.  
Характеристика сточных вод производств.

Очистка сточных вод. Основные способы, их физико-химическое обоснование, достоинства и недостатки, особенности применения аппаратного оформления. Очистка сточных вод от твердых веществ и эмульсий. Реагентные, мембранные, электрохимические методы очистки сточных вод.



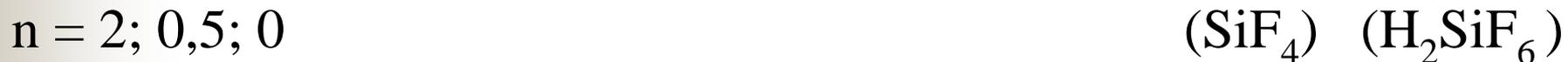
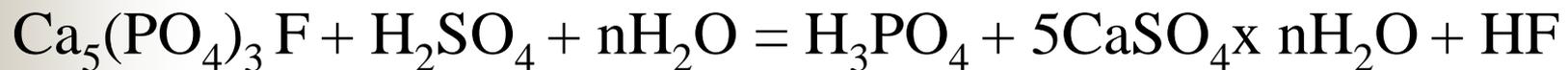
# **ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

# Комплексная переработка фосфатного сырья

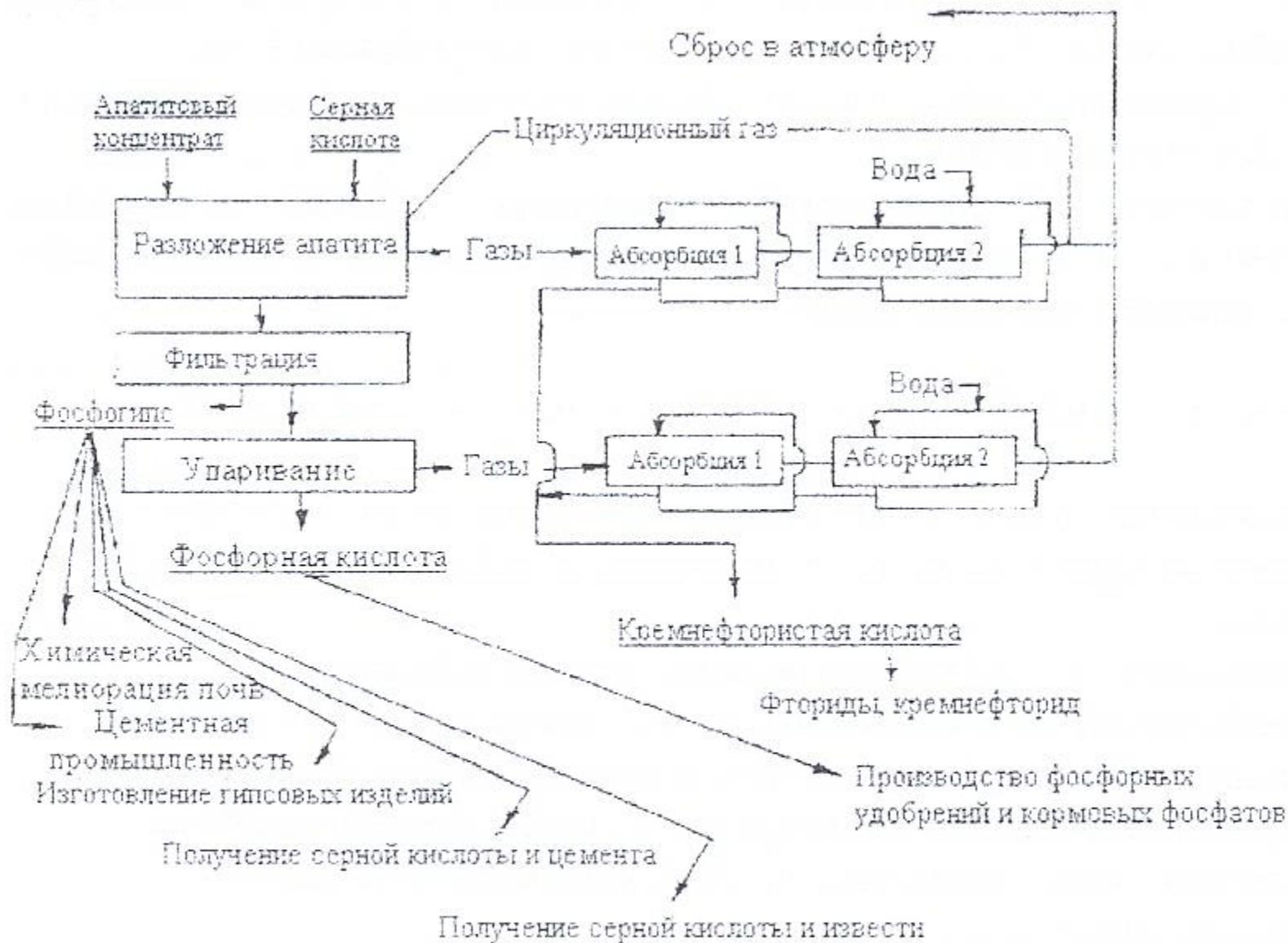
Апатитовые и фосфоритовые руды:

$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}_2$ , где X = F, Cl, OH (+марганец, стронций, церий, иттрий и др.)

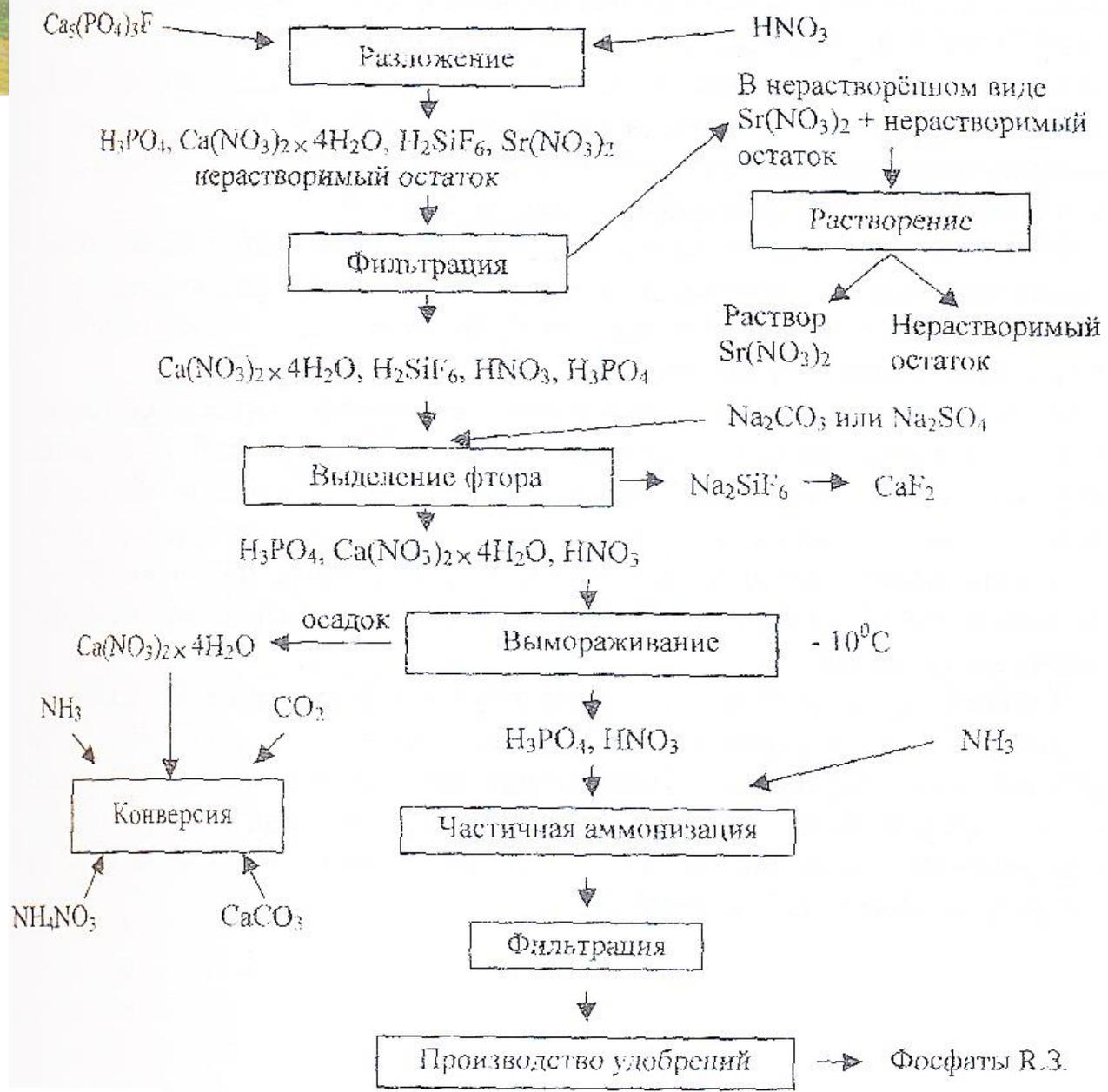
Вскрытие апатита серной, азотной кислотой или их смесью и получение экстракционной фосфорной кислоты:



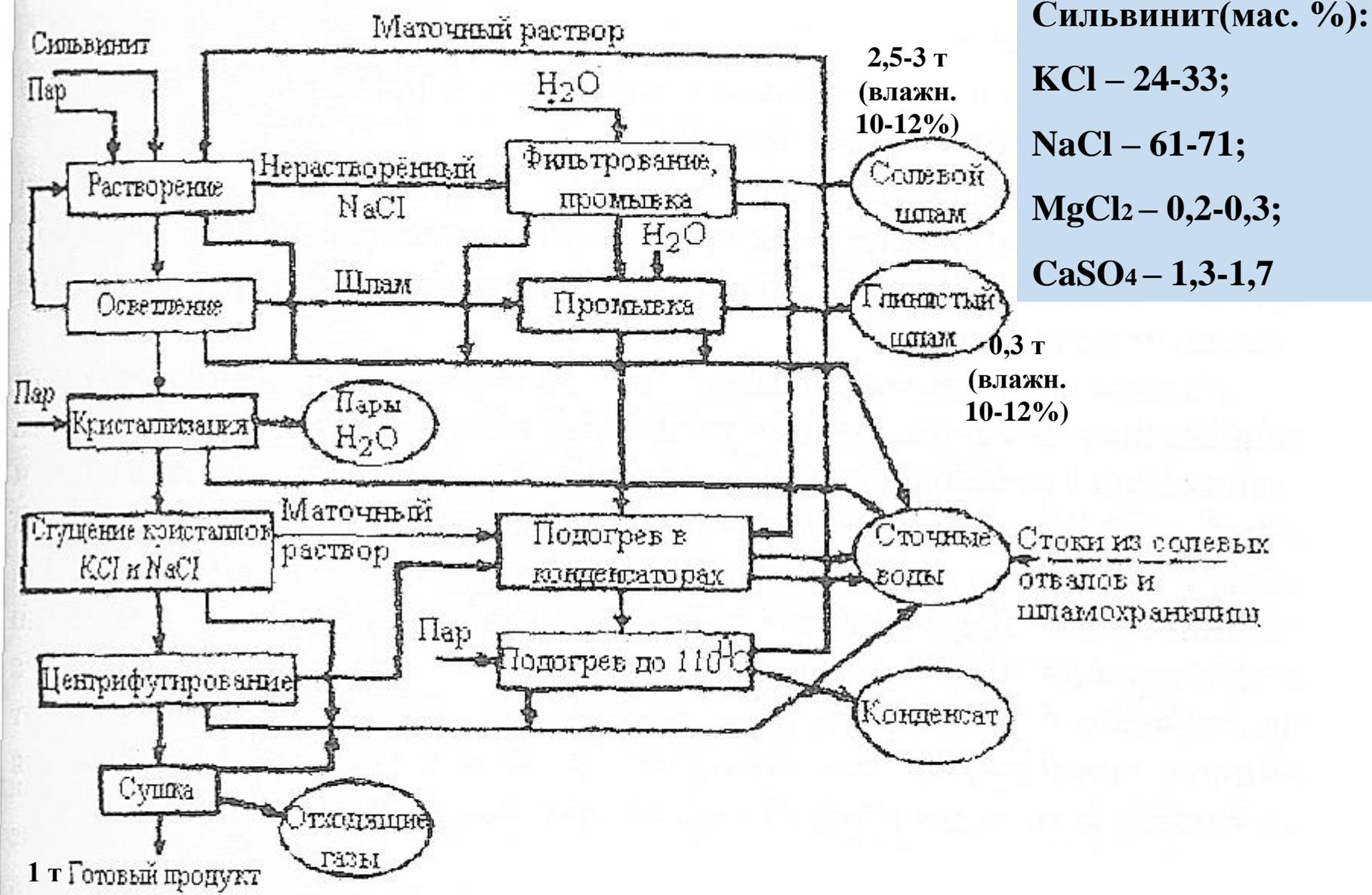
Наиболее крупнотонажный отход – **фосфогипс** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с примесями фосфатов, фторидов и др.)



Принципиальная технологическая схема производства экстракционной фосфорной кислоты в дигидратном режиме



Технологическая схема азотокислотной переработки апатита



Выход –  
85,9%

Принципиальная схема получения хлорида калия галургическим методом



## Производство серной кислоты

Сырье: серный колчедан, сера, отходящие серосодержащие газы цветной металлургии, сероводород, отработанная серная кислота и др.

Способы производства: **контактный** (окисление сернистого ангидрида на катализаторах) и **нитрозный (башенный)** с применением оксида азота в качестве передатчика кислорода.

**Контактный способ** (сырье – колчедан) :

- получение сернистого ангидрида путем сжигания пирита в печи кипящего слоя;
- очистка газа, содержащего сернистый ангидрид от примесей;
- окисление сернистого ангидрида до серного на катализаторах;
- абсорбция серного ангидрида



## **Основные направления создания малоотходного и безотходного производства серной кислоты:**

- максимальное улавливание сернистого ангидрида – минимальное загрязнение окружающей среды;**
- использование всех компонентов сырья (селен – до 220 г/т, меди, драгоценных металлов, железа и др.)**

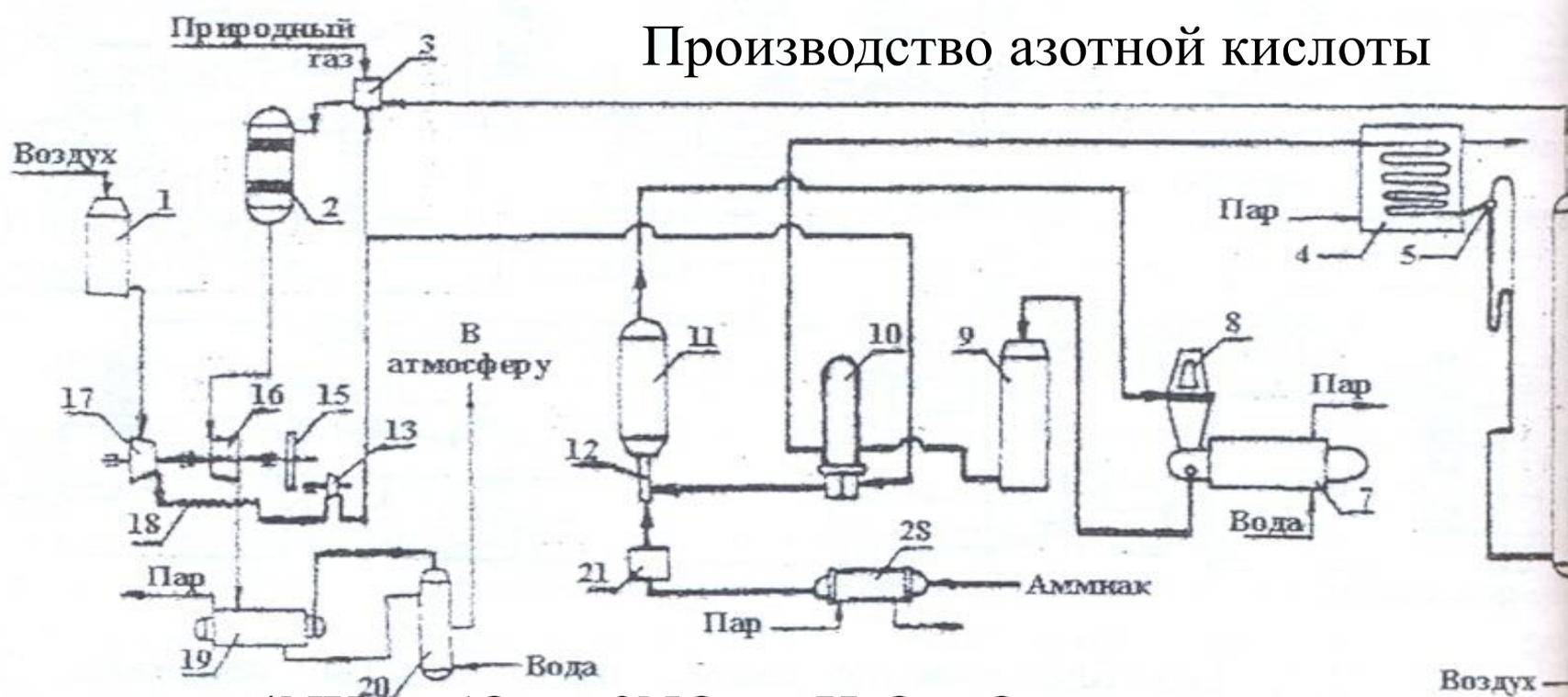
**Селеновый шлам – основной источник получения селена в России.**

**Состав пиритных огарков (0,55 т на 1 т серной кислоты) железо – 40-63%; сера – 1-2%; медь – 0,33-0,47%; цинк – 0,42-1,35%; свинец – 0,32-0,58%; драгметаллы – 10-20 г/т и др.**

## **Направления утилизации пиритных огарков:**

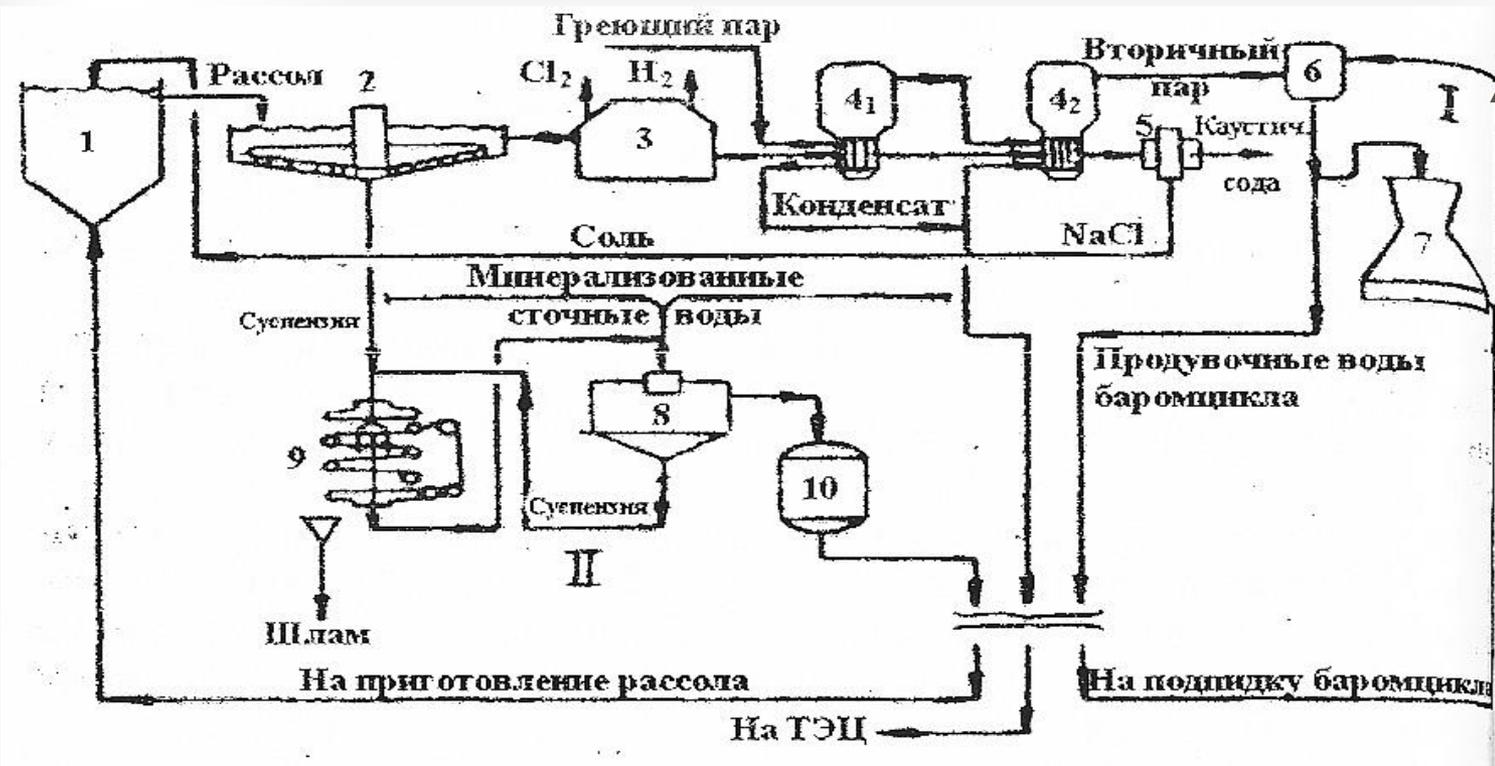
- для извлечения цветных металлов и производства чугуна и стали;**
- в цементной промышленности (в качестве минерализующей добавки в портландцементе);**
- в сельском хозяйстве и т.д.**

# Производство азотной кислоты



Ликвидация «лисыих хвостов» - очистка отходящих газов путем восстановления оксидов азота на катализаторе

# Схема повторного использования сточных вод при производстве хлора и каустической соды диафрагменным методом (заменяет электролиз с жидким ртутным катодом)

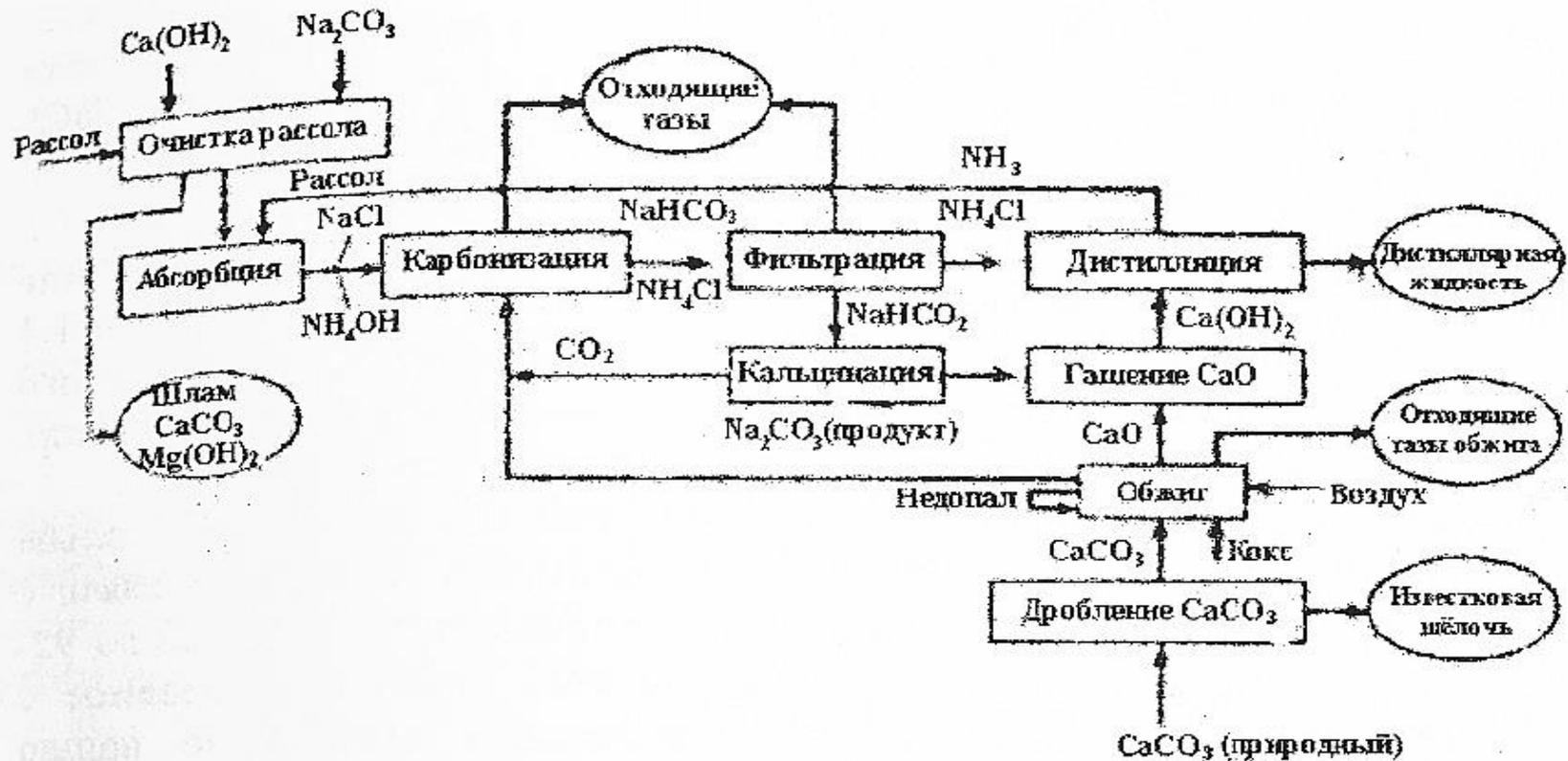


I-оборотный барометрический цикл; II-установка очистки сточных вод;

3 – электролиз; 4/1 и 4/2 – выпарка электрощелоков под давлением и в вакууме; 9 – обезвоживание суспензии; 10 - фильтрация сточных вод

Получение кальцинированной соды аммиачным методом (способ Сольве) Карбонизация аммонизированного раствора поваренной соли:  $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3(\text{осадок}) + \text{NH}_4\text{Cl}$

Кальцинация (прокалка)  $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Проблемы: «дистиллерная жидкость» и шламонакопители - «белые моря»



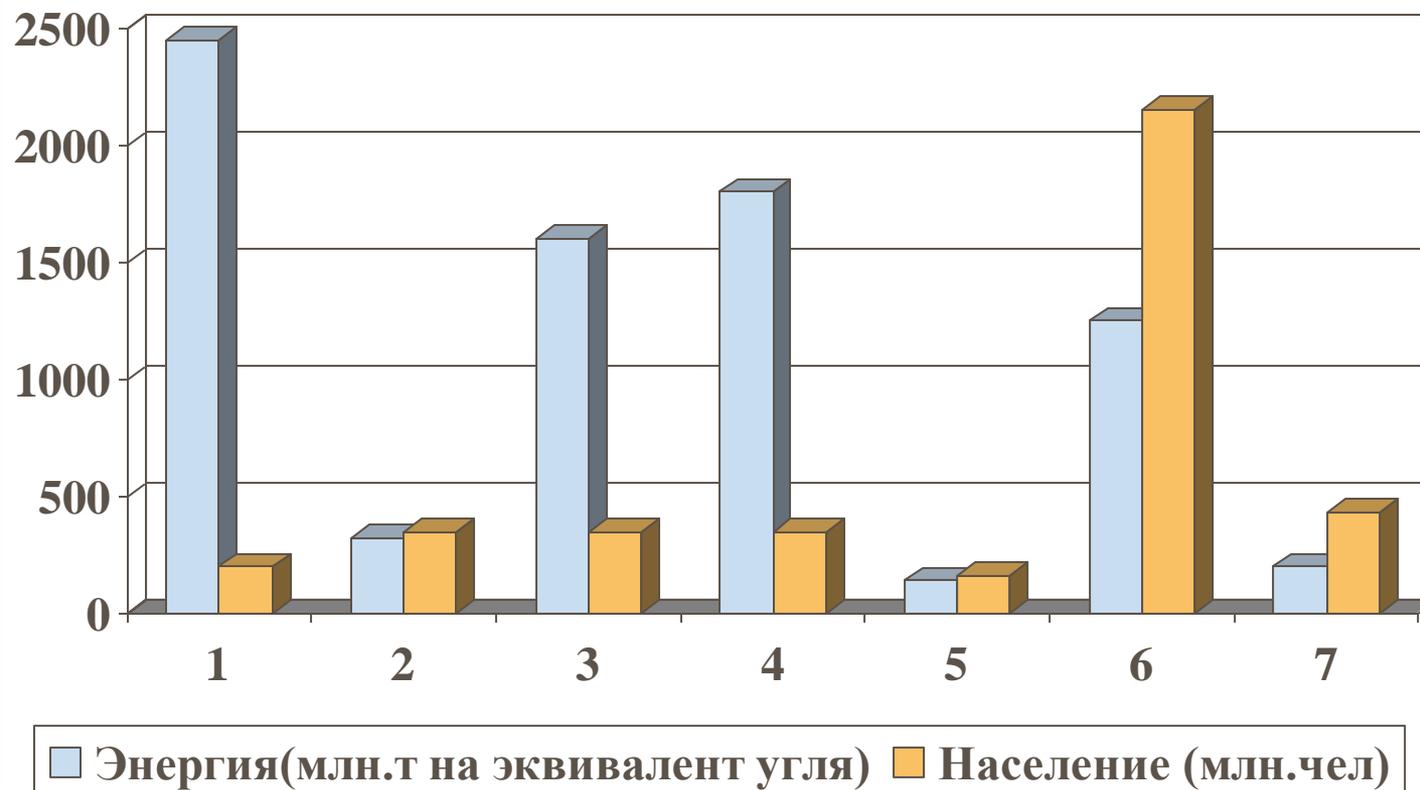
## Основные экологические проблемы химических производств

- комплексная переработка сырья;
- при производстве фосфорных удобрений – обезвреживание выбросов и сбросов (до 10 г/л фтора и до 6 г/л фосфорного ангидрида), в первую очередь, от фтористых соединений, и переработка фосфогипса;
- переработка галитовых отходов при переработке сильвинита;
- «белые моря» содовых заводов (радикальное решение – производство соды путем комплексной переработки нефелина)



# ЭНЕРГЕТИКА

# Потребление энергии и численность населения в регионах



**1-США; 2-Латинская Америка; 3-Западная Европа; 4-СНГ и Восточная Европа; 5-Ближний Восток; 6-Дальний Восток; 7-Африка**

**Количество энергии потребляемое человеком с пищей – 2,9 кВт·ч/сутки**

**90% потребляемой в мире энергии получают из ископаемого органического топлива**

**Свыше трети добываемого в мире топлива идет в топки ТЭС**

**(в России доля первичных энергоресурсов, используемых для выработки электроэнергии, - до 50% - с учетом затрат на выработку тепла на ТЭС и ТЭЦ)**

**Для ТЭС: КПД=0,88\*0,42\*0,98\*100%=36%**

$$\text{КПД}_{\text{теорет}}=(T_2 - T_1)/ T_2=$$

$$=(((600+273) - (15+273))/(600+273))*100%=67%$$

**Для лучших ТЭЦ: КПД=70%**

**Для ТЭС при сжигании угля в установке с кипящим слоем:**

$$\text{КПД}=45%$$

**Для ТЭС с магнитно-гидродинамическими (МГД)-генераторами, сразу преобразующими тепловую энергию в электрическую: общий КПД до 60%**



## **Основные способы получения энергии:**

- сжигание ископаемого органического топлива;
- энергия воды и ветра;
- геотермальная энергия;
- солнечная энергия;
- ядерная энергетика;
- водородная энергетика

# St.Petersburg: renewable sources of energy

The total capacity of the Eastern Gulf of Finland including shallow waters can amount to 11250 MW. Annual generation can amount about 25 billion kWh/year. The data on the total wind capacity demonstrate the huge potential of wind industry in St.Petersburg

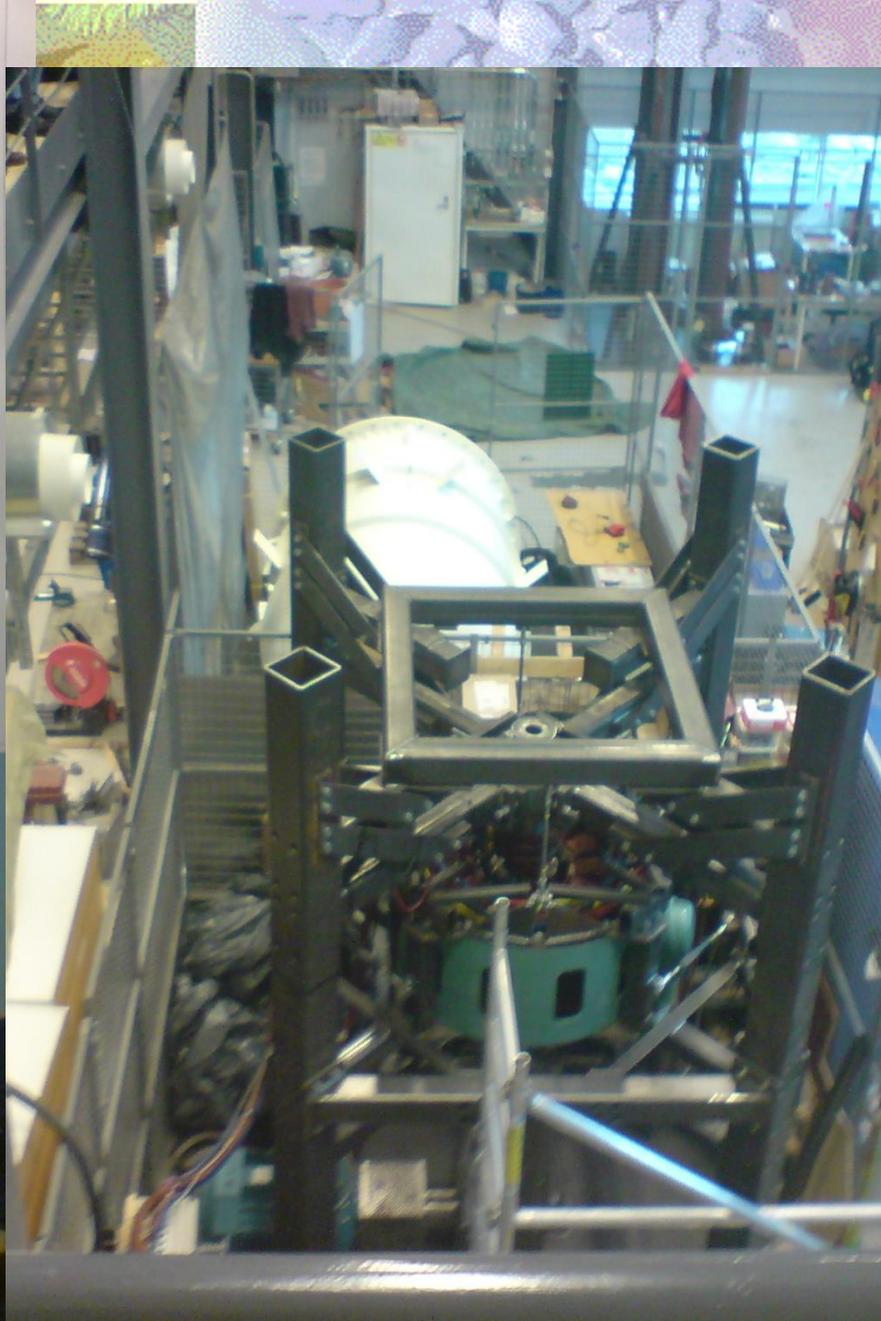
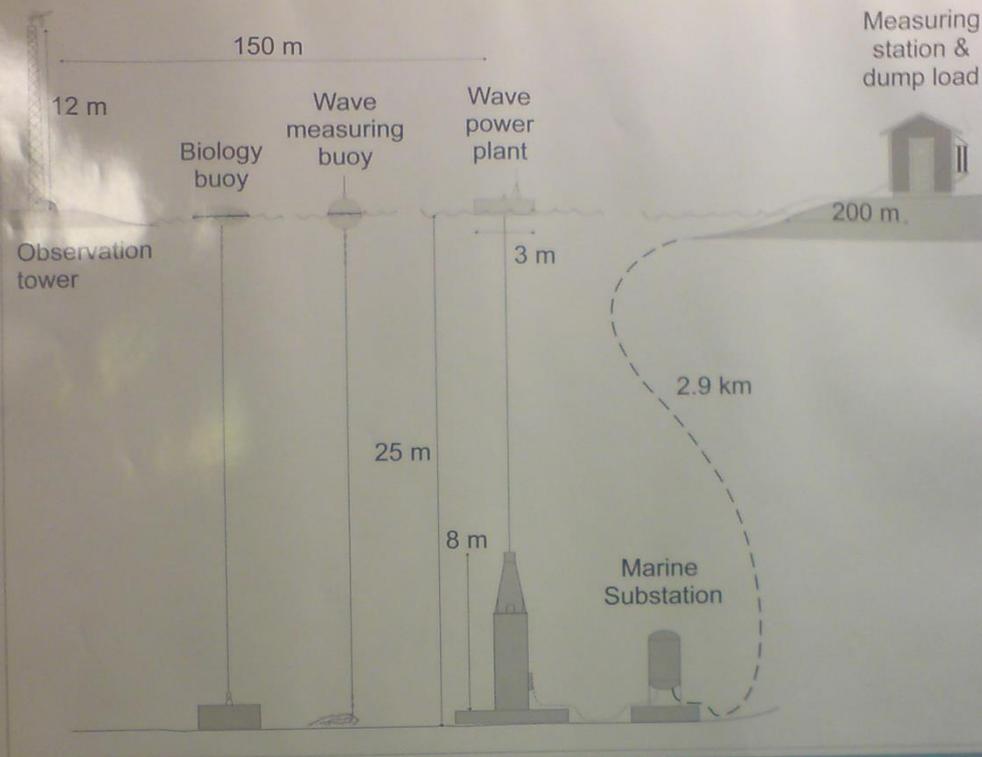


Test wind-power generator in  
Krasnoe Selo  
(St.Petersburg District)



on

r





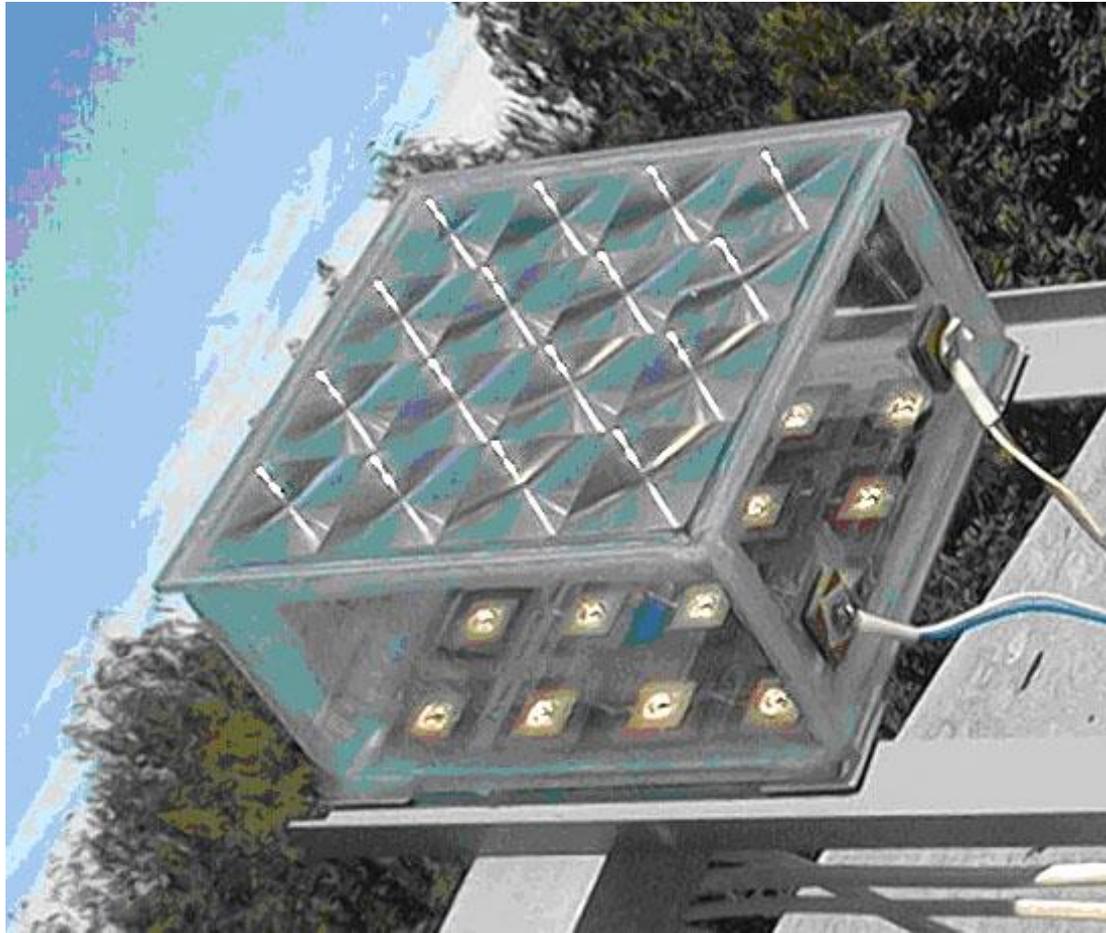
## Пути использования солнечной энергии:

- преобразование в электрическую;
- ❖ создание солнечных электростанций (СЭС), в которых теплоэлектропаровой котел ТЭС заменен на солнечный паровой котел;
- ❖ разработка полупроводниковых фотоэлектропреобразователей – фотоэлементов, превращающих солнечную энергию в электрическую
- получение тепловой энергии;
- производство биомассы, концентрирование солнечной энергии автотрофными организмами и последующее использование их химической энергии



# St.Petersburg: renewable sources of energy

Russian gallium arsenide photoelectric modules (efficiency 18-20%) that can significantly increase light concentration (by 2000 times) 25x25 mm each ):

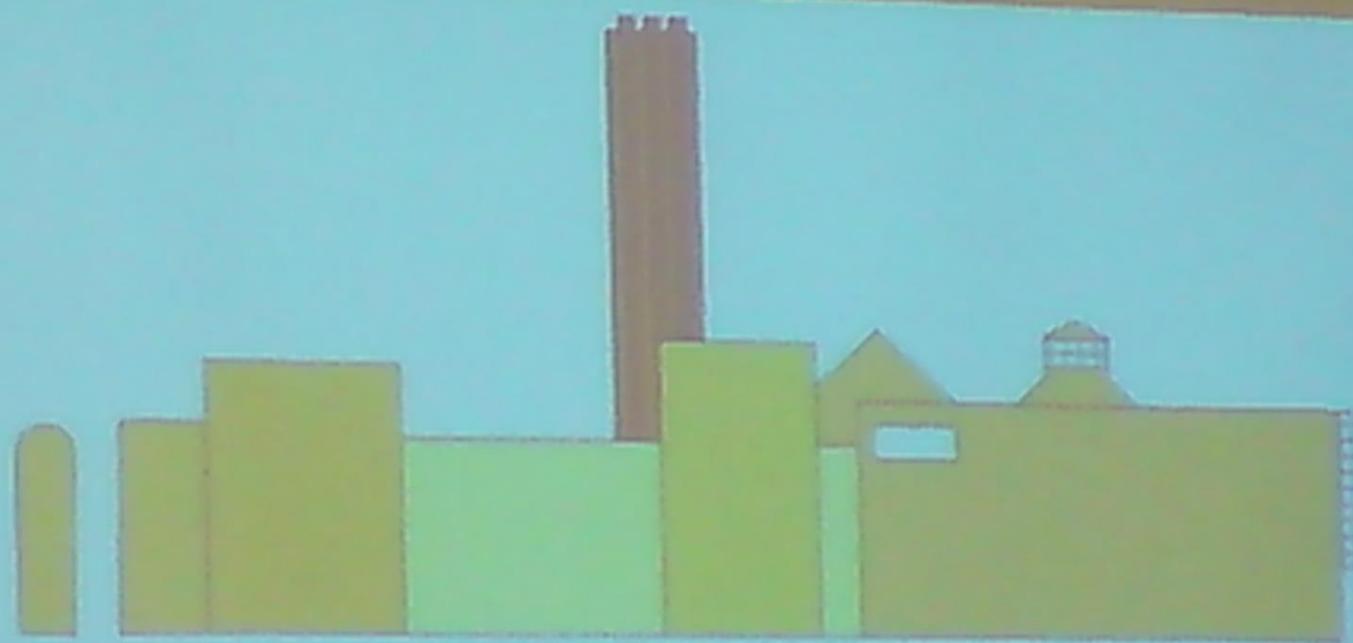




# Перспективные направления переработки биомассы

Вид энергетических ресурсов	Процессы переработки	Продукты переработки	Основные потребители
Сухая биомасса (древесина и отходы ее переработки)	Сжигание	Тепло, э/э	П,Б
	Газификация	Газообр. топливо (метанол, водород)	П,Т,Х
	Пиролиз	Нефть, смола, газ	П,Т
	Гидролиз	Этанол	Т,Х
Сточные воды животноводства, водные живые организмы	Анаэробная ферментация	Метан (Биогаз: метан-60-70%; углекисл.газ-30-35% др.примеси)	П,Б
Отходы пищевой промышленности (сахар, соки, целлюлоза)	Ферментация	Этанол	Т,Х

# Production facilities in Uppsala



CHP (combined heat and power plant)  
Products: heat, electricity  
Fuel: Peat/wood (oil)  
(0,66 TWh peat, 0,13 TWh wood)

The Boland plants  
Product: Heat  
Fuel: Peat/wood (electricity/oil)

Waste to energy plant  
Products: Heat, steam, cold  
Fuel: Waste (1 TWh)

External heat pumps  
Products: Heat, cold  
Fuel: waste heat, electricity

# Древесные пеллеты

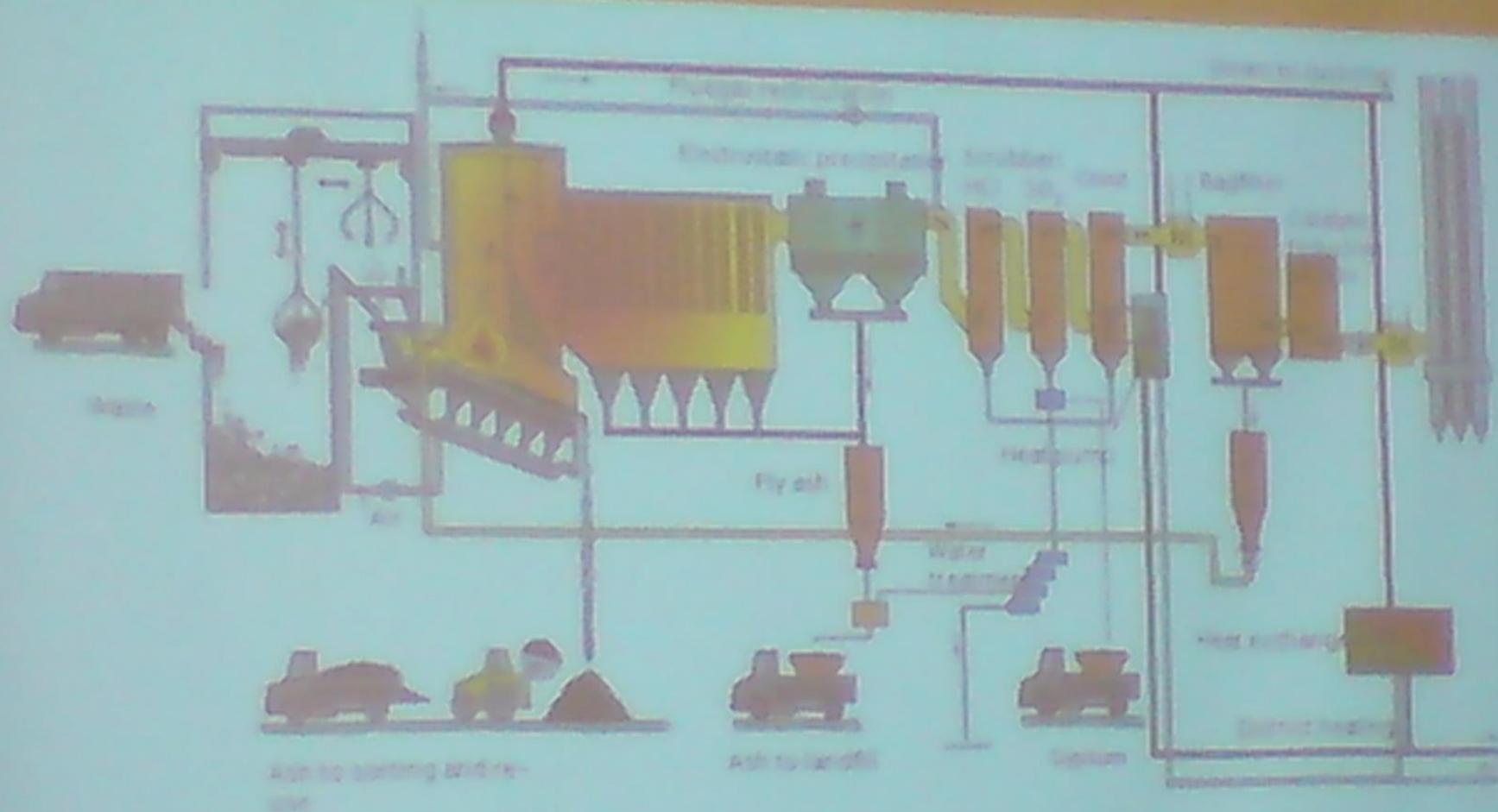


# Торфяные брикеты





# Uppsala waste-to-energy, Unit 5



## Emissions to air from Waste-to-Energy

	Emissions limit value	Results 2009	Average for the year
Dust, mg/m <sup>3</sup> as daily average	10	No day over 10	0.48
Mercury, µg/m <sup>3</sup> , measured twice a year	25	0.02-0.6	
Dioxins, ng/m <sup>3</sup> , measured twice a year	0.1	0.001-0.05	
Total organic carbon mg/m <sup>3</sup> as a daily average	10	No day over 10	0.93

Dust is interesting from an environmental perspective since it can carry both heavy metals and hydrocarbons (uncombusted). It is therefore important to keep dust emissions to a minimum. Mercury, on the other hand, is a heavy metal that is primarily not carried by dust, and is therefore reported separately. The amount of dioxins is tested randomly and can vary between different occasions. The total amount of organic carbon (TOC)

(indicator for uncombusted hydrocarbons such as dioxins) is continuously measured.

### Explanation

**mg** = milligram, thousandth of a gram

**µg** = microgram, millionth of a gram

**ng** = nanogram, billionth of a gram

## Emissions to water

Condensate from Waste-to-Energy

	Emission limits	Results 2009
Mercury kg per year, limit value	0.5	< 0.008
Lead kg per year, limit value	12.5	2.2
Cadmium kg per year, limit value	0.75	< 0.1
Dioxins, ng/l, measured twice a year, guideline value	0.1	< 0.006

Order our environmental report to see a complete presentation of emissions and environmental limits.

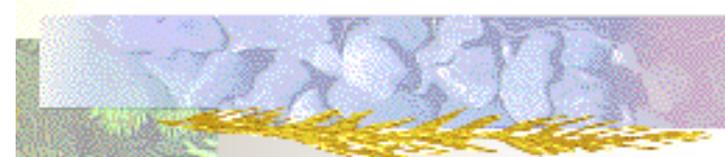
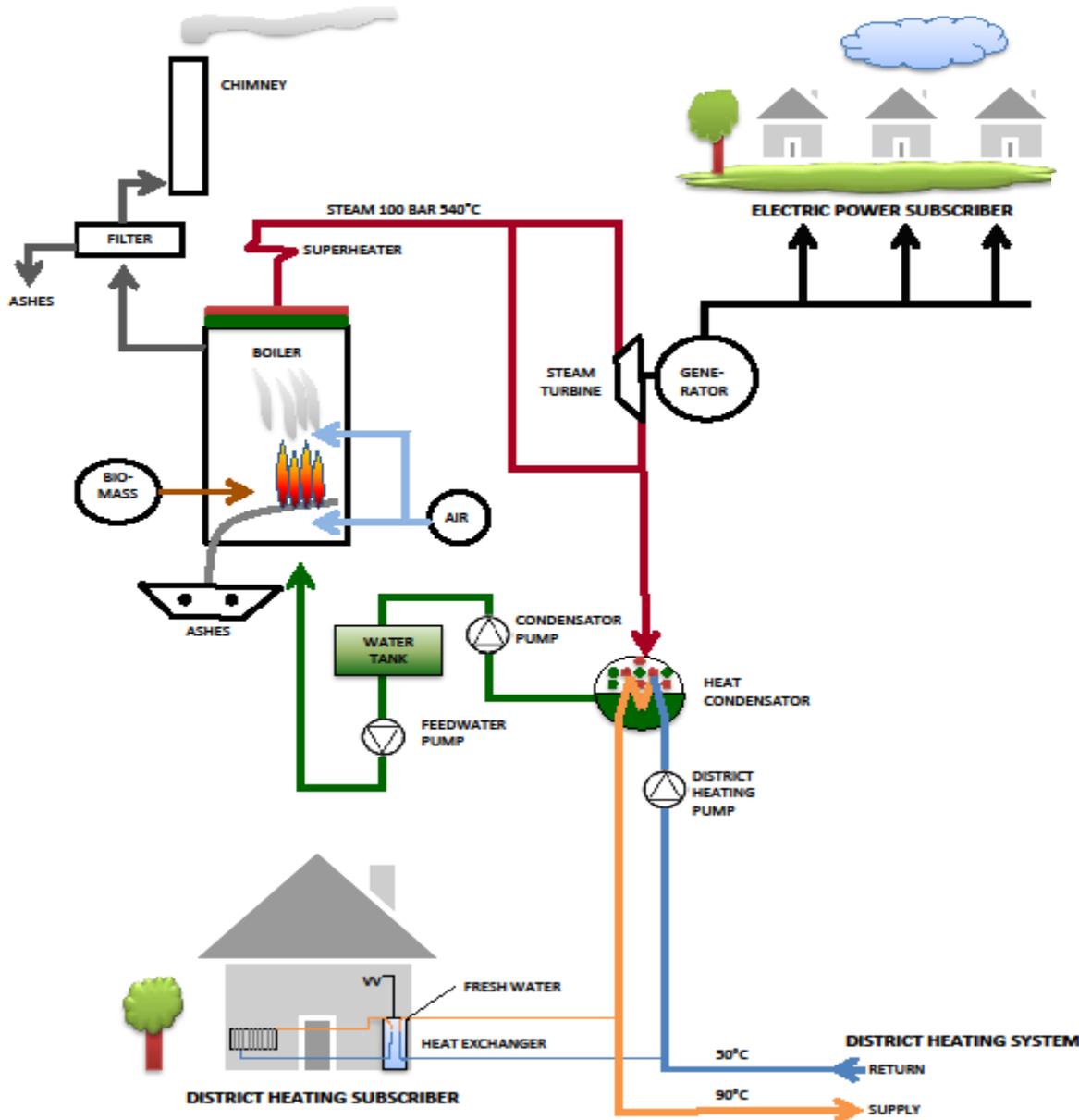
VATTENFALL 

- ← Kraftvärme  
Restaurang II
- Arbetasträning  
Gästmottagning  
Mekanisk Verkstad  
Personalparkering

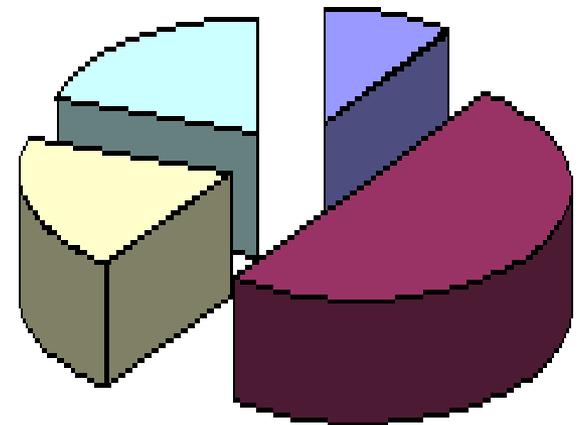




# How it works!



- Energy forests 10%
- Wood powder 50%
- Chip 20%
- Bark 20%



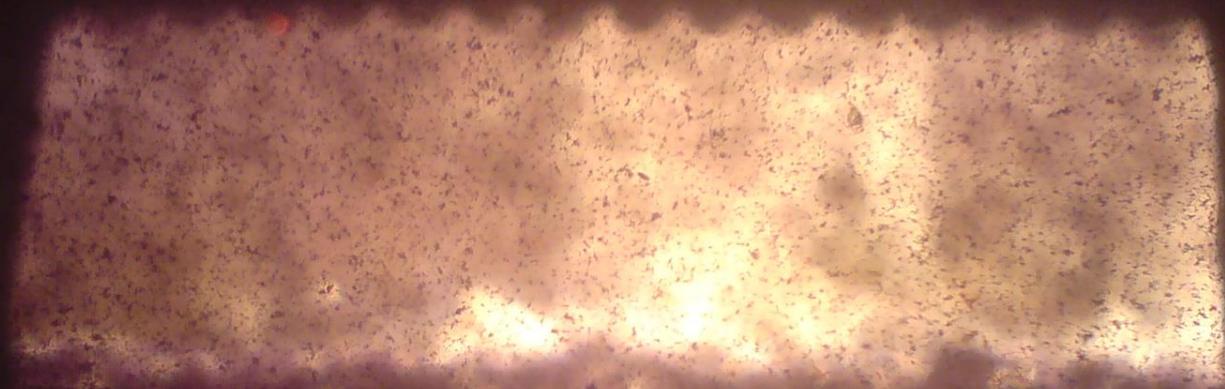
# Теплоснабжение в г. Enköping











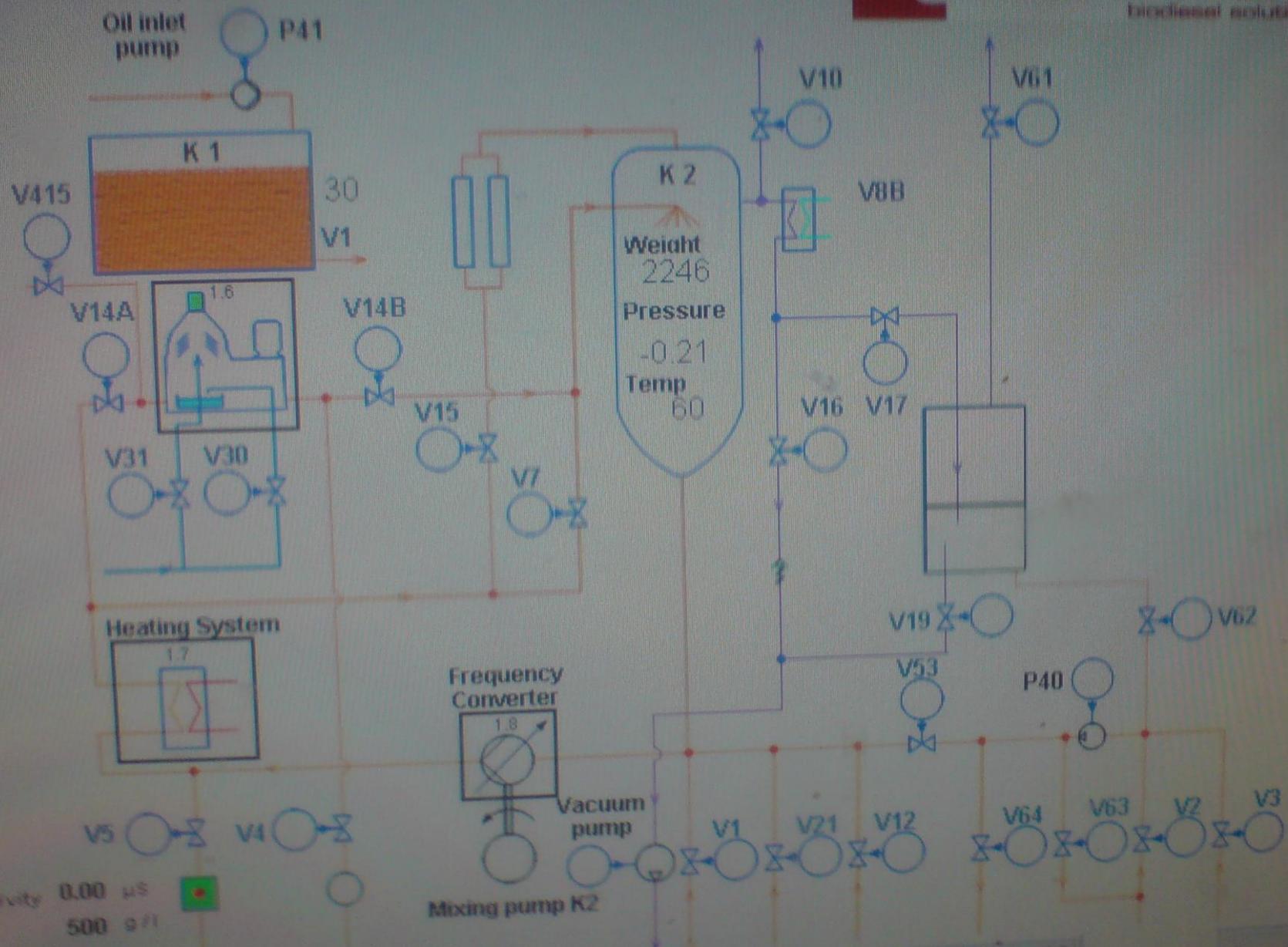




# Энергетический лес

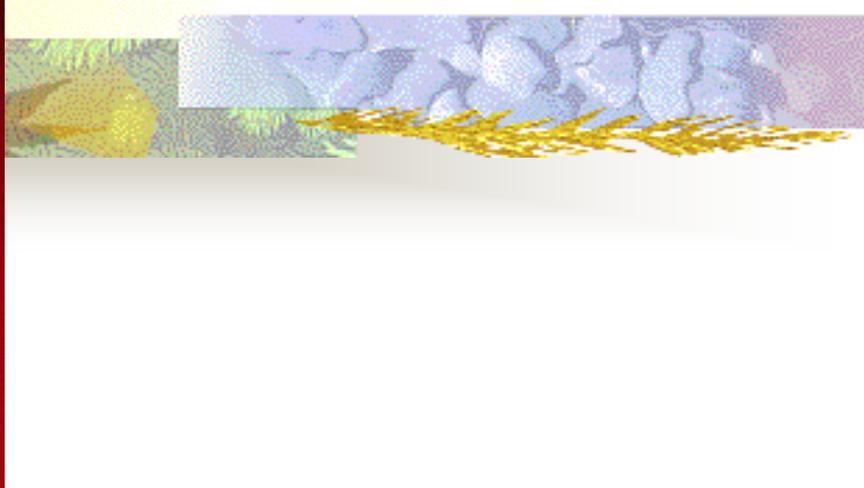


# Processor Overview



Conductivity 0.00  $\mu\text{S}$   
Density 500 g/l







BIOGASBUSS

GAMLA UPPSALA BUS

MAN

127

GUB  
Vi gör dig bra service

GUB  
GAMLA UPPSALA BUS





# ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА:

## АЭС

- ❖ реакторы на тепловых или медленных нейтронах, снабженные замедлителем нейтронов в активной зоне реактора; энергия урана используется только на 1-1,5%
- ВВЭР - водо-водяные энергетические реакторы (вода и в качестве замедлителя, и в качестве теплоносителя), работающие по двухконтурной схеме, общий КПД АЭС – 33 %;
- уран-графитовые реакторы (Чернобыльского типа) (замедлитель нейтронов – графит, а теплоноситель – вода), КПД АЭС – до 40%;
- ❖ реакторы на быстрых нейтронах или реакторы-размножители (можно поднять эффективность использования топлива до 30-40% и выше)

# ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА:

## Способы получения водорода:

- химический;
- электрохимический;
- биологический:

Процесс биофотолиза воды, т.е. использования механизма фотосинтеза для ее разложения под действием солнечного света с получением свободных кислорода и водорода

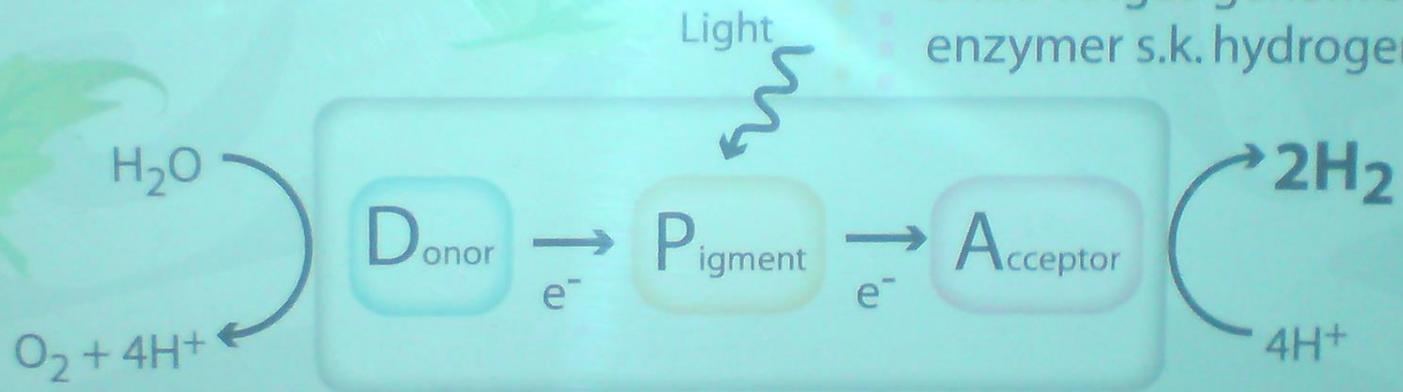
(например, на основе культуры микроскопической водоросли и термостойкой анаэробной цианобактерии)

# H<sub>2</sub> produktion

## Modellen

**Donor/Pigment:** Spjälkning av vatten sker naturligt i växter via fotosyntesen...

**Acceptor:** Många mikroorganismer, inkl. cyanobakterier, har förmågan bilda vätgas genom särskilda enzymer s.k. hydrogenaser.



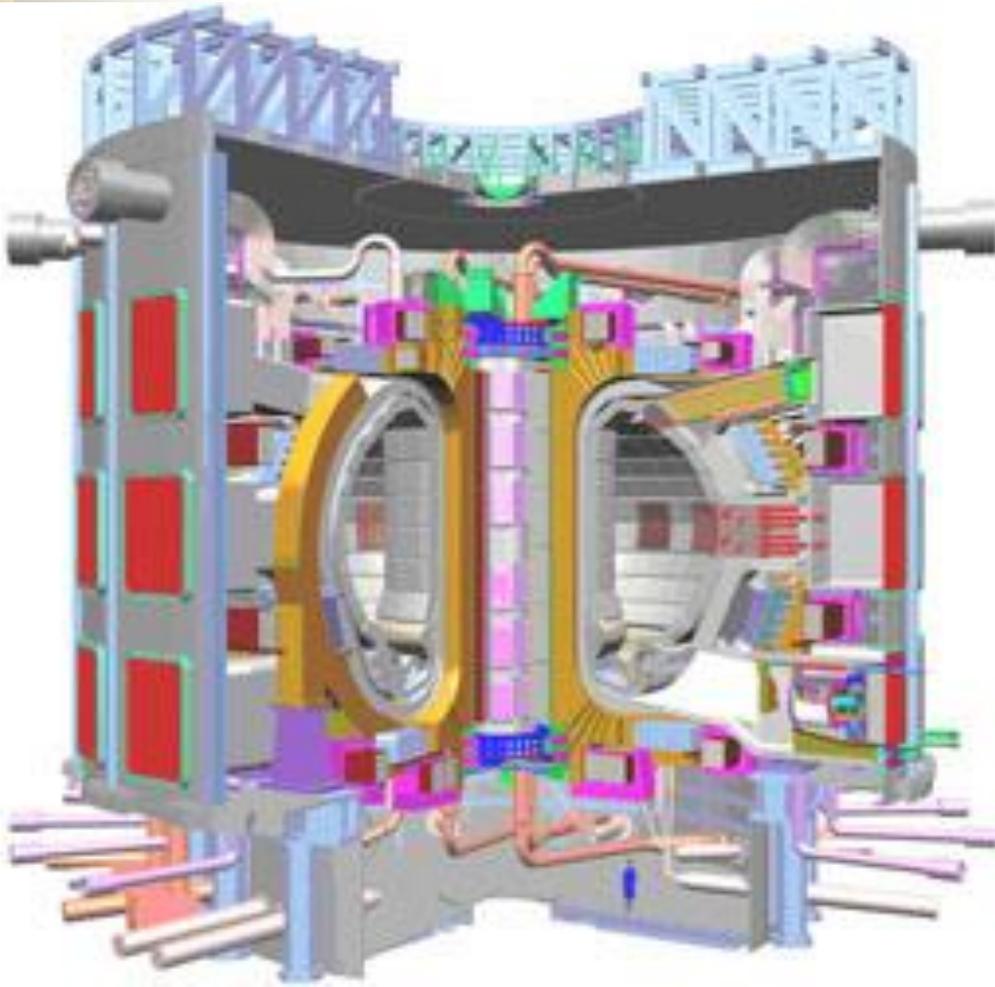
...i växter användes dock den absorberade solenergin inte för vätgasproduktion men för att bygga upp kolhydrater. Mekanismen för vattenspjälkning studerar vi med hjälp av EPR

Mekanismerna bakom denna vätgasproduktion hos cyanobakterier studerar vi med hjälp av molekylärteknik på både



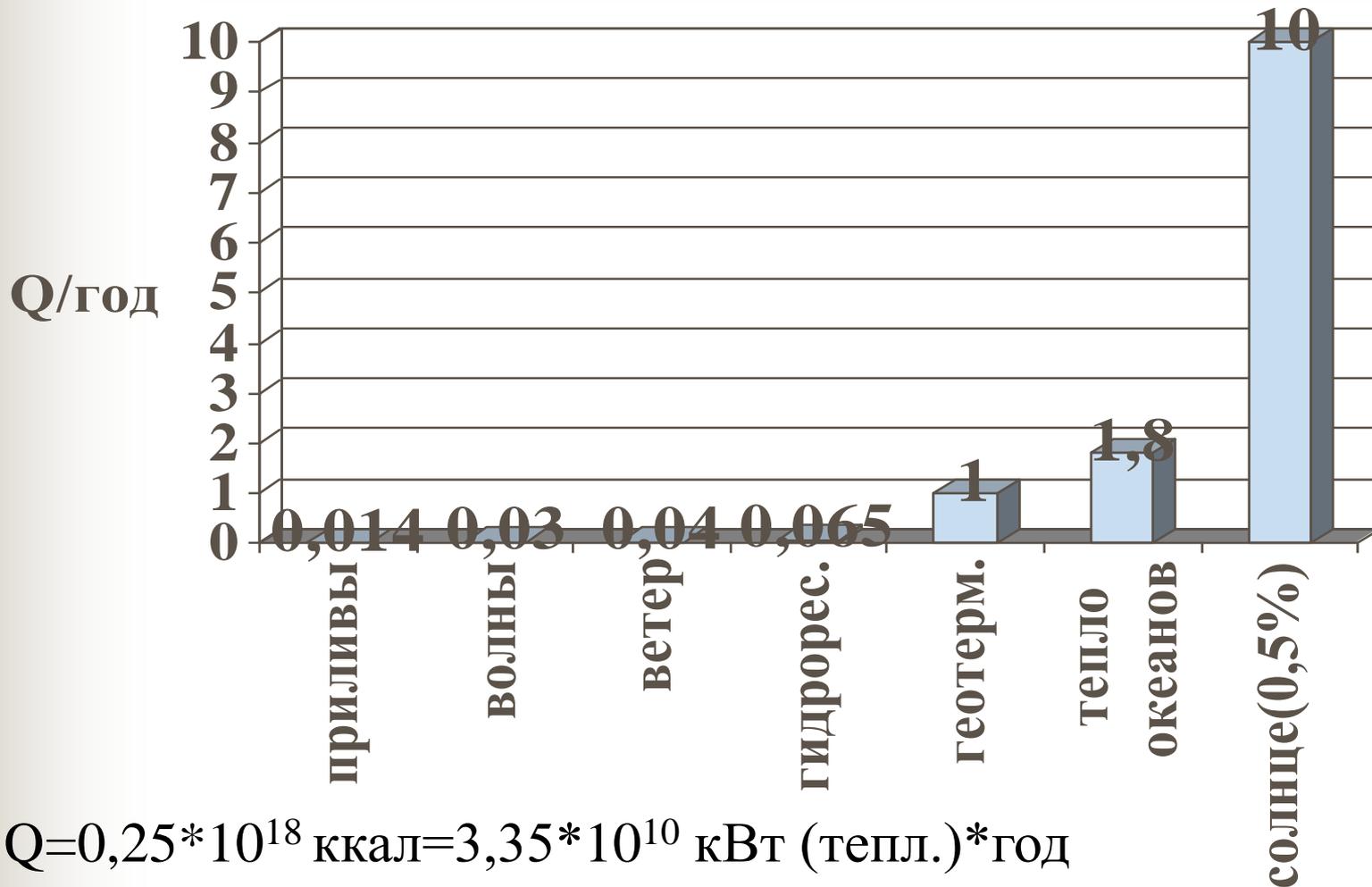
# The Future

## Controlled thermonuclear fusion?



International reactor ITER

# Потенциальные возможности возобновляемых источников энергии



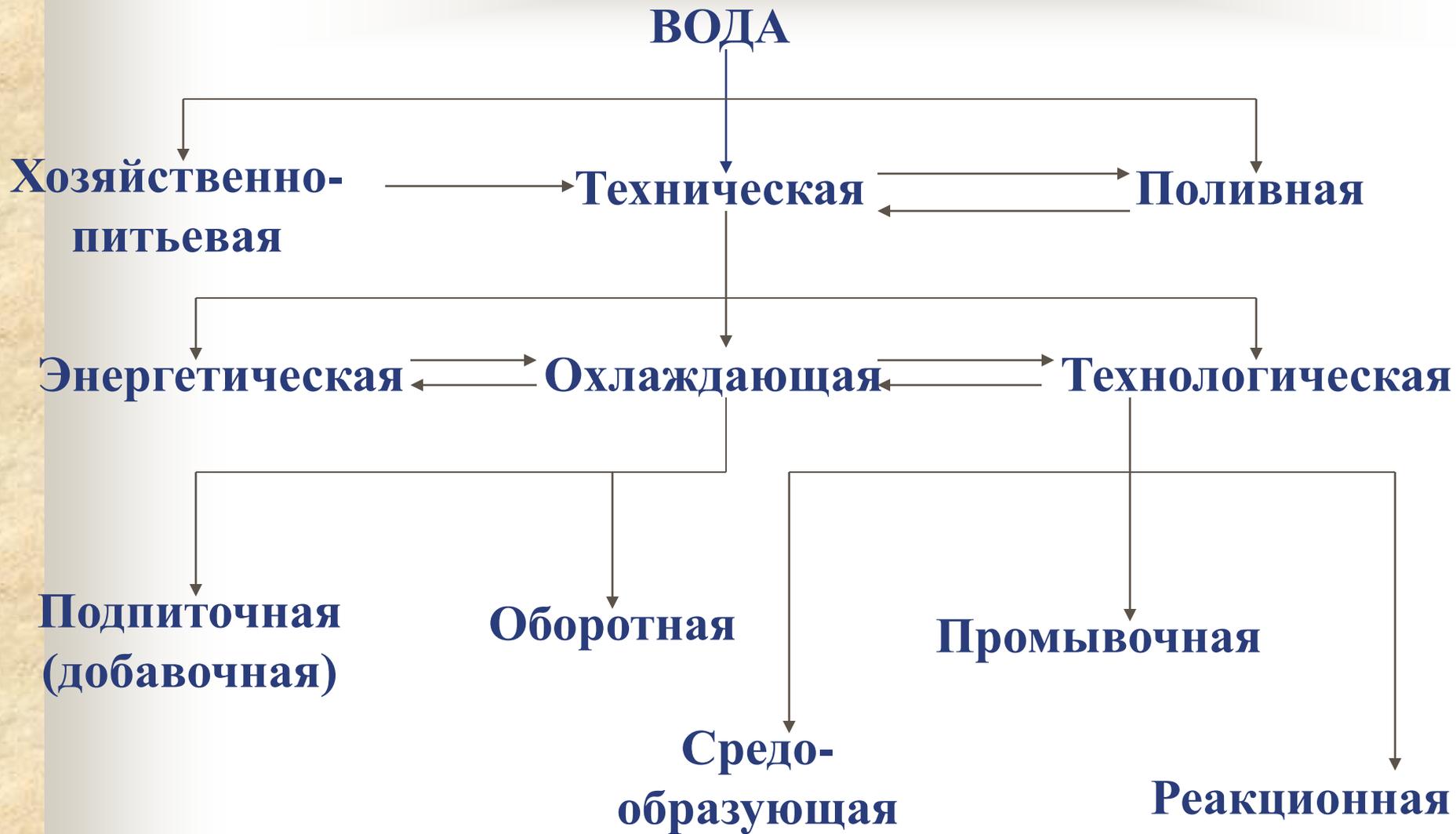
$1Q = 0,25 \cdot 10^{18}$  ккал =  $3,35 \cdot 10^{10}$  кВт (тепл.) \* год

От 22,7Q (разведанные месторождения) до 295Q (геологические запасы)

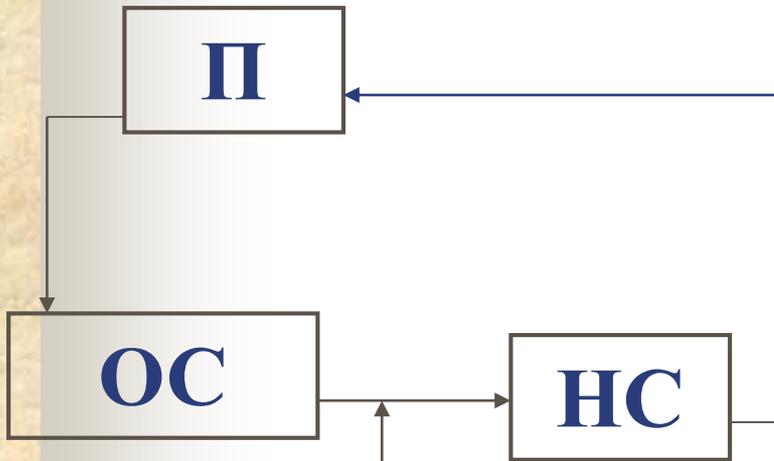
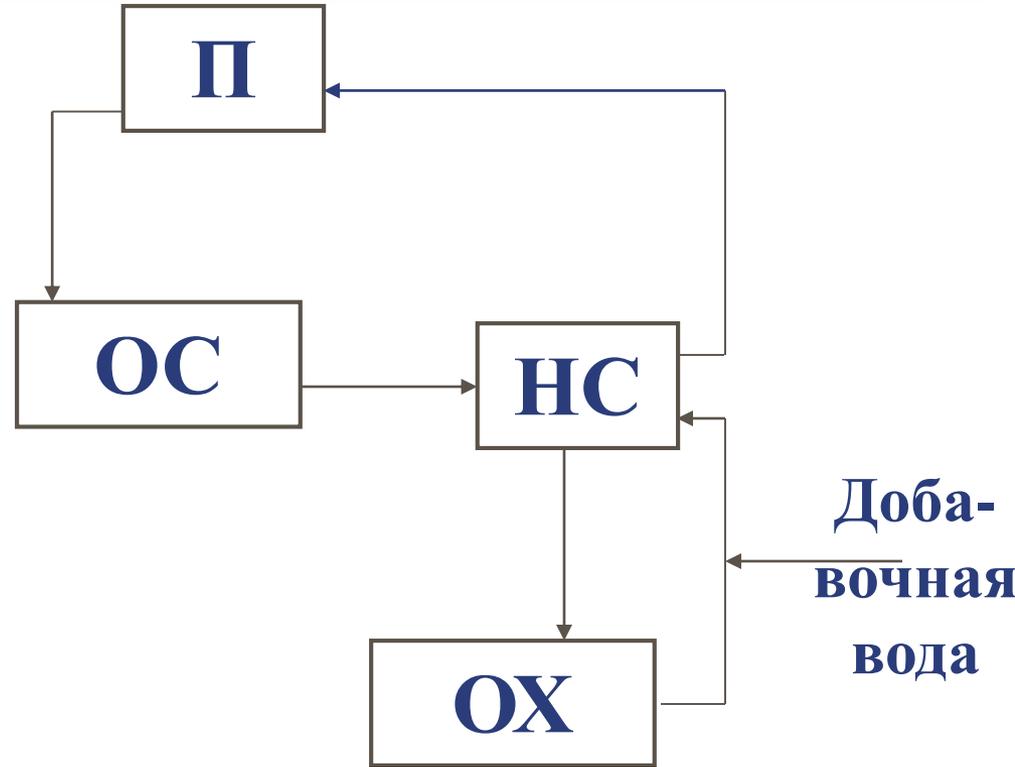
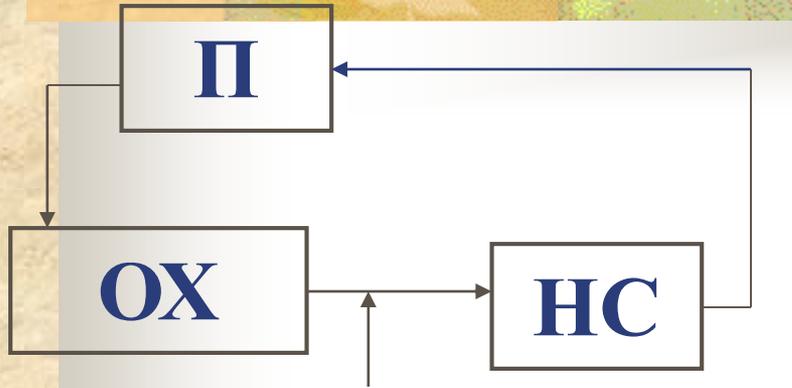


# **Технология очистки промышленных сточных вод**

# Классификация вод по целевому назначению



# СХЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ



б

П-производство; НС-насосная станция; ОХ-охлаждение воды; ОС – очистка сточной воды



**Процент оборота воды:**

$$P_{об} = Q_{об} / (Q_{об} + Q_{и})$$

**Коэффициент использования воды:**

$$K_{И} = (Q_{и} - Q_{сб}) / Q_{и} \leq 1$$

**Кратность использования воды:**

$$n = (Q_{об} + Q_{и} + Q_{с}) / (Q_{и} + Q_{с}) > 1$$

**Безвозвратное потребление воды и ее потери в производстве (в %):**

$$K_{П} = [(Q_{и} - Q_{сб}) / (Q_{об} + Q_{и})] \cdot 100,$$

где  $Q_{об}$  – количество оборотной воды ( $\text{м}^3/\text{ч}$ );  $Q_{и}$  – количество воды, забираемой из источника водоснабжения ( $\text{м}^3/\text{ч}$ );  $Q_{сб}$  – количество воды, сбрасываемой предприятием ( $\text{м}^3/\text{ч}$ );  $Q_{с}$  – поступление воды из сырья ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

*Требования к качеству воды в охлаждающей системе  
оборотного водоснабжения*

Показатель	Рекомендуемые нормы для промышленности		
	азотной	хлорной	нефтехимической
Температура, °С	28—30	25—30	До 28
Жесткость, экв/м <sup>3</sup> :			
Общая	1,5—2,5	5,5	До 15
Карбонатная	1,5—2,5	3	До 2,5
Общее солесодержание, г/м <sup>3</sup>	1200	800—1200	
Щелочность, экв/м <sup>3</sup>	—	2—4	3,5—4
Окисляемость перманганатная (на O <sub>2</sub> ), г/м <sup>3</sup>	15	8—10	До 15
ХПК (на O <sub>2</sub> ), г/м <sup>3</sup>	—	70	
Содержание, г/м <sup>3</sup> :			
Взвешенных частиц	20—30	10—20	До 30
Масла и смолобразующих веществ	0,3	0	—
ПАВ	0	0	—
Хлоридов (Cl <sup>-</sup> )	До 350	150—300	350
Сульфатов (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	500	350—500	500
Фосфатов (на PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	6	1,5—9	—
Соединений азота (на NH <sub>3</sub> )	2,4	0,12—2,4	—
Ионов тяжелых металлов	—	0	0,5
Растворенного кислорода (на O <sub>2</sub> )	—	6—8	—
Остаточного активного хлора	—	До 1,0	—
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	7-8,5

## Материальный баланс оборотной системы:

$$Q_{\text{ун}} + Q_{\text{сб}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{пр.п}} + Q_{\text{исп}} = Q_{\text{п}},$$

где  $Q_{\text{ун}}$  – количество воды, уносимой в виде капель ветром на градирнях;  $Q_{\text{сб}}$  – количество оборотной воды, сбрасываемой для «продувки»;  $Q_{\text{ф}}$  – потери воды с осадками при фильтровании;  $Q_{\text{пр.п}}$  – производственные потери воды;  $Q_{\text{исп}}$  – количество воды, испаряющейся на градирне;  $Q_{\text{п}}$  – расход подпитывающей воды на компенсацию всех потерь оборотной воды в системе

## Материальный баланс по солям:

$$Q_{\text{п}} c_{\text{п}} = (Q_{\text{ун}} + Q_{\text{сб}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{пр.п}}) c_{\text{об}}$$

$$c_{\text{п}} = c_{\text{об}} (Q_{\text{ун}} + Q_{\text{сб}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{пр.п}}) / Q_{\text{п}}$$

где  $c_{\text{п}}$  – содержание солей в подпитывающей системе;  $c_{\text{об}}$  – общее содержание солей, удаляемое из системы с потерями воды

*Требования к качеству воды для подпитки теплообменных систем оборотного водоснабжения в химической промышленности*

Показатель	Оборотная вода	Подпитывающая вода	
		при работе со сбросом 8% воды (с продувкой)	при работе без сброса (замкнутый цикл)
<b>Жесткость, экв/м<sup>3</sup>:</b>			
Карбонатная	2,5	2	0,9
Постоянная	5	4	1,9
Общее солесодержание, г/м <sup>3</sup>	1200	900	445
Окисляемость перманганатная (на O <sub>2</sub> ), г/м <sup>3</sup>	8—15	11,8—12,8	3-5,7
ХПК (на O <sub>2</sub> ), г/м <sup>3</sup>	70	55	26
<b>Содержание, г/м<sup>3</sup>:</b>			
Хлоридов (Cl <sup>-</sup> )	300	237	112
Сульфатов	350—500	277—395	119—187
Фосфора и азота (сумма)	3	2,4	1,1
Взвешенных частиц	30	23,6	11,2
Масла и смолообразующих веществ	0,3	0,25	0,10

Удельные расходы воды и объемы сточных вод для некоторых производств химической и нефтехимической промышленности (в м<sup>3</sup> на 1 т продукции)

Вид продукции	Оборотная и последовательно используемая вода	Свежая вода из источника	Всего	Безвозвратное потребление и потери воды	Сточная вода
Сложные удобрения	47	5	52	2,1	2,9
Азотные удобрения	57,3	4,3	61,6	3,4	0,9
Химические средства защиты растений	290	2	292	1,25	0,75
Сода:					
Кальцинированная	120	5	125	3	15,2
Каустическая (известковый способ)	122	1,5	123,5	1,5	0
Серная кислота	72	5	77	2	3
Синтетические волокна	2300	290	2590	95	195
Поликарбонатные и полиформальдегидные смолы	1028	50	1078	39	11
Нефтехимические производства (на 1 т нефти)	51	1,4	52,4	1,1	0,3

### Требования к качеству технологической воды

Показатель	Промышленность химических волокон	Химическая промышленность (наиболее жесткие требования)	Производство неотбеленной целлюлозы	Производство пара в котлах высокого давления (5—10 МПа)
Общая жесткость, экв/м <sup>3</sup>	0,035	0,012	5	0,035
Содержание, г/м <sup>3</sup> :				
диоксида кремния	—	50	50	0,7
меди	—	—	—	0,05
марганца	0,03	—	—	—
железа	0,05	0,1	0,1	0,05
кислорода	—	—	—	0,3
нитратов и нитритов	—	—	—	—
pH	7—8	6,2—8,3	6—10	8—10
Цветность, град	5	20	—	—

Производство	Количество сточных вод, м <sup>3</sup> /т продукции	Загрязняющие вещества	Концентрация, кг/м <sup>3</sup>
Аммиака: после медно-аммиачной очистки с газовым конденсатом	0,17 1,17	Аммиак Медь Бикарбонат натрия Аммиак Метанол и формальдегид Диоксид углерода	0,5 1,0 До 1,0 0,8 0,10 0,16
Азотной кислоты (после продувки котлов-утилизаторов)	0,06	Сульфат кальция	3,0
Аммиачной селитры (после ионообменного обессоливания воды)	0,08	Хлорид кальция Хлорид магния Хлорид натрия	2,62 1,56 5,46
Карбамида (с конденсатором сокового пара)	0,45	Аммиак Карбамид	0,1 1,0
Метанола (кубовый остаток после установок ректификации)	1,0	Метанол	2,0
Кальцинированной соды	8,0—10	Взвешенные частицы Хлорид кальция Сульфат кальция Хлорид натрия Гидроксид аммония	20—24 110—120 0,70-0,80 50—60 0,10—0,12
Двойного суперфосфата: после упаривания фосфорной кислоты после грануляции	0,06—0,08 0,08—0,12	Кремнефтористоводородная кислота Фосфорная кислота Сульфат кальция Взвешенные частицы Фосфорная кислота Кремнефтористоводородная кислота	0,10 0,5—0,6 60—70 35—40 3—4 23—25
Нитроаммофоски (после получения сплава аммиачной селитры)	16—18	Взвешенные частицы Содержание солей	0,1—0,2 0,6
Соляной кислоты	12—13	Соляная кислота	До 0,01
Нитробензола	50—60	Серная и азотная кислоты, нитробензол	1,0—2,0
Адипиновой кислоты	8,0	Нитрат натрия Оксалат натрия	5,0 1,5

# Классификация примесей воды

Показатели	Примеси			
	гетерогенные		гомогенные	
	1 гр	2 гр	3 гр	4 гр
Размер частиц, м	$10^{-3}$ - $10^{-5}$	$10^{-7}$ - $10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$
Характеристика системы	Взвеси (суспензии, эмульсии, патогенные микроорганизмы и планктон)	Коллоидные частицы (коллоиды, ВМС)	Молекулярные растворы, растворенные газы и орган. вещества	Ионные растворы, электролиты (соли, кислоты, основания)
Влияние примесей на систему	Вызывают помутнение воды	Обуславливают окисляемость и цветность	Придают воде запахи и привкусы	Обуславливают минерализацию

# ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ СУСПЕНДИРОВАННЫХ НЕРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ

## Методы очистки от грубодисперсных примесей

Отстаивание

Процеживание и фильтрация

Флотация

Осветление во взвешенном осадке

Центробежное фильтрование и отстаивание

## Методы очистки от мелкодисперсных примесей

Коагуляция

Флокуляция

Электрокоагуляция

Электрофлотация

## Методы устранения и уничтожения примесей

Устранение

Закачка в скважины

Захоронение

Закачка в глубины морей

Термическое уничтожение

# ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ РАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ

## Методы очистки от минеральных примесей

Дистилляция

Ионный обмен

Обратный осмос

Электродиализ

Замораживание

Реагентные методы

## Методы очистки от органических примесей

### Регенеративные

Экстракция

Ректификация

Адсорбция

Обратный осмос и ультра-фильтрация

### Деструктивные

Биохимические

Жидкофазного окисления

Парофазного окисления

Окисления

Радиационного окисления

Электрохимического окисления

## Методы очистки от газов

Отдувка

Нагрев

Реагентные методы

Методы устранения и уничтожения примесей

## Эффективность обезвреживания сточных вод (%):

$$\eta = (G_H - G_K) / G_H \cdot 100 = 1 - (Q_K C_K) / (Q_H C_H) \cdot 100$$

где  $G_H$  и  $G_K$  – массовый расход загрязнения в сточных водах до очистки и после очистки (кг/с);  $Q_H$  и  $Q_K$  – объемный расход сточных вод до очистки и после очистки (м<sup>3</sup>/ч);  $C_H$  и  $C_K$  – концентрация загрязнения в сточной воде до очистки и после очистки (кг/м<sup>3</sup>)

Если  $Q_H = Q_K$ , то  $\eta = (C_H - C_K) / C_H$

Если очистка от загрязнения производится последовательно несколькими методами, то суммарная степень очистки равна:  $Q_H = Q_K$ , то  $\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)$ ,

где  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$  – степень очистки сточных вод первым, вторым, n методами

Для оценки санитарной эффективности рекомендуется показатель КБ (контроль биосферы):

$$КБ_V = C_K / ПДК_V$$

Тогда санитарная эффективность метода обезвреживания принимается равной:

$$СЭ_V = \eta / КБ_V = \eta \cdot ПДК_V / C_K$$

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1$$

$$dV / Fd\tau = \Delta P / \mu (R_{oc} + R_{\phi.n})$$

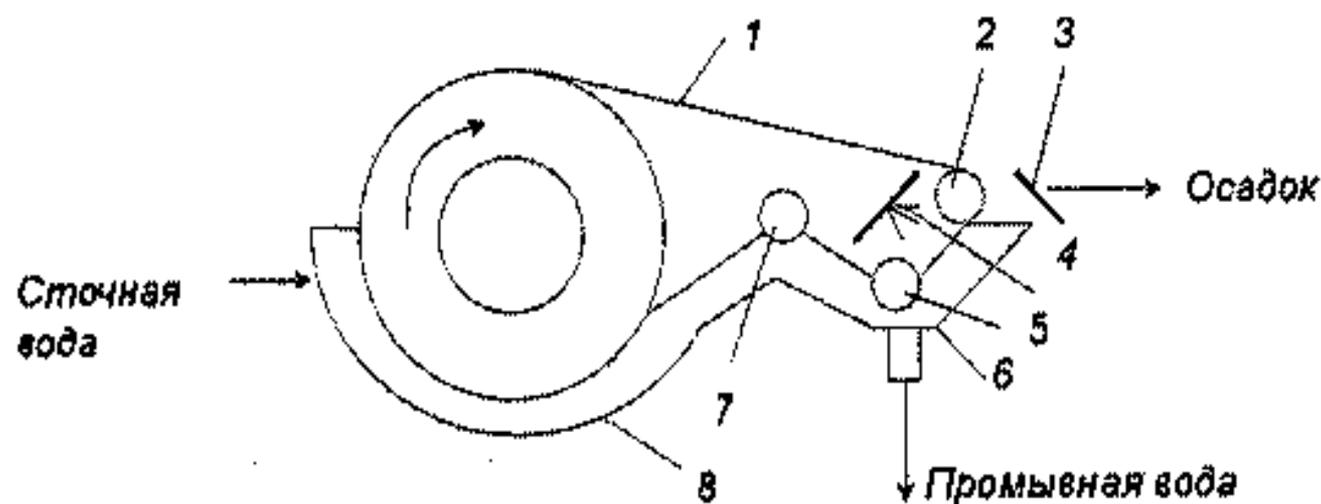
$$dV / Fd\tau = \Delta P / \mu r_o (x_o V / F + R_{\phi.n})$$

$$\tau = \mu r_o V / \Delta P F (x_o V / F + R_{\phi.n})$$

$$\Delta P = \mu r_o V / \tau F (x_o V / F + R_{\phi.n})$$

## Характеристика фильтров периодического и непрерывного действия

Факторы, влияющие на выбор фильтра	Фильтры периодического действия			Фильтры непрерывного действия		
	Нутч-фильтры	Листовые	Фильтр-прессы	Барабанные	Дисковые	Ленточные
Начальная концентрация суспензий, % (об.):						
до 0,5	1	2	2	—	—	—
до 1	2—3	1—2	1	—	—	—
до 1,5	4	3—4	2—3	1—2	2	1
Возможность получения чистого фильтрата	1—2	1	1	3	3	4
Возможность промывки	4	3	2	1	—	2
Возможность изготовления из кислотной стали	1	4	4	1	4	3
Обозначения, характеризующие технико-экономические показатели фильтров: 1 — высокие; 2 — хорошие; 3 — удовлетворительные; 4 — низкие (применяются при крайней необходимости); прочерк — неудовлетворительные (неприменимость данного фильтра).						



Барабанный вакуум-фильтр со сходящим полотном: 1 — фильтровальная ткань; 2, 5, 7 — ролики; 3 — нож; 4 — сопло для подачи промывной воды; 6 — лоток для удаления промывной жидкости; 8 — корыто

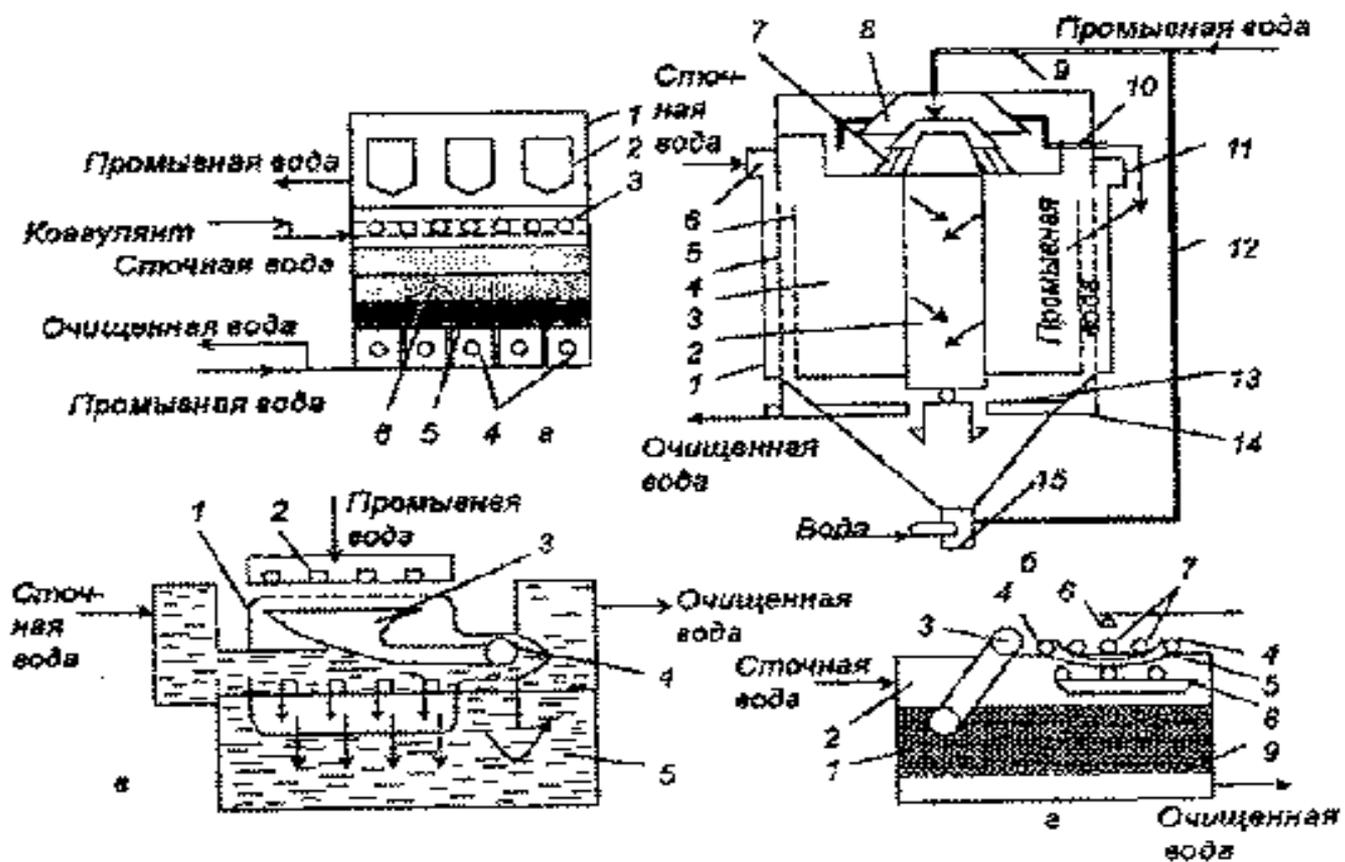
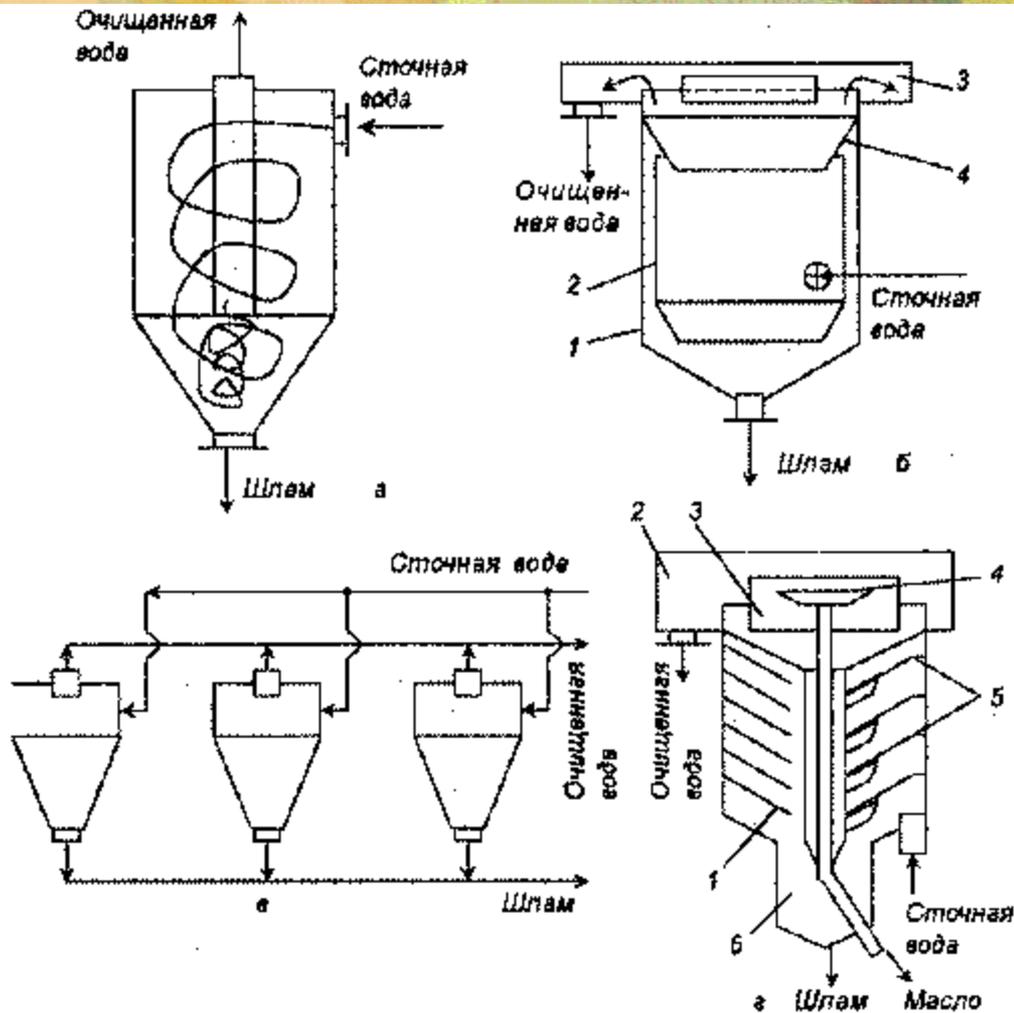
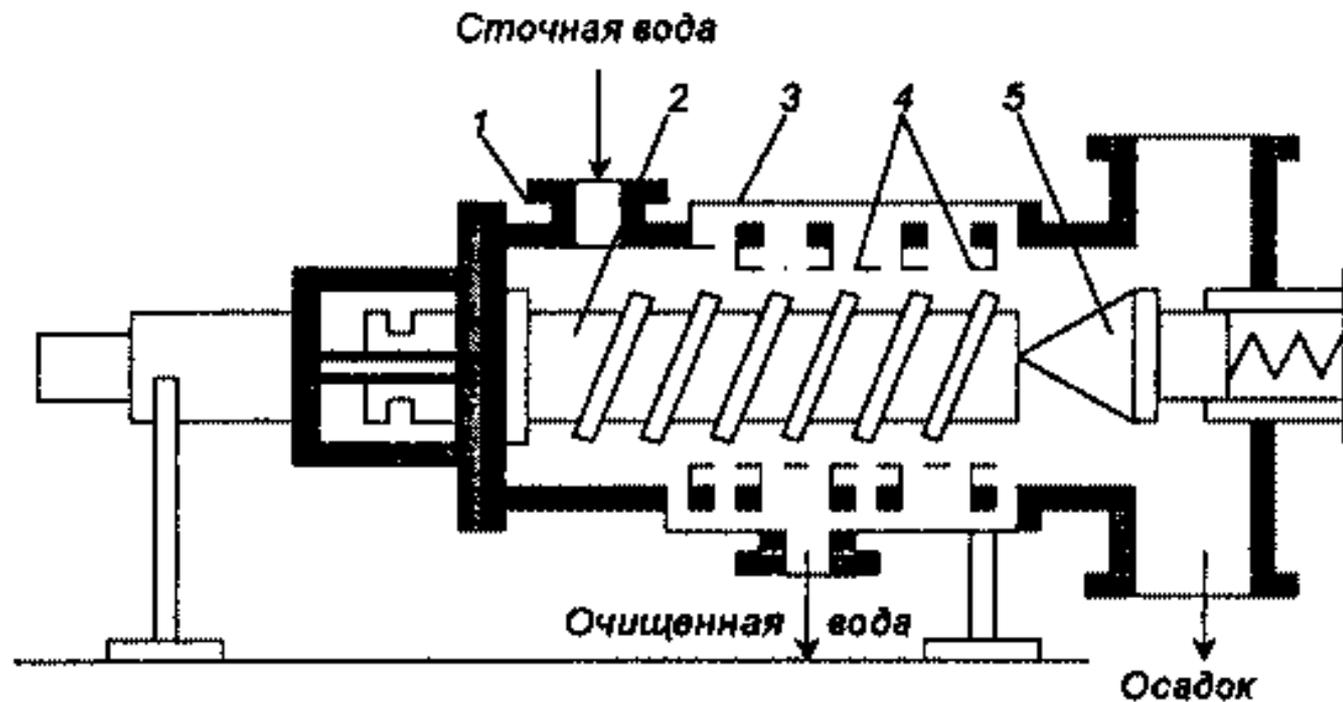


Рис. П-12. Фильтры: а — скоростной контактный: 1 — корпус, 2 — система удаления промывных вод, 3 — система подачи сточных вод, 4 — система подачи промывных вод, 5 — пористый дренаж, 6 — фильтрующий материал; б — с подвижной загрузкой: 1 — корпус, 2 — дренажная камера, 3 — средняя камера, 4 — каналы, 5 — шелевые трубы, 6 — ввод сточной воды, 7 — классификатор, 8 — промывное устройство, 9 — труба для подачи промывной воды, 10 — ствод промывной воды, 11 — коллектор, 12, 13 — трубы, 14 — кольцевой коллектор, 15 — гидроземлетор; в — микрофильтр: 1 — вращающийся барабан, 2 — устройство для промывки, 3 — лоток для сбора промывных вод, 4 — труба для отвода промывных вод, 5 — камера для удаления осветленной воды; г — с пенополиуретановой загрузкой: 1 — слой пенополиуретана, 2 — камера, 3 — элеватор, 4 — направляющие ролики, 5 — лента, 6 — ороситель, 7 — отжимные ролики, 8 — емкость для регенерата, 9 — решетчатая перегородка



Гидроциклоны: *а* — напорный; *б* — с внутренним цилиндром и конической диафрагмой; 1 — корпус, 2 — внутренний цилиндр, 3 — кольцевой лоток, 4 — диафрагма; *в* — блок напорных гидроциклонов; *г* — многоярусный гидроциклон с наклонными патрубками для отвода очищенной воды: 1 — коническая диафрагма, 2 — лоток, 3 — водослив, 4 — маслоотборная воронка, 5 — распределительные лотки, 6 — шламотводящая щель



1. Червячный отжимной аппарат: 1 — воронка; 2 — отжимной червяк; 3 — корпус; 4 — набор пластин; 5 — прижимная головка



# *Технология очистки СВ химическими методами*

**Установки для нейтрализации СВ. Реагенты для нейтрализации. Очистка вод окислением и восстановлением загрязняющих веществ. Характеристика окислителей. Окисление газообразным хлором и хлорсодержащими веществами, перманганатом калия, пероксидом водорода, пероксосерными кислотами, пиролюзитом, кислородом воздуха. Очистка СВ озоном. Деструктивные свойства озона, методы его получения и последствия использования. Очистка восстановлением. Характеристика восстановителей. Схемы очистки СВ от соединений мышьяка и хрома. Характеристика методов. Схемы установок.**

# Химические методы очистки сточных вод

## Нейтрализация

- Смешиванием
- Добавлением реагентов
- Фильтрованием через нейтрализующие материалы
- Кислыми газами

## Окисление

- Хлором
- Пероксидом водорода
- Кислородом воздуха
- Пиросульфитом
- Озоном

## Восстановление

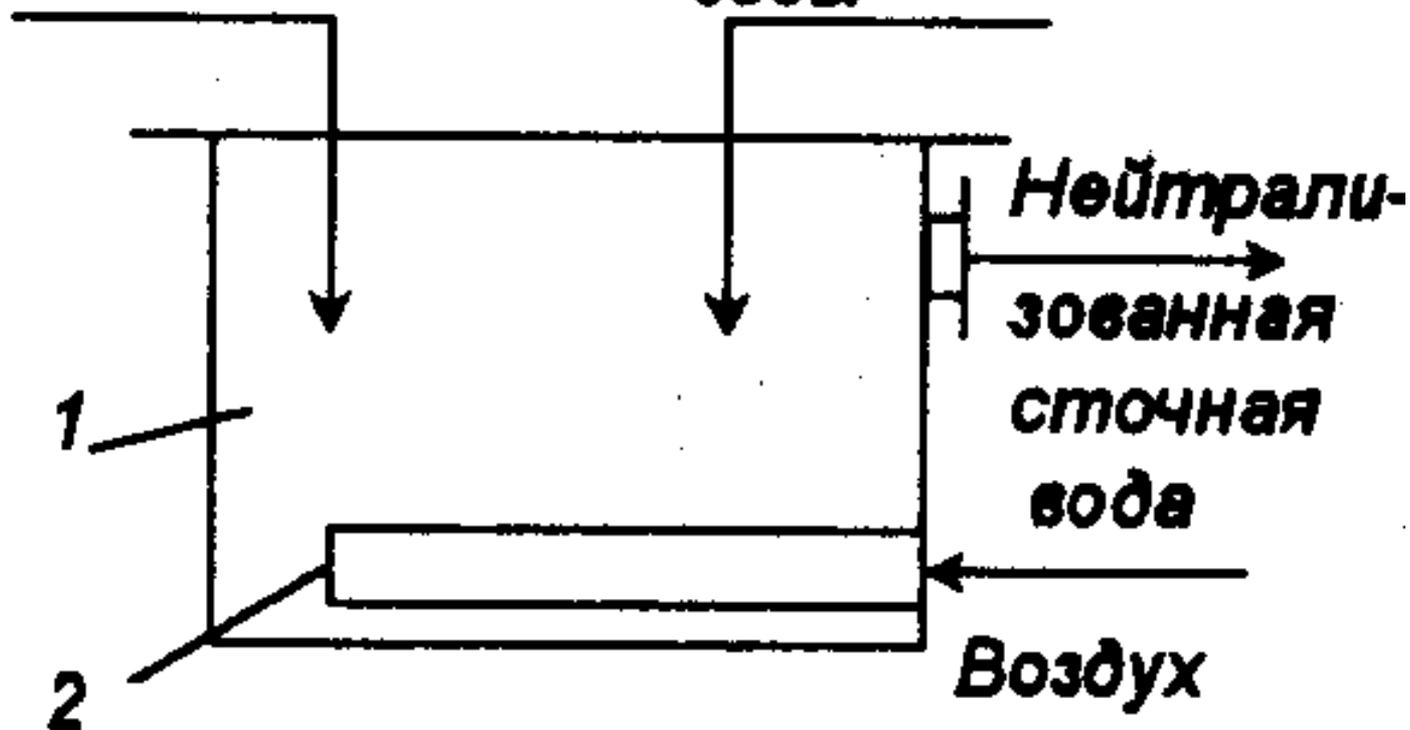
Реагентное осаждение  
(удаление ионов тяжелых металлов)



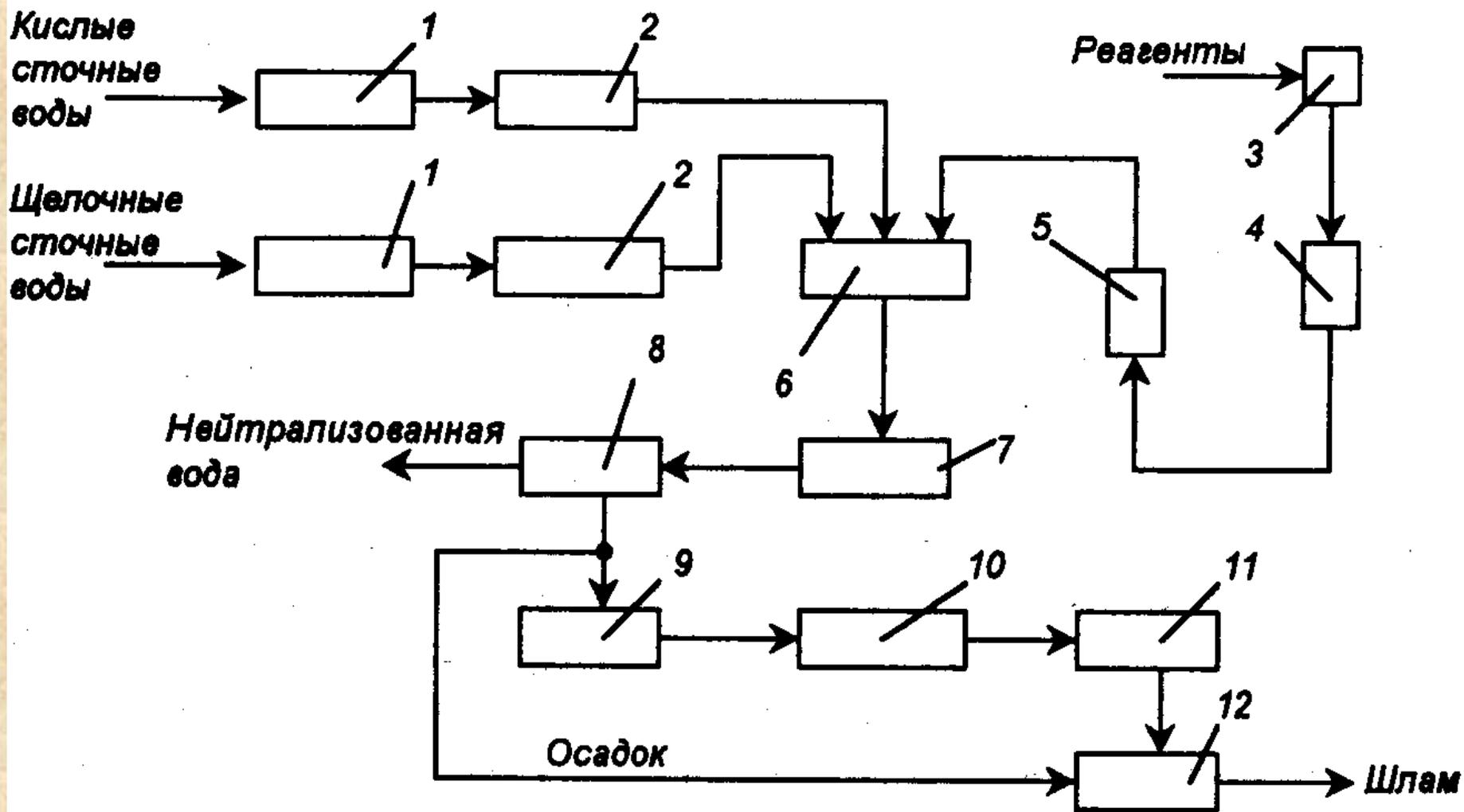
# Нейтрализация

**Кислые  
сточные  
воды**

**Щелочные  
сточные  
воды**

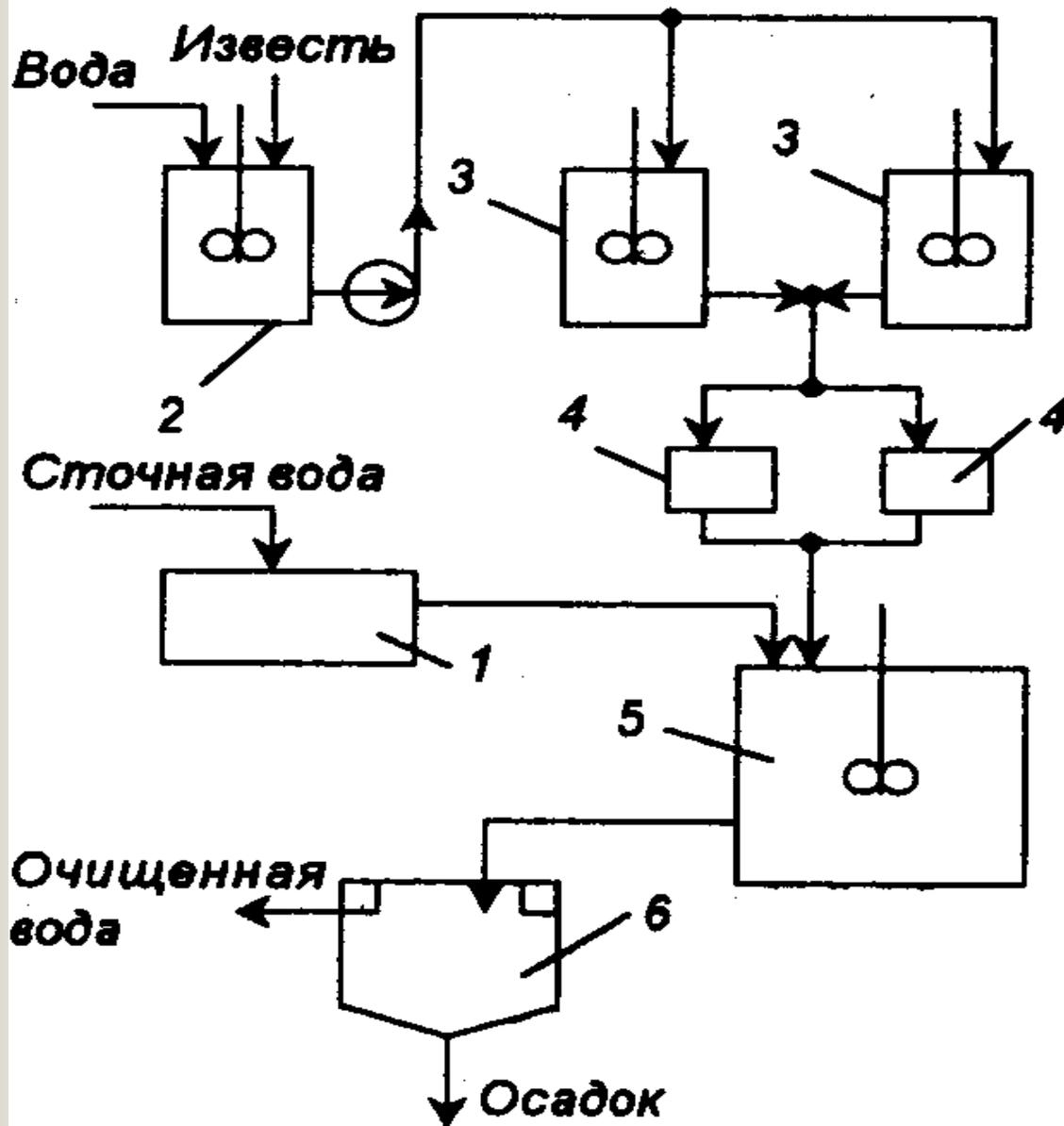


# СХЕМА СТАНЦИИ РЕАГЕНТНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ



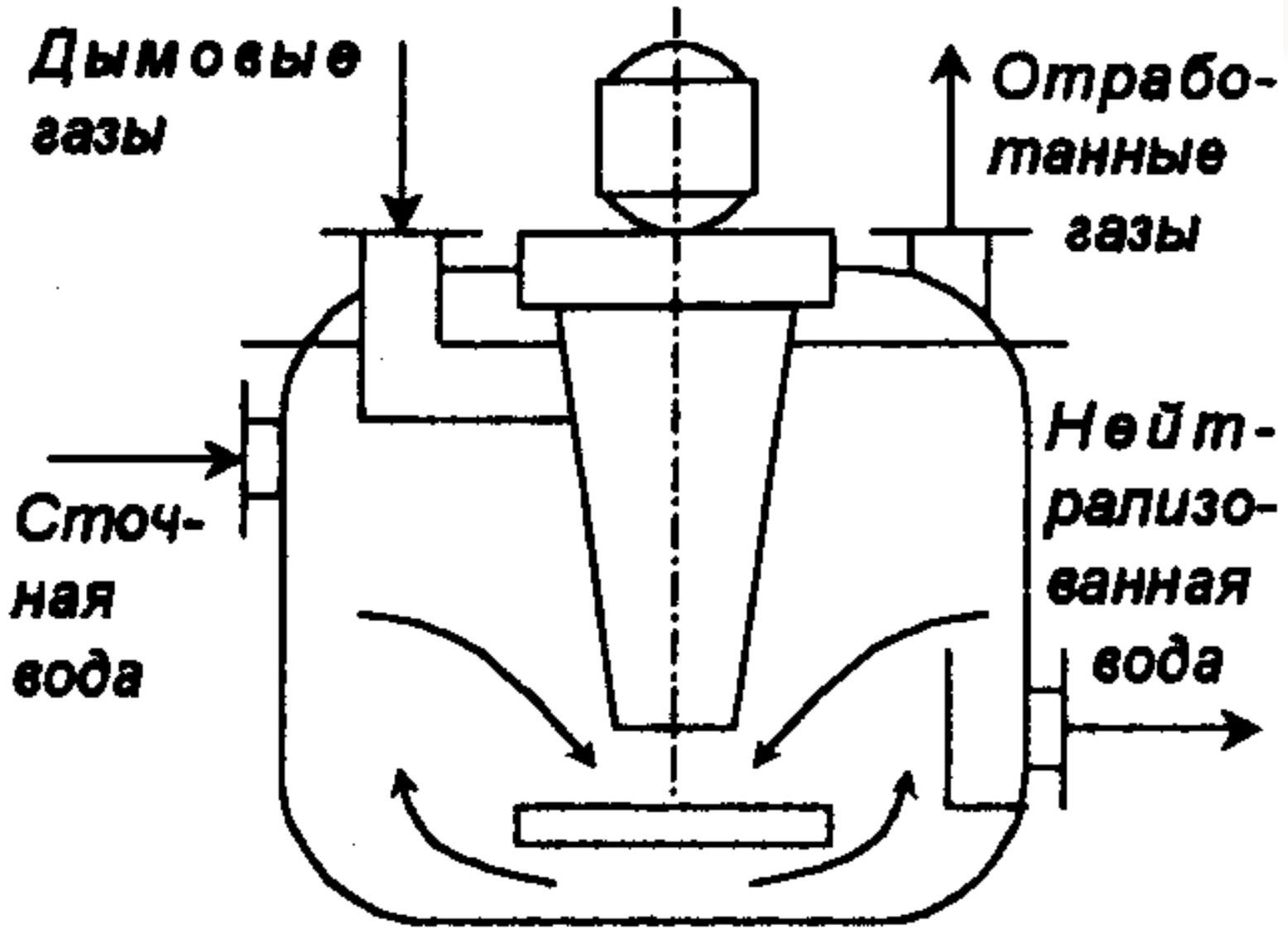
1-песколовки; 2-усреднители; 3-склад реагентов; 4-растворный бак; 5-дозатор; 6-смеситель; 7-нейтрализатор; 8-отстойник; 9-осадкоуплотнитель; 10-вакуум-фильтр; 11-накопитель обезвоженных осадков; 12-шламовая площадка

# СХЕМА УСТАНОВКИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ СТОЧНЫХ ВОД ИЗВЕСТКОВЫМ МОЛОКОМ



- 1- усреднитель;
- 2-аппарат для гашения извести (CaO);
- 3- растворные баки;
- 4-дозаторы;
- 5-нейтрализаторы;
- 6-отстойник

# НЕЙТРАЛИЗАТОР ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ





# **Окисление и восстановление**

# Окисление хлором



$(\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-)$  – свободный «активный хлор»

$\text{HOCl}$ ,  $\text{NH}_2\text{Cl}$ -хлорамина,  $\text{NHCl}_2$  – дихлорамина

Хлор в виде хлорамина - связанный «активный хлор»

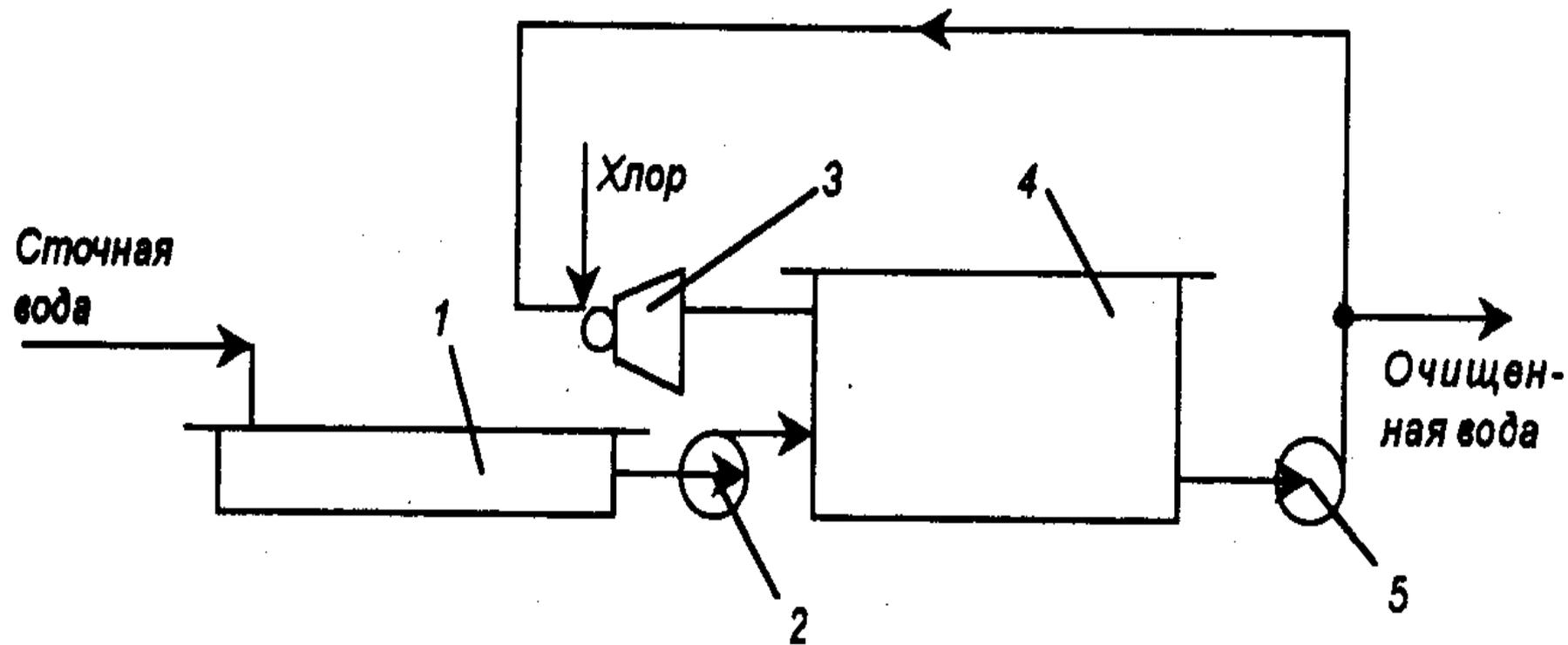
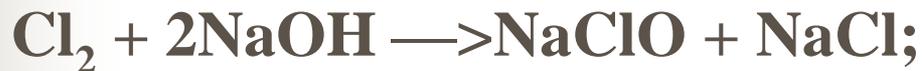


Схема установки для очистки воды хлорированием: 1 — усреднитель; 2, 5 — насосы; 3 — инжектор; 4 — емкость



(до 33% «активного» хлора)

Гипохлорит (оксохлорат) натрия:



Гипохлорит кальция:



(до 60% «активного» хлора)

# Окисление пероксидом водорода

Пергидроль 30%

Высококонцентрированная перекись водорода 85-95%

Перекись водорода – как окислитель:

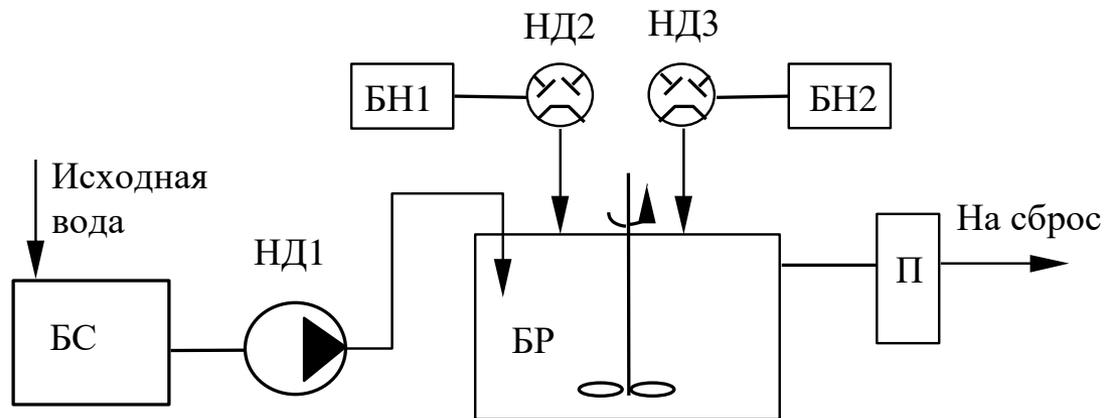
В кислой среде:  $2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}; (+1,77 \text{ В})$

В щелочной среде:  $2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2e \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{O}^{2-};$

Перекись водорода – как восстановитель:

В кислой среде:  $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e ; (+0,682 \text{ В})$

В щелочной среде:  $2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2e$

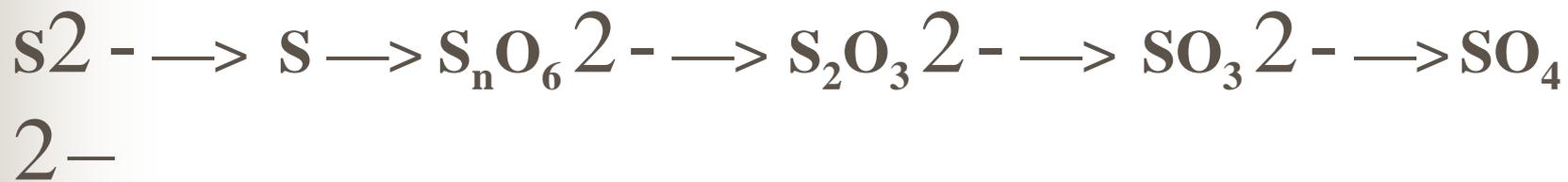


Технологическая схема процесса окисления тиосульфатосодержащих производственных вод пероксидом водорода: БС- бак-сборник производственной воды; БР- бак реактор; НД1-НД3- насосы-дозаторы для подачи производственной воды и растворов реагентов, соответственно; БН1 и БН2- баки напорные для растворов реагентов; П- рН-метр проточного типа.

# Сравнение свойств окисляющих агентов

Свойство	$H_2O_2$	Хлорная известь
Состав	$H_2O_2 + H_2O$	$NaOCl + NaCl + H_2O$
Концентрация, вес %	35/50/70	макс. 12
Содержание активного кислорода, вес %	16.5/23.5/32.9	макс. 2.6
Побочные продукты, кг	4.55/3.3/0.9 кг $H_2O$	мин. 7.25 кг $NaCl$
Побочные реакции	Снижение ХПК/БПК, увеличение содержания кислорода	Образование органических хлорпроизводных, коррозия
Потеря активности	макс. 2% / год	около 1% / день

# Окисление кислородом воздуха



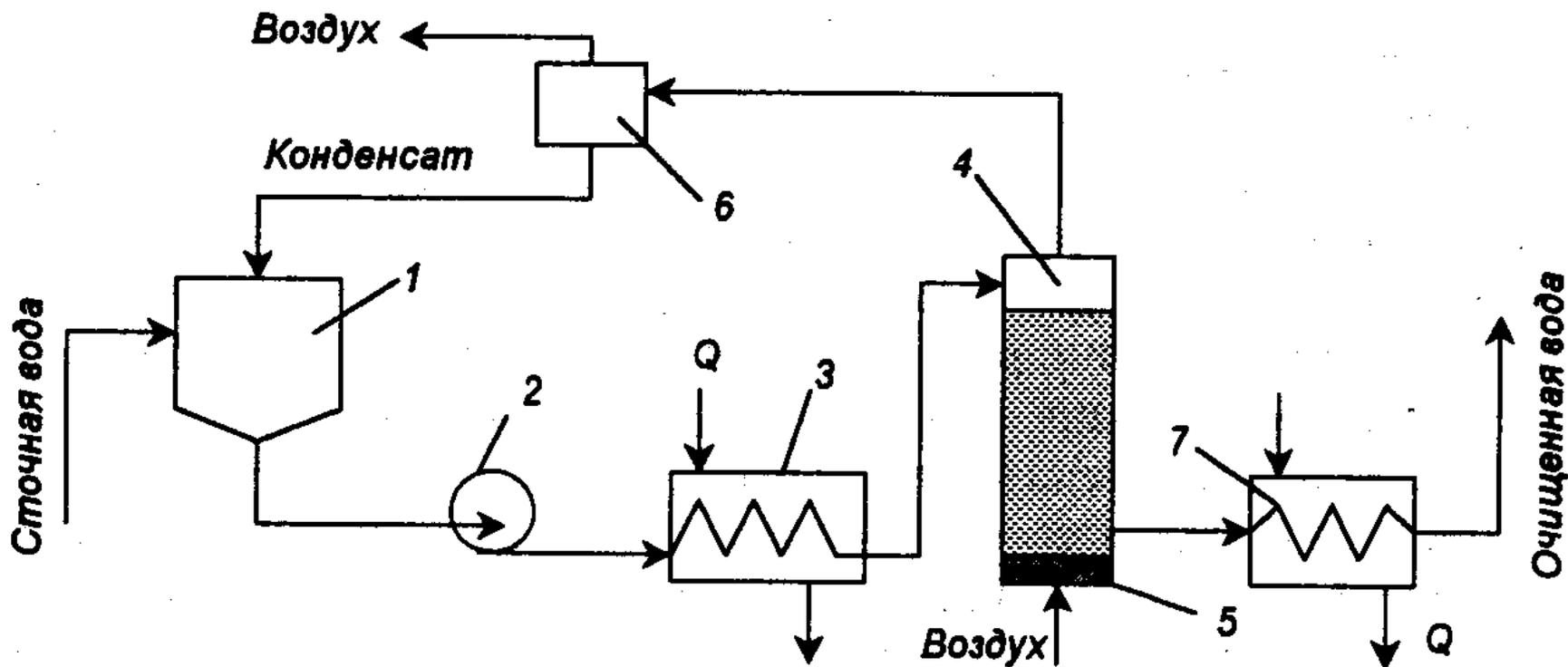
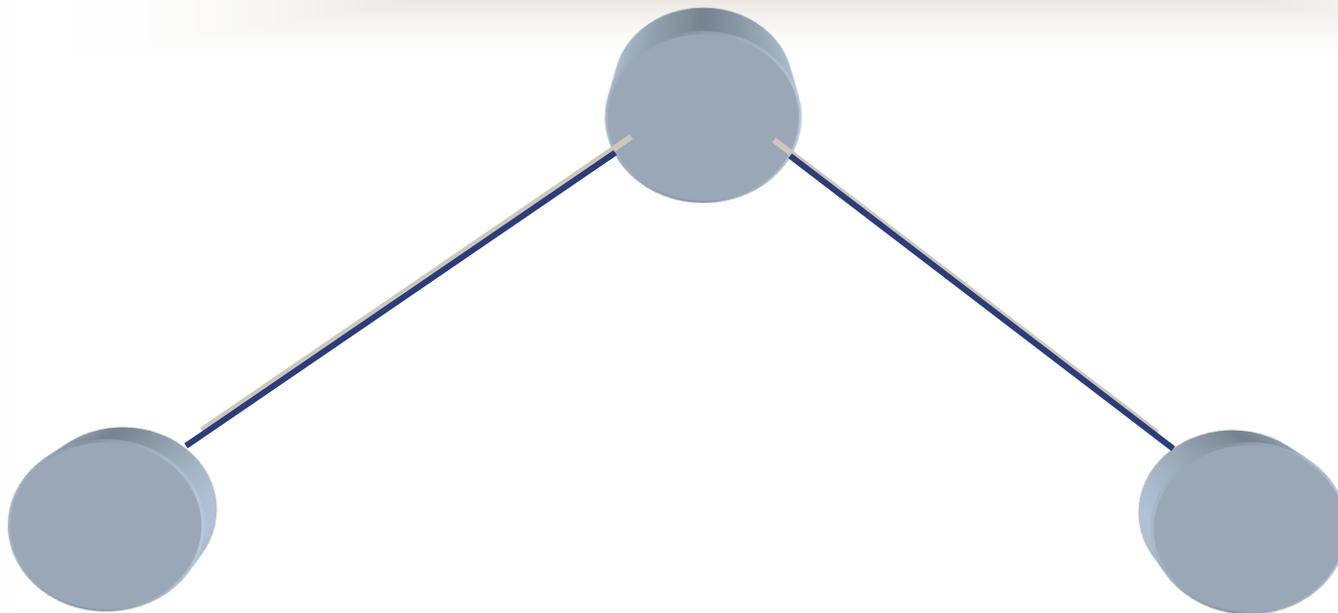


Схема установки окисления сульфидов: 1 — приемный резервуар; 2 — насос; 3 — теплообменник; 4 — окислительная колонна; 5 — воздухораспределительное устройство; 6 — сепаратор; 7 — холодильник

# Озонирование



**Действие озона в процессе окисления:**

- **непосредственное окисление с участием одного атома кислорода;**
- **присоединение целой молекулы озона к окисляемому веществу с образованием озонидов;**
- **каталитическое усиление окисляющего действия кислорода, присутствующего в озонированном воздухе**

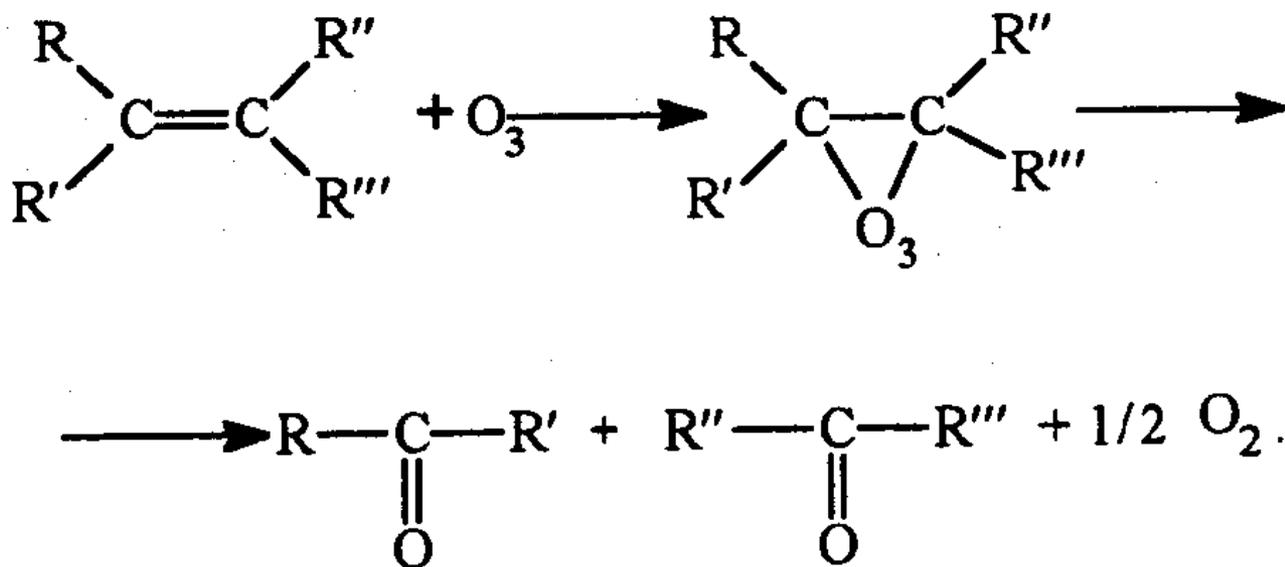
Окисление: *прямое* ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ )

и *непрямое* (радикалами, образующимися при переходе озона из газовой фазы в жидкость и его саморазложения);

ОЗОНОЛИЗОМ;

КАТАЛИЗОМ

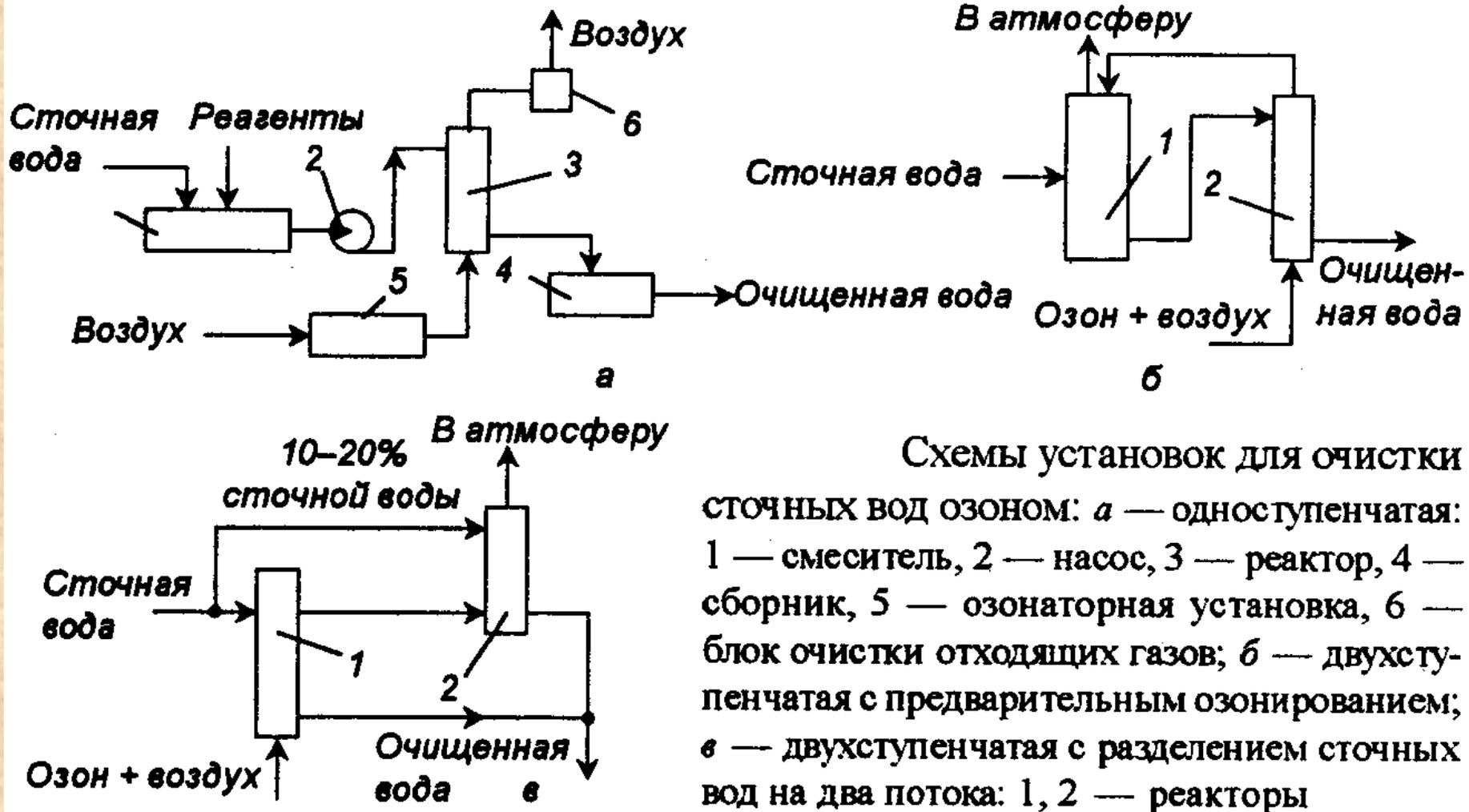
Озонолиз:



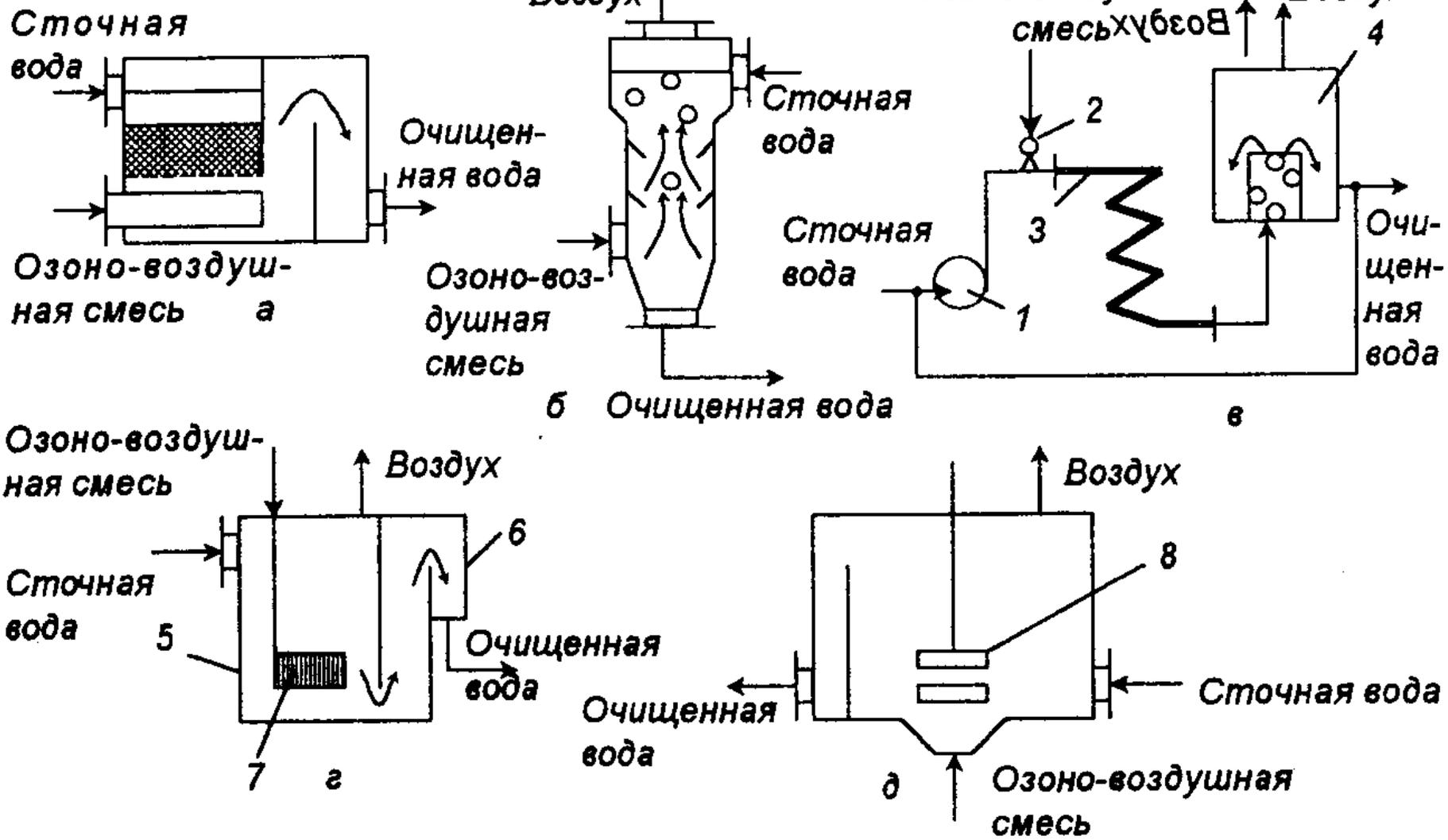
Расход энергии на производство 1 кг озона составляет:

из воздуха – около 18 кВт · ч; из кислорода – около 9 кВт · ч

При подаче в СВ содержание озона в озono-воздушной или озono-кислородной смеси составляет около 3%



Схемы установок для очистки сточных вод озоном: *а* — одноступенчатая; 1 — смеситель, 2 — насос, 3 — реактор, 4 — сборник, 5 — озонаторная установка, 6 — блок очистки отходящих газов; *б* — двухступенчатая с предварительным озонированием; *в* — двухступенчатая с разделением сточных вод на два потока: 1, 2 — реакторы



Контактные аппараты для озонирования: а – с насадкой; б и г – барботажные колонны с тарелками и с пористой пластиной; в – с змеевиковым реактором; д – с механическим смесителем турбинного типа





## Очистка восстановлением





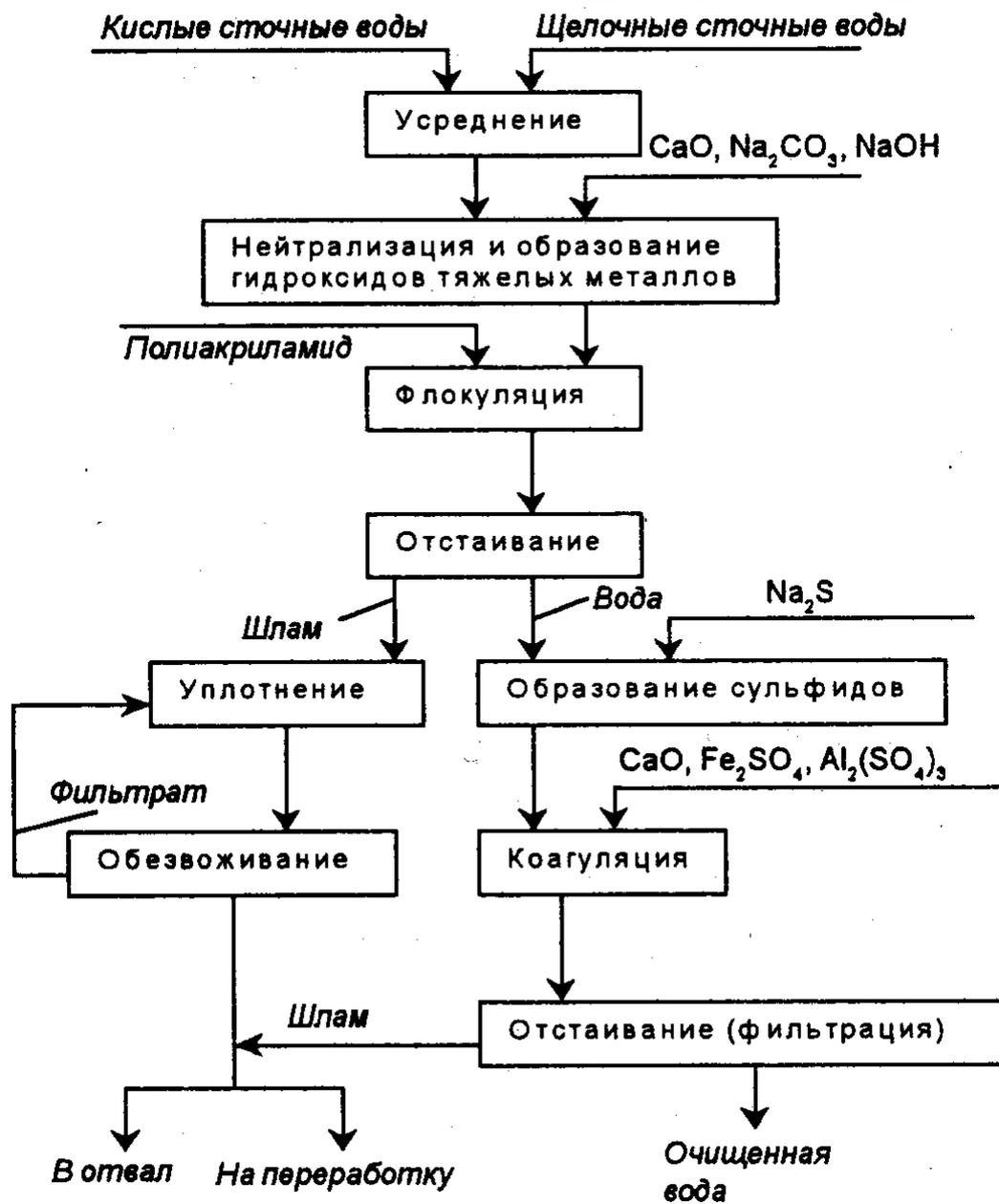
# Удаление ионов тяжелых металлов

*Значения pH в процессе осаждения гидроксидов металлов*

Вид катиона	Значения pH	
	начало осаждения*	полное осаждение**
Железо Fe <sup>2+</sup>	7,5	9,7
Железо Fe <sup>3+</sup>	2,3	4,1
Цинк Zn <sup>2+</sup>	6,4	8,0
Хром Cr <sup>3+</sup>	4,0	6,8
Никель Ni <sup>2+</sup>	7,7	9,5
Алюминий Al <sup>3+</sup>	4,0	5,2
Кадмий Cd <sup>2+</sup>	8,2	9,7

\* При исходной концентрации осаждаемого иона 0,01 моль/л.

\*\* Значения pH соответствуют остаточной концентрации металла 10<sup>-5</sup> моль/л.



# *Технология очистки СВ физико-химическими методами.*

- 1. Коагуляция и флокуляция.**
- 2. Флотация.**
- 3. Адсорбционная очистка.**
- 4. Ионный обмен.**
- 5. Экстракция.**
- 6. Методы мембранной технологии. Обратный осмос и ультрафильтрация.**
- 7. Процессы кристаллизации**
- 8. Десорбция и методы дезодорации.**
- 9. Электрохимические методы.**

# Коагуляция и флокуляция

**Коагуляция** – это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты.

Наиболее эффективна для удаления коллоидно-дисперсных частиц размером 3-100 мкм

**Коагулянты** в воде образуют хлопья гидроксидов металлов, быстро оседающие под действием силы тяжести:

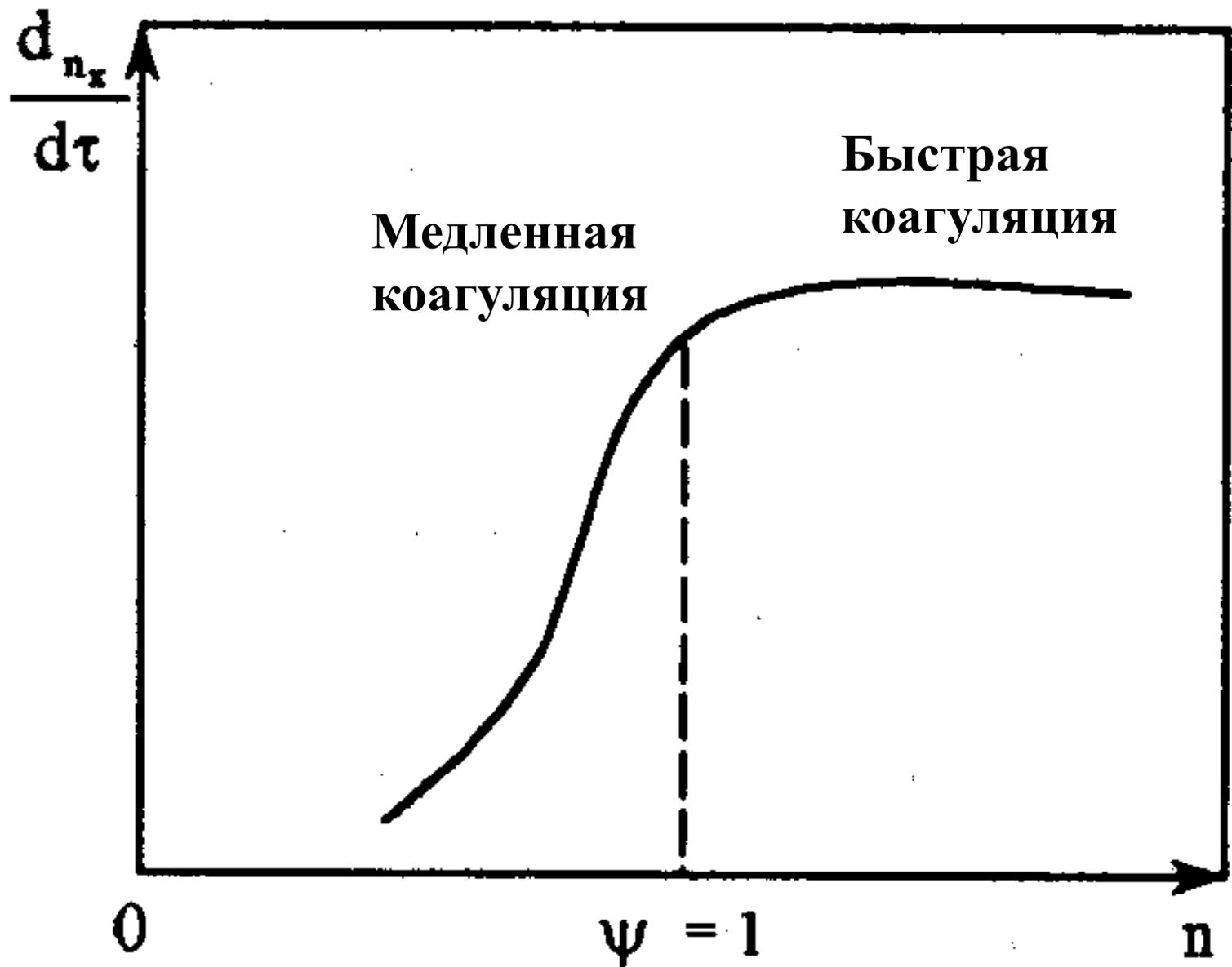


**Коагулянты:**

- **соли алюминия:**  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NaAlO}_2$ ;  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ ;  
 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;

- **соли железа:**  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  
 $\text{FeCl}_3$

# Зависимость относительной скорости коагуляции от концентрации электролита



**Флокуляция** – это процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в воду высокомолекулярных соединений (**флокулянтов**). Агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул адсорбированного на частицах флокулянта

### **Флокулянты:**

- **природные:** крахмал; декстрин; эфиры целлюлозы;
- **неорганический:** активный диоксид кремния ( $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ );
- **синтетические органические:**

полиакриламид  $[-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CONH}_2]_n$ ; технический (ПАА), получаемый при взаимодействии акрилонитрила с серной кислотой с последующей полимеризацией акриламида; гидролизованный (ГППА), получаемый омылением технического ПАА щелочью.

Оптим. доза ПАА – 0,4-1,0 г/м<sup>3</sup>

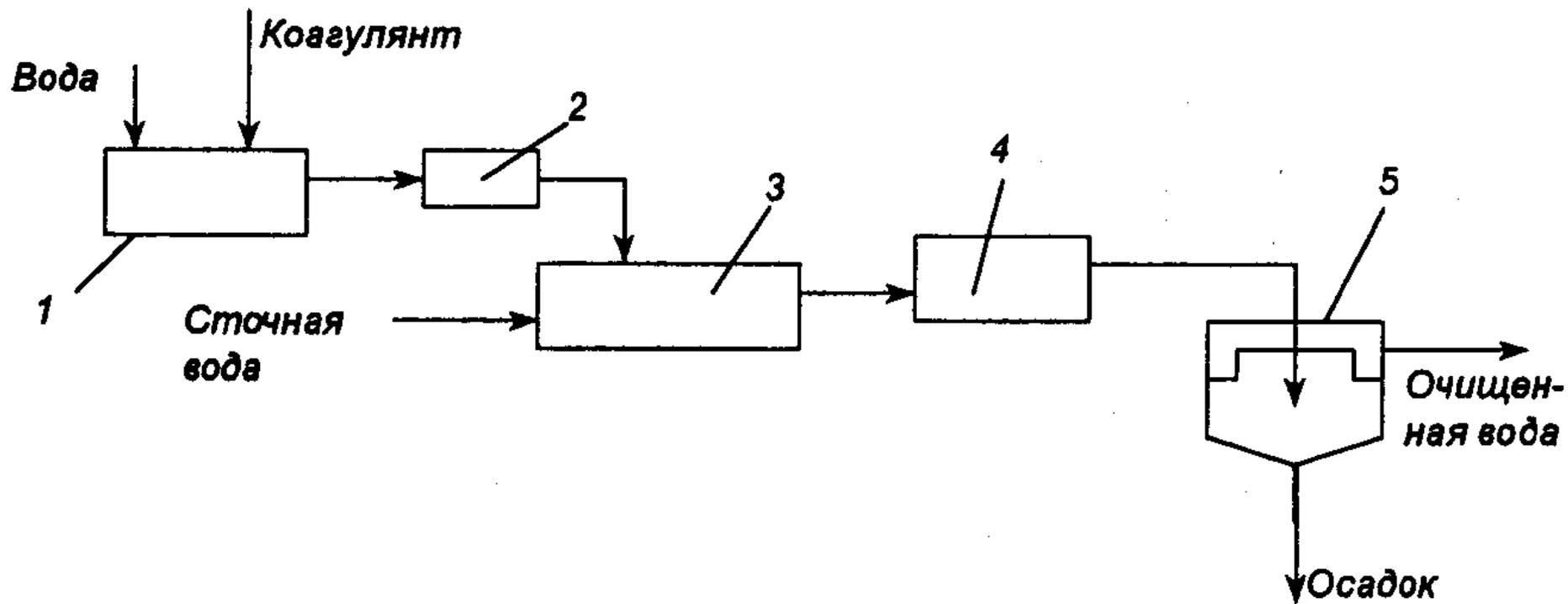
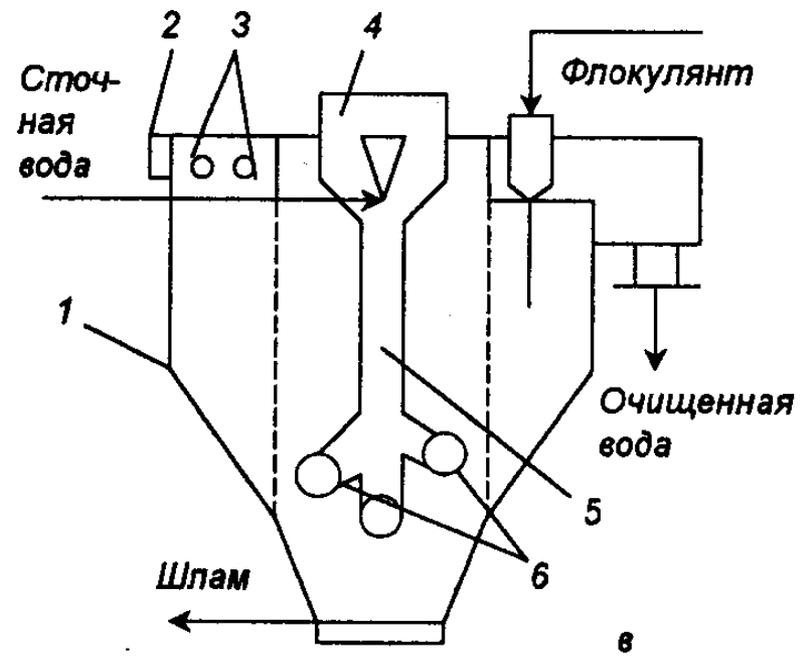
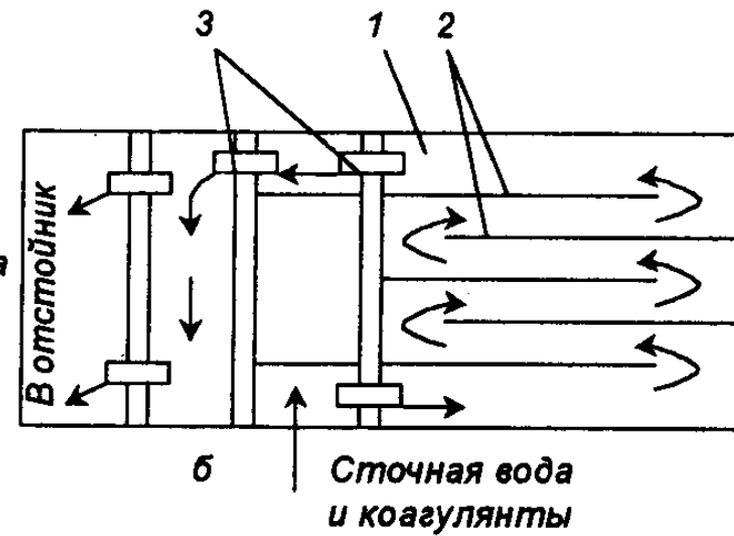
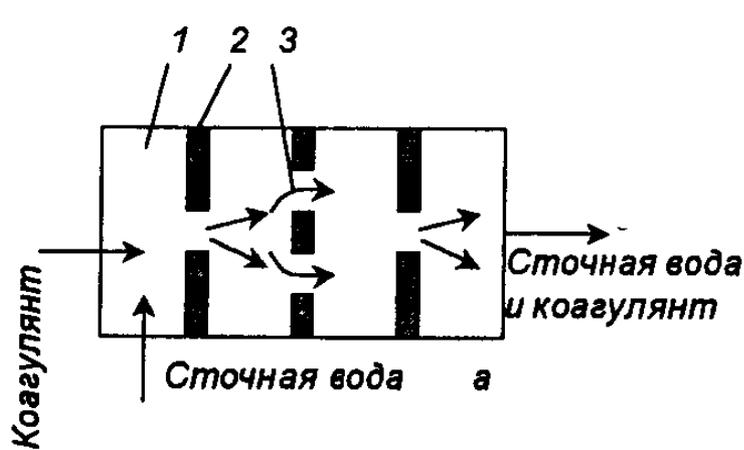


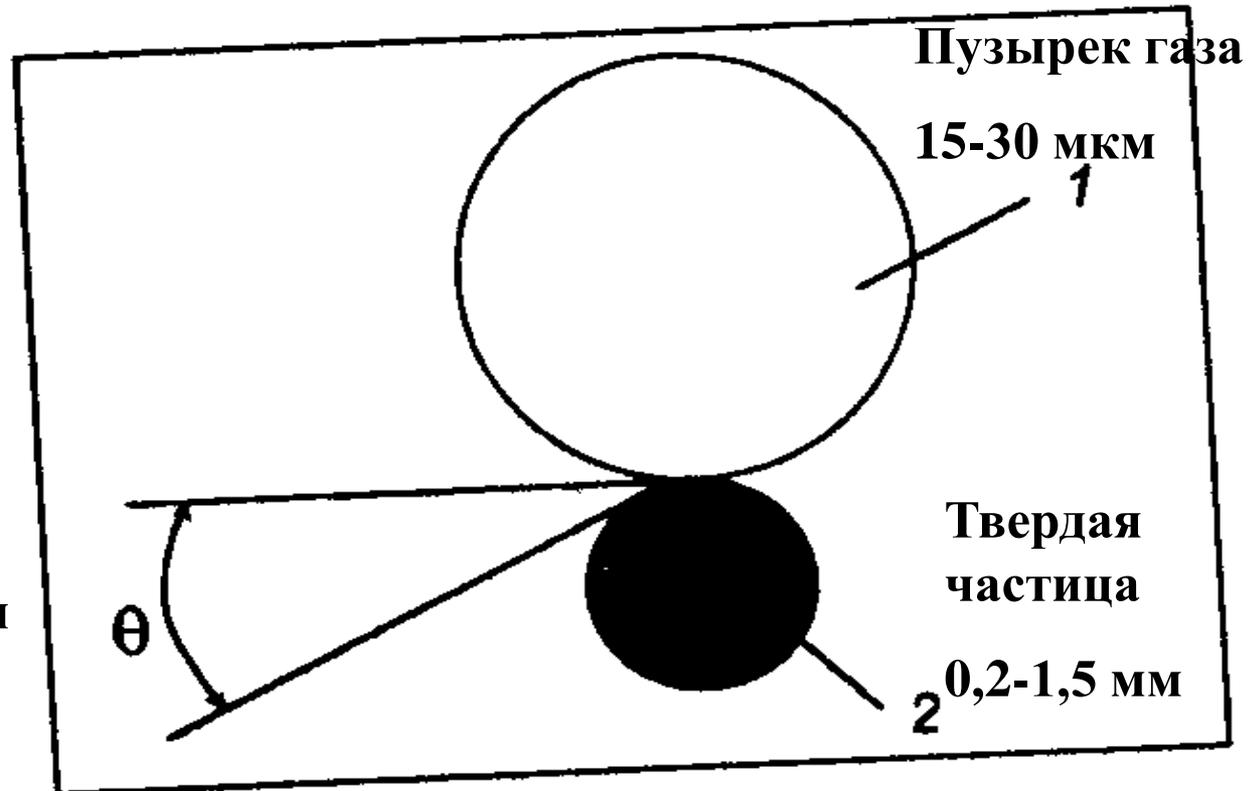
Схема установки для очистки вод коагуляцией: 1 — емкость; 2 — дозатор; 3 — смеситель; 4 — камера хлопьеобразования; 5 — отстойник



Аппараты для коагуляции: *а* — перегородчатый смеситель: 1 — коридор, 2 — перегородка, 3 — окно; *б* — перегородчатая камера хлопьеобразования: 1 — коридор, 2 — перегородки, 3 — окно; *в* — коагулятор-осветлитель: 1 — корпус, 2 — желоб, 3 — отверстия для удаления осветленной воды, 4 — воздухоотделитель, 5 — центральная труба, 6 — распределительные трубы

# Флотация

Краевой угол  
смачивания



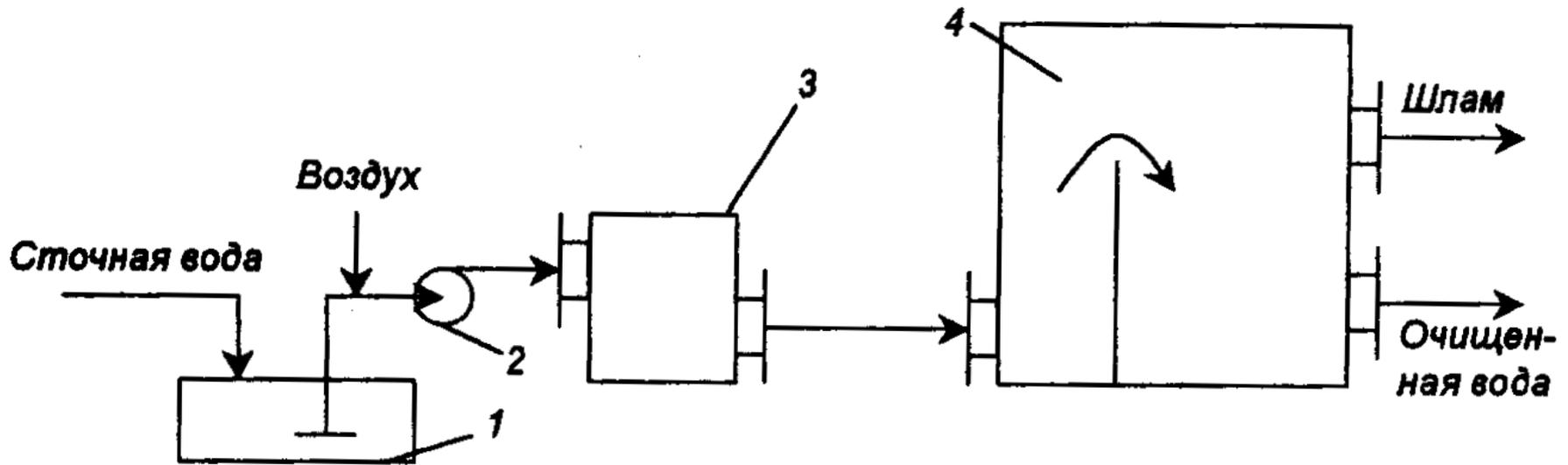


Схема установки напорной флотации: 1 — емкость; 2 — насос; 3 — напорный бак; 4 — флотатор

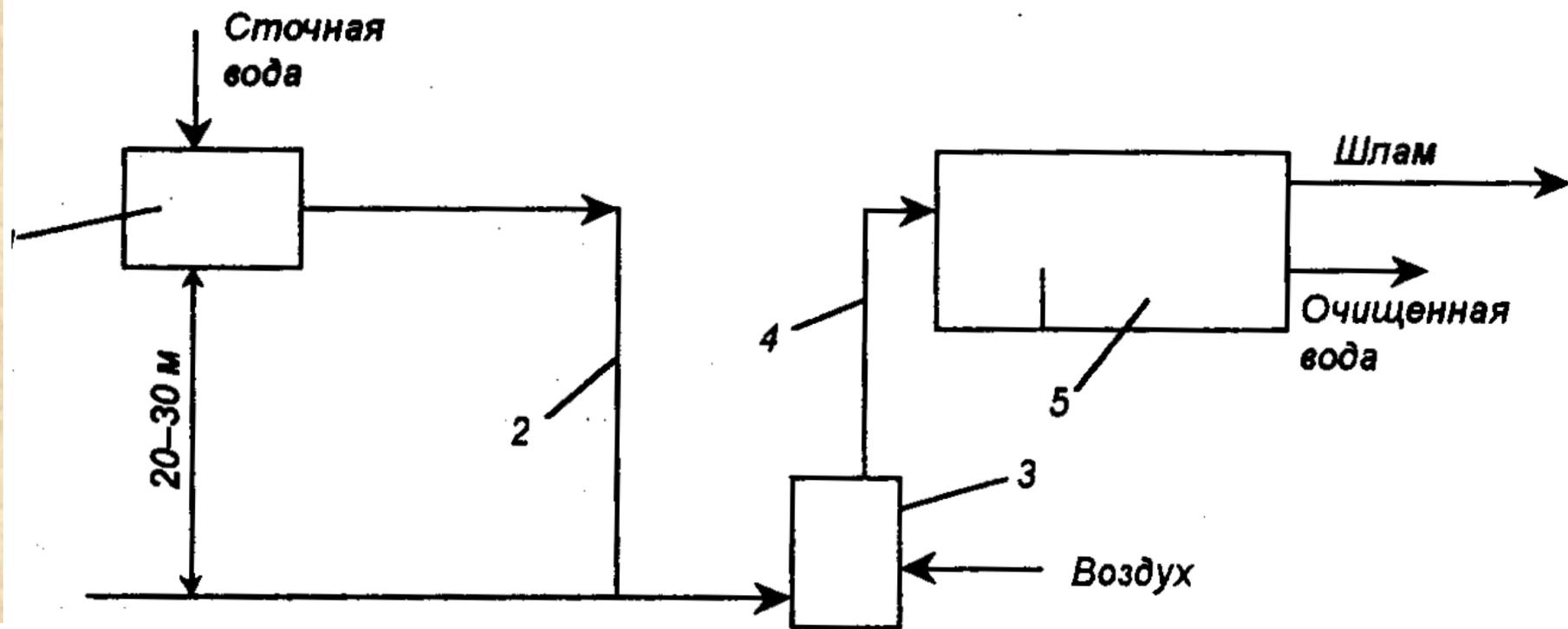
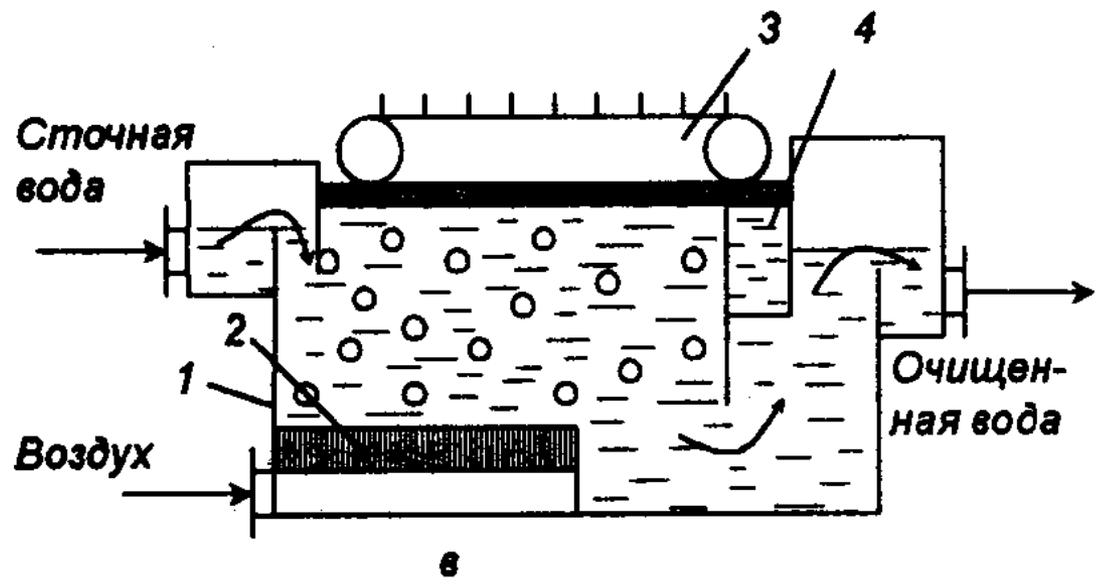
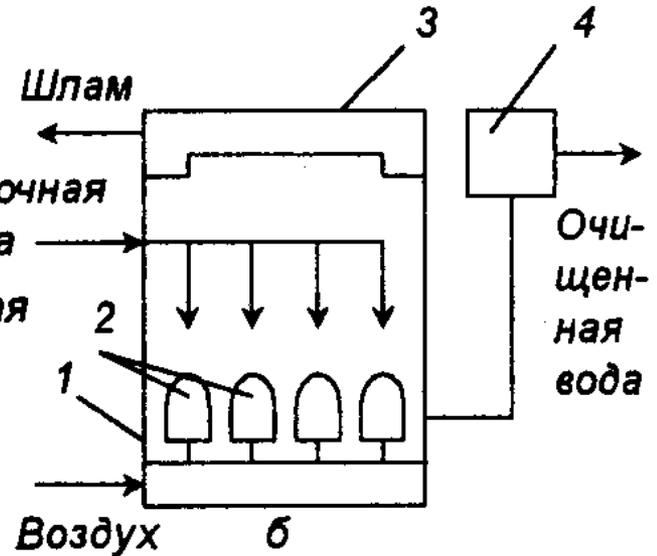
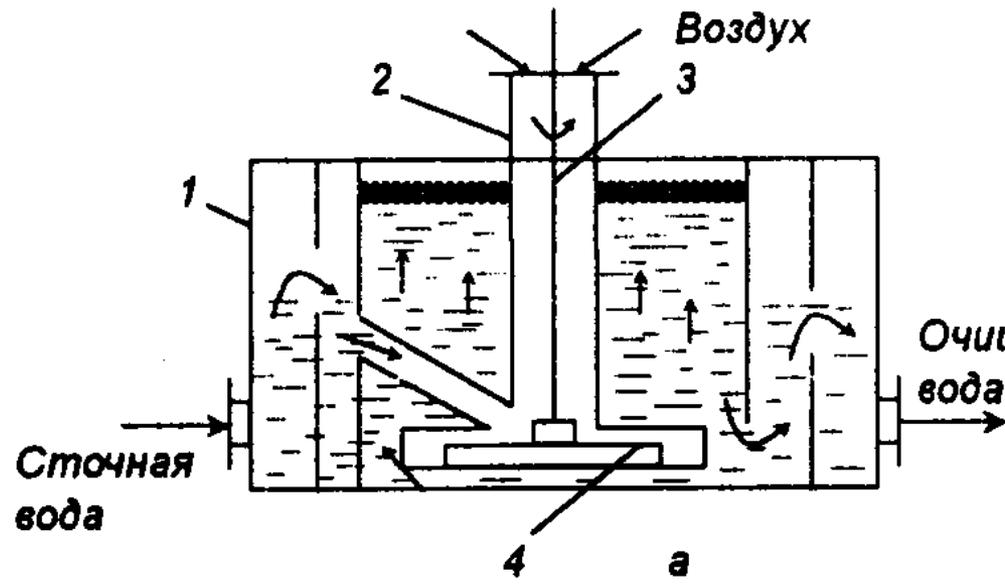
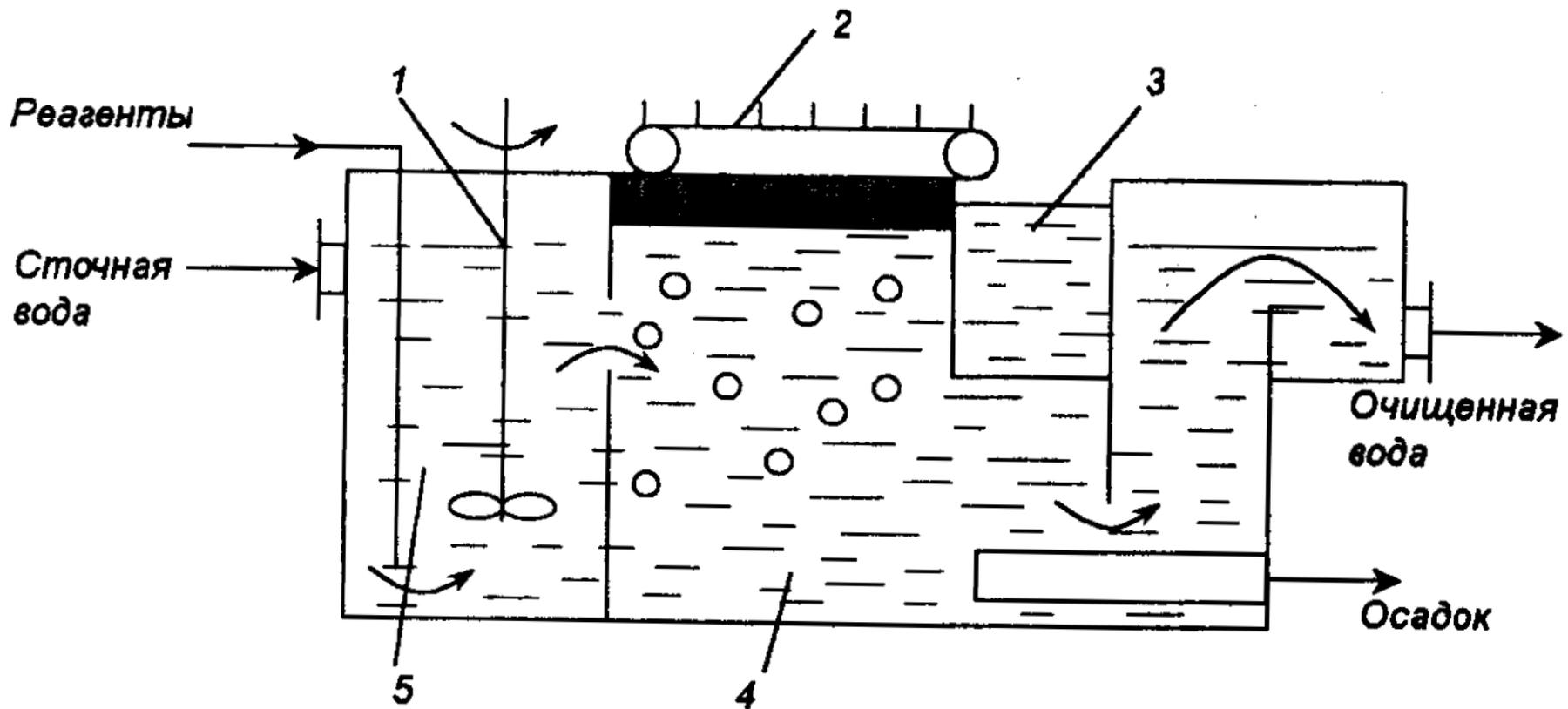


Схема эрлифтной установки: 1 — емкость; 2 — трубопровод; 3 — компрессор; 4 — труба эрлифта; 5 — флотатор



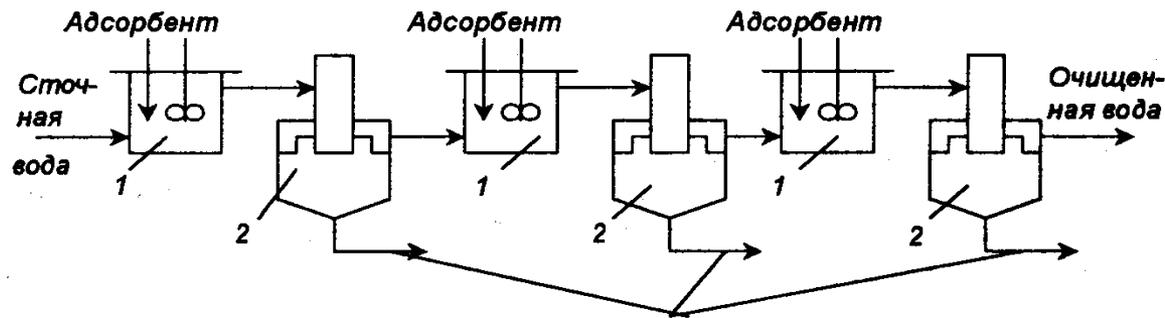
Флотаторы: *а* — с импеллером: 1 — камера, 2 — труба, 3 — вал, 4 — импеллер; *б* — с пористыми колпачками: 1 — камера, 2 — пористые колпачки, 3 — желоб, 4 — регулятор уровня; *в* — с фильтросными пластинами: 1 — камера, 2 — фильтросные пластины, 3 — скребок, 4 — шламоприемник



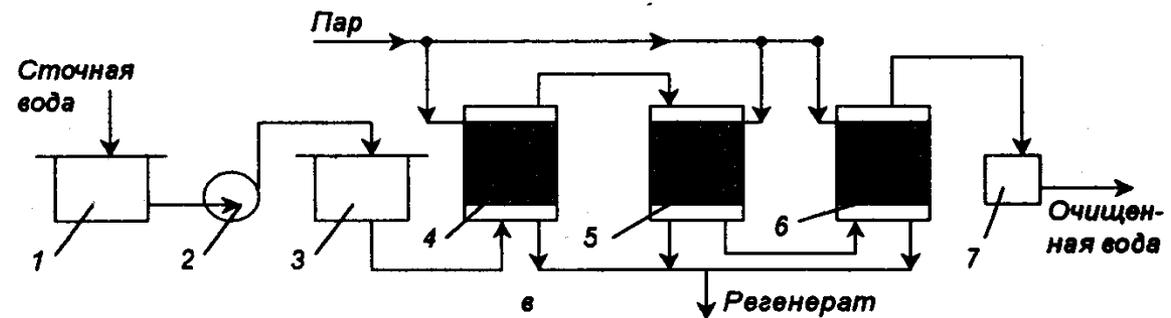
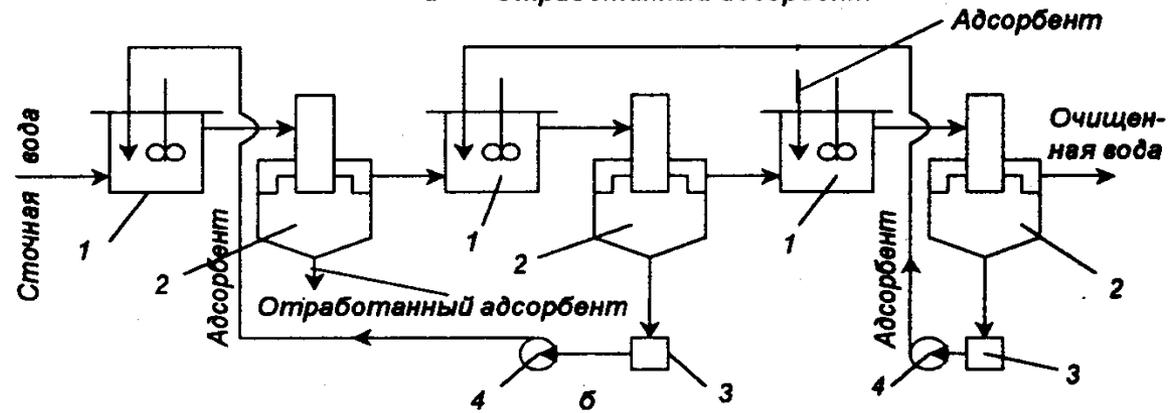
# Адсорбция

## Характеристики некоторых отечественных активных углей

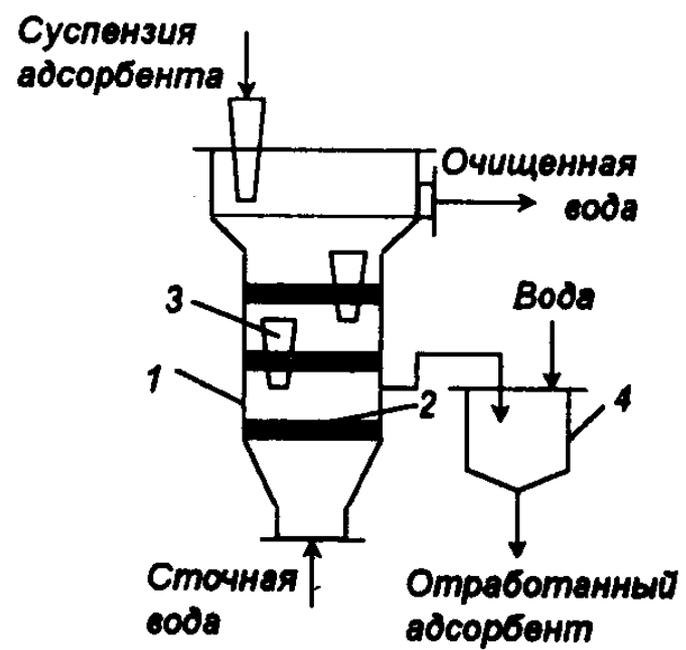
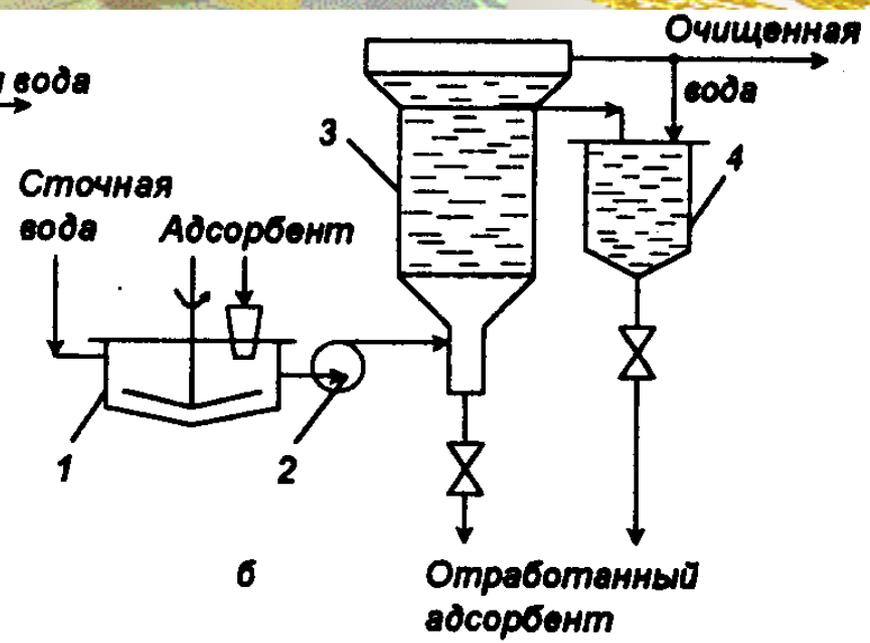
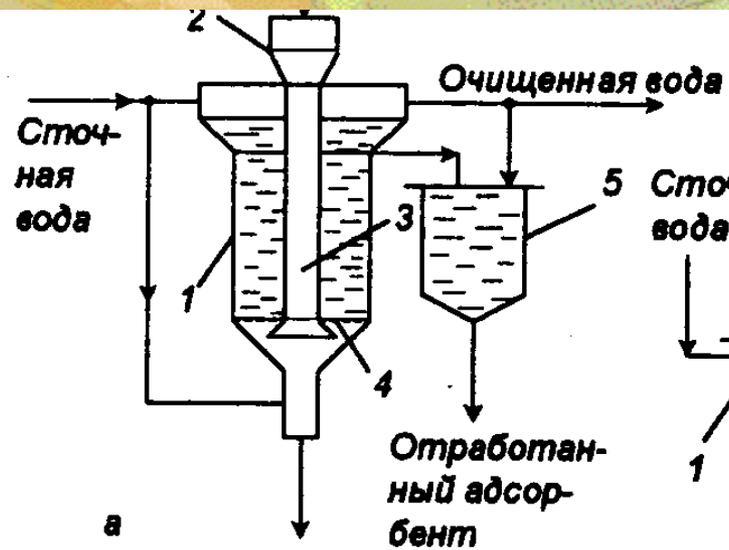
Марка	Объем, см <sup>3</sup> /г				Поверхность, м <sup>2</sup> /г		Крупность, мм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность по МИС, %
	суммарный	микропор	переходный	макропор	суммарная	переходных пор			
ОУ-А	2,38	0,26	0,27	1,78	805	138	—	—	—
ОУ-Б	—	0,39	0,21	—	—	138	—	—	—
КАД-молотый	0,42	0,11	—	—	—	64	—	—	—
АГ-2	0,60	0,30	0,05	0,25	—	33	1,5-2	600	65-70
АГ-3	0,8-1,06	0,32-0,42	0,12-0,16	0,41-0,52	—	—	1,5-2,8	450	75
АГ-5	0,9-1,06	0,3-0,43	0,17	0,46	—	—	1-1,5	450	75
КАД-нодовый	1	0,34	0,15	0,51	977	110	2-5	380-450	60
СКТ	0,98	0,51	0,2	0,27	—	108	1,5-2	420	65
СКТ-3	0,80	0,46	0,09	0,25	—	—	20-55	420-470	70
АР-3	0,7	0,33	0,07	0,30	—	48	2,7-5,5	550	65-75
БАУ	1,5	0,25-0,39	0,08	0,19-0,21	—	50-60	1-5	220-350	—
ДАК	1,2-1,45	0,17	0,04	1,23	—	30	0,5-15	230	—



**а** Отработанный адсорбент



Схемы адсорбционных установок: **а** — с последовательным введением адсорбента: 1 — смесители, 2 — отстойники; **б** — с противоточным введением адсорбента: 1 — смесители, 2 — отстойники, 3 — приемники адсорбента, 4 — насосы; **в** — непрерывного действия: 1 — усреднитель, 2 — насос, 3 — фильтр, 4—6 — колонны, 7 — емкость



Адсорберы: а — цилиндрический одноярусный: 1 — колонна, 2 — воронка, 3 — труба, 4 — решетка, 5 — сборник; б — одноярусный с выносным смесителем: 1 — смеситель, 2 — насос, 3 — колонна, 4 — сборник; в — трехъярусный: 1 — колонна, 2 — решетки, 3 — трубка для перемещения адсорбента, 4 — сборник

# Регенерация адсорбента

- Десорбция насыщенным или перегретым водяным паром ( $T=200-300^{\circ}\text{C}$  при  $P_{\text{изб}}=0,3-0,6\text{МПа}$ ; расход пара при отгонке легколетучих веществ 2,5-3 кг/кг в-ва, а для высококипящих веществ – в 5-10 раз больше);
- Десорбция нагретым инертным газом ( $T=120-140^{\circ}\text{C}$ );
- Экстракция (жидкофазная десорбция);
- Деструктивная регенерация химическими реагентами (окисление хлором, озоном или термическим путем);
- Биологические методы регенерации (для биохимически окисляемых веществ) (разработка)



# Ионный обмен

Ионный обмен – процесс взаимодействия раствора с твердой фазой (*ионитом*), обладающей свойством обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе.

- **ОБМЕННАЯ ЕМКОСТЬ** определяется числом эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объема ионита;
- **ПОЛНАЯ ОБМЕННАЯ ЕМКОСТЬ** – это количество, поглощаемого вещества при полном насыщении единицы объема или массы ионита;
- **СТАТИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ** – это обменная емкость ионита при равновесии в данных рабочих условиях (обычно меньше полной);
- **ДИНАМИЧЕСКАЯ ОБМЕННАЯ ЕМКОСТЬ** – это емкость ионита до «проскока» ионов в фильтрат, определяемая в условиях фильтрации (меньше статической)



Синтетические ионообменные смолы – высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней ионообменными функциональными группами.

Пространственная углеводородная сетка (каркас), сшитая поперечными связями, называется *матрицей*, а обменивающиеся ионы – *противоионами*. Каждый противоион соединен с противоположно заряженными ионами, называемыми *фиксированными или анкерными*.

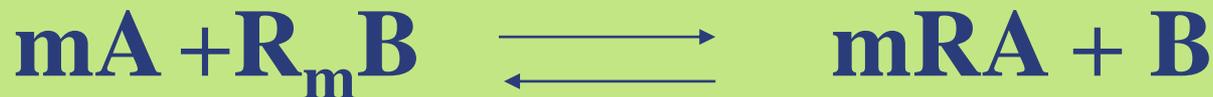
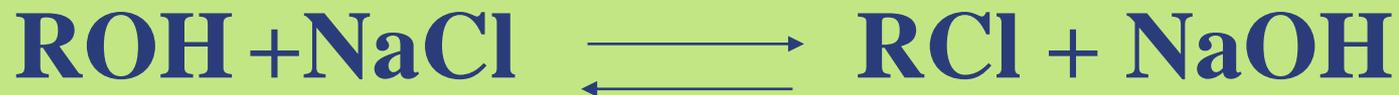
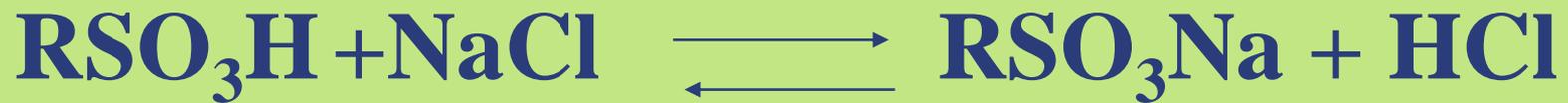
Сульфокатионит  $R SO_3 H$

**КУ - катионит универсальный;**

**КФ - катионит фосфорнокислый;**

**АВ - анионит высокоосновный;**

**АН - анионит низкоосновный**





**Характеристика основных марок катионитов, выпускаемых**

Катионит — смола		Основа матрицы	Сшивающий агент	Функциональная группа	Ионная форма
Марка	Тип				
КУ-2	Полимеризационная	Полистирол	Дивинил-бензол 8-10%	SO <sub>2</sub> H	H <sup>+</sup> Na <sup>+</sup>
КУ-2-8	То же	То же	То же	SO <sub>2</sub> H	H <sup>+</sup> Na <sup>+</sup>
КУ-2-12П	Полимеризационная макропористая	»	»	SO <sub>2</sub> H	H <sup>+</sup> Na <sup>+</sup>
КУ-1	Конденсационная	Феноло-формальдегид	—	SO <sub>2</sub> H	H <sup>+</sup>
КФ-1	Полимеризационная	Полистирол	—	PO(OH) <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>
КФ-2	То же	То же	—	(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> [PO(OH) <sub>2</sub> ]	Na <sup>+</sup>
КБ-1	»	Метакриловая кислота	—	COOH	Na <sup>+</sup>
КБ-4	»	То же	Дивинил-бензол, 10%	COOH	Na <sup>+</sup>
КБ-4-10П	Полимеризационная макропористая	»	То же	COOH	Na <sup>+</sup>

Кислотность	Полная обменная емкость COE		Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Максимальная рабочая температура, °С	Зернистость, мм
	экв/т	экв/м <sup>3</sup>				
Сильнокислотный	4700—5100	1300—1800	0,7—0,9	50,60	120—130	0,3—1,5
То же	5100	1800	0,7—0,9	50,60	120—130	0,3—1,5
»	4950	1500	—	—	—	0,5—1,5
»	4000	1400	0,6—0,75	30,50	90	0,3—2,0
Среднекислотный (pK <sub>1</sub> =3,5; pK <sub>2</sub> =7)	5000	1900	0,7	—	—	—
То же	7000	2600	0,7	—	—	—
Слабокислотный	8500—10000	4200—3800	0,55—0,6	30	—	0,3—1,5
То же	8500	4200	0,55—0,6	50	150—180	0,3—2,0
»	7500	—	0,68—0,82	75	—	0,25—1,0

21 200 6

*Характеристика основных марок анионитов, выпускаемых в стране для нужд водоподготовки*

Анионит		Основа матрицы	Сшивающий агент	Функциональная группа	Основность	Полная обменная емкость		Насыпная плотность		Влажность, %	Зернистость, мм
Марка	тип					Экв/т	Экв/м <sup>3</sup>	Исходного	Набухшего в воде		
АВ-17 (АВ-17Х8)	Полимеризационный	Полистирол	Дивинилбензол, 8%	R <sub>3</sub> N <sup>+</sup>	Сильноосновный	3800—4500	1300—1500	0,66—0,74	0,33—0,35	40—65	0,4—1,2
ЭДЭ-10Д	То же	Эпоксиполиамин	—	RNH, R <sub>2</sub> N, R <sub>3</sub> N <sup>+</sup> (10-20%)	Промежуточноеосновный	9000—10000	—	0,6—0,72	—	10—15	0,4—1,8
АВ-16	»	—	—	RNH, R <sub>2</sub> N, R <sub>3</sub> N <sup>+</sup>	То же	9800—10500	2300	0,68—0,82	—	60	0,3—1,8
АН-22	»	Полистирол	Дивинилбензол	NH <sub>2</sub> , RNH	Слабоосновный (рК <sub>а</sub> =3-4)	7000	2100—2500	0,6—0,8	0,36	40—60	0,25—1,0
АН-31	Конденсационный	Полиэтиленполиамин	Эпихлоргидрин	RNH, R <sub>2</sub> N	То же (рК <sub>а</sub> =3-3,5)	9000—9900	4050—4550	0,66	0,45	15	0,3—2,0
АН-2Ф	То же	То же	—	RNH, R <sub>2</sub> N	Слабоосновный	9000—10500	3700	0,7—0,9	—	15	0,3—2,0



# Экстракция

## Стадии процесса очистки СВ экстракцией:

1. Интенсивное смешение СВ с экстрагентом (органическим растворителем) с образованием двух жидких фаз: 1- *экстракт*, содержащий извлекаемое вещество и экстрагент и 2 – *рафинат*, содержащий СВ и экстрагент;
2. Разделение экстракта и рафината;
3. Регенерация экстрагента из экстракта и рафината

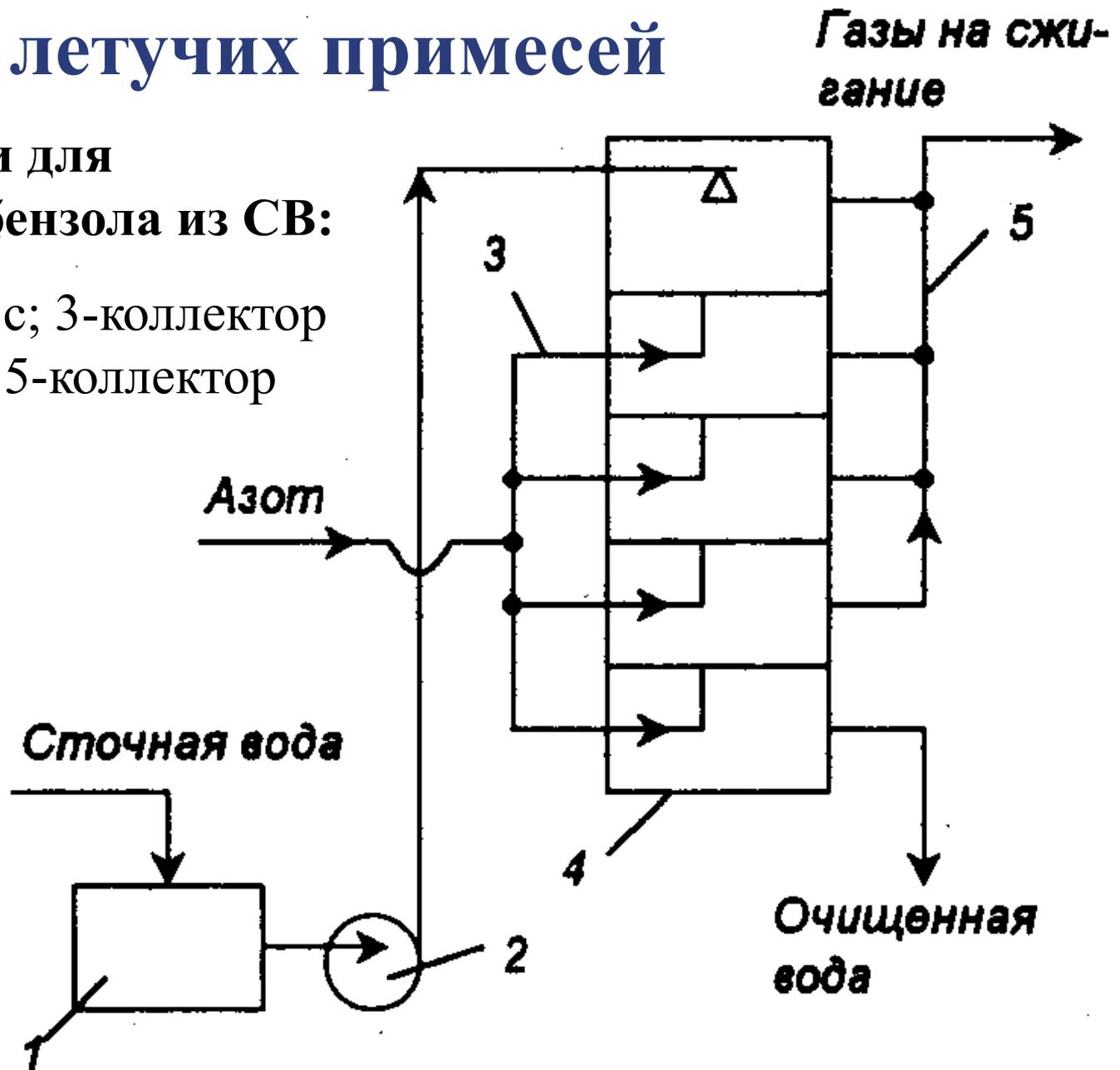
# *Технология очистки СВ физико-химическими методами.*

- **Процессы кристаллизации**
- **Десорбция и методы дезодорации.**
- **Электрохимические методы.**
- **Методы мембранной технологии. Обратный осмос и ультрафильтрация**

# Десорбция летучих примесей

Схема установки для десорбции хлорбензола из СВ:

1-емкость; 2-насос; 3-коллектор азота; 4-колонна; 5-коллектор отходящих газов



# Дезодорация

Сточная  
вода

Воздух

Очищенная  
вода

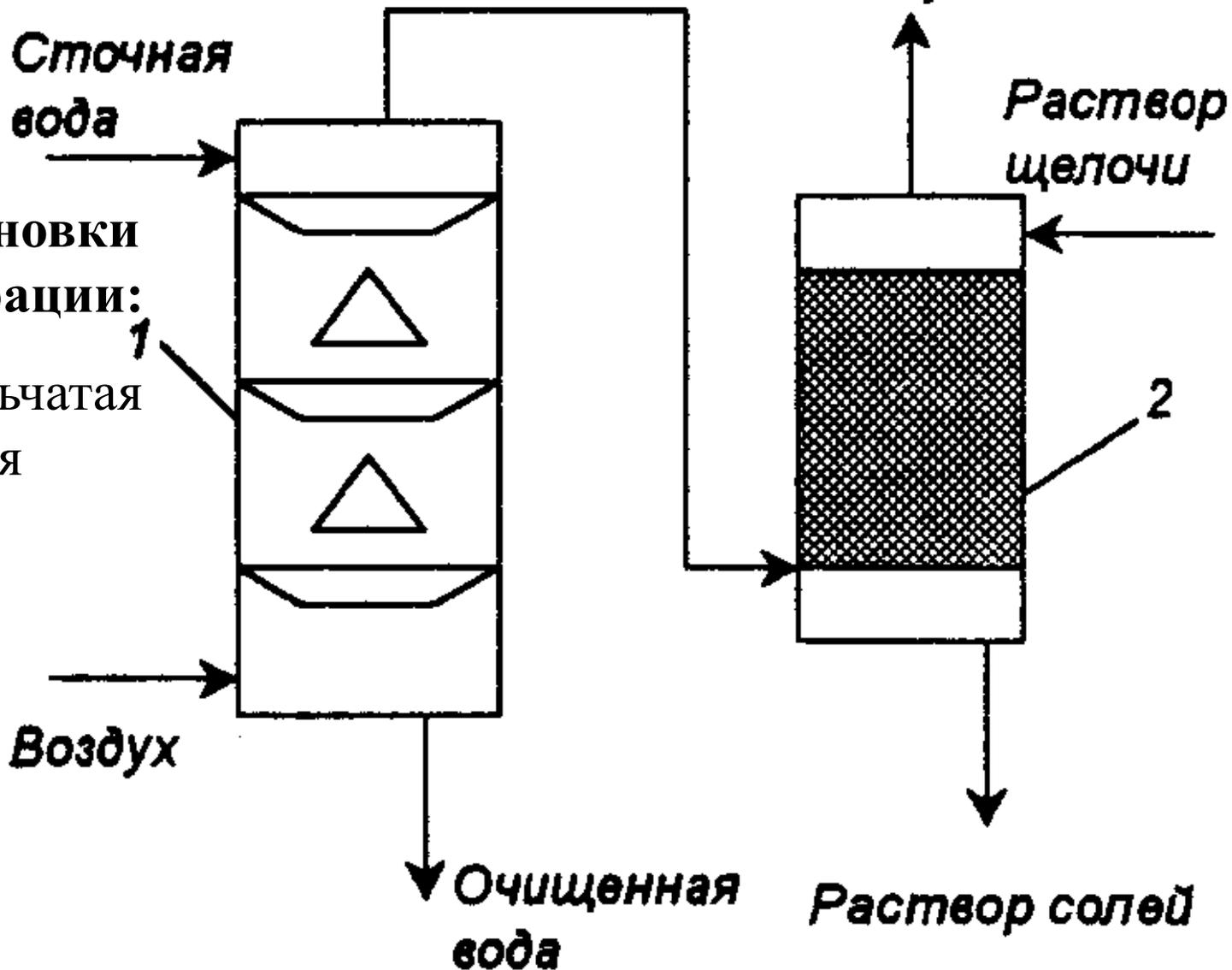
Воздух

Раствор  
щелочи

Раствор солей

Схема установки  
для дезодорации:

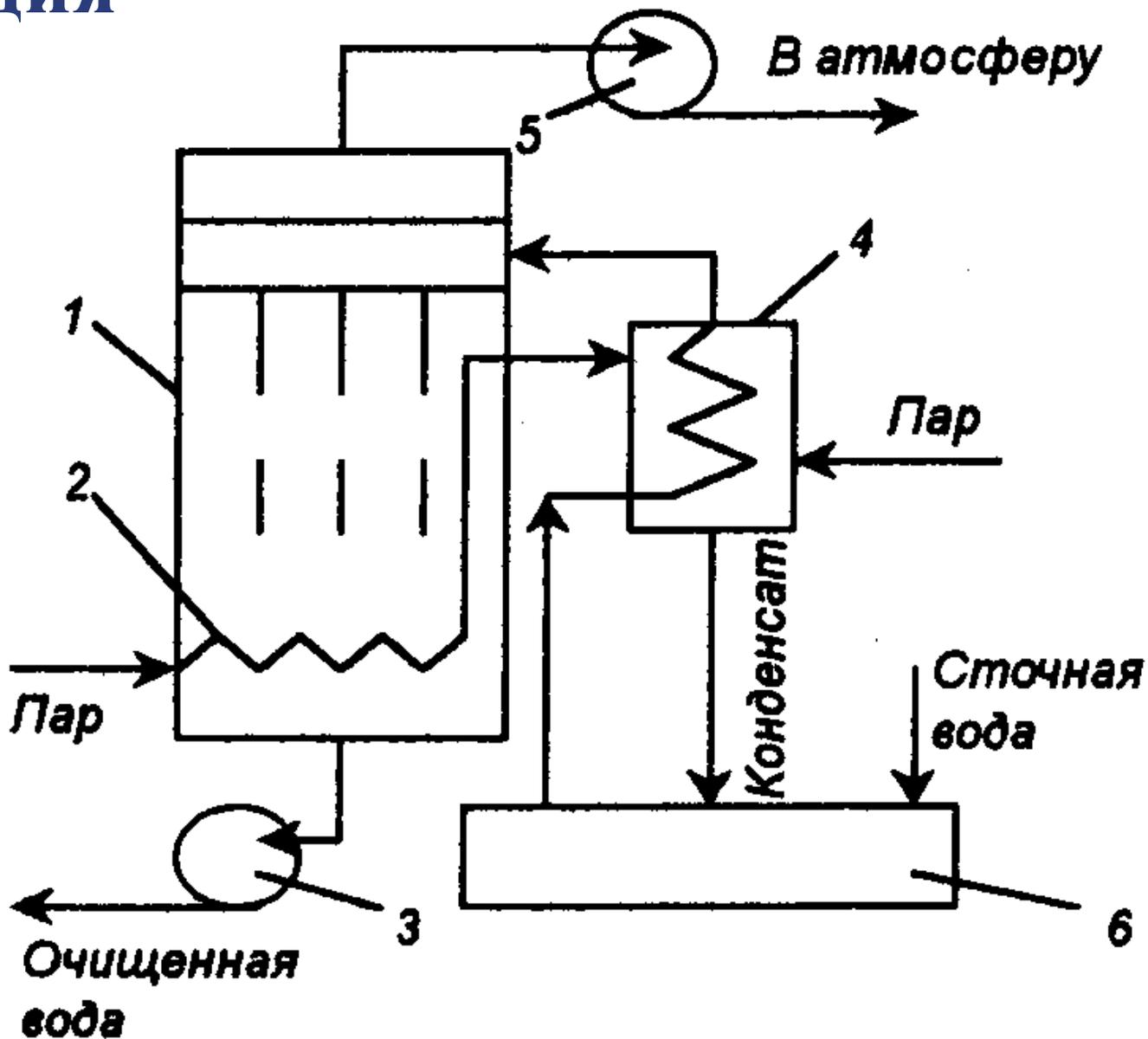
1 и 2 – тарельчатая  
и насадочная  
колонны



# Дегазация

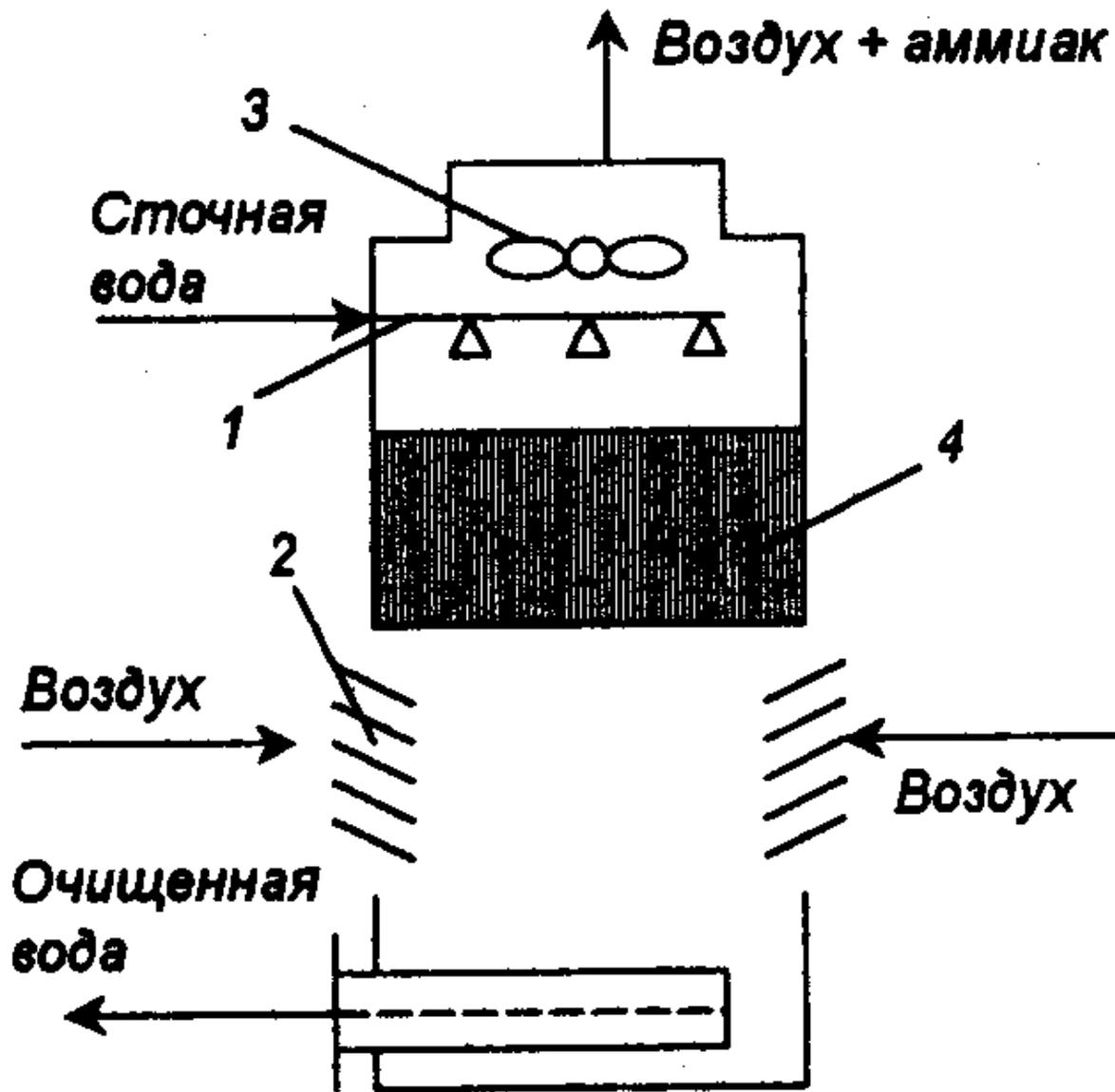
Схема  
установки  
для дегазации  
в вакууме с  
подогревом:

1-котел;  
2-змеевик;  
3-насос;  
4-тепло-  
обменник;  
5-вакуум-  
насос; 6-  
емкость



# Схема установки для отдувки аммиака:

- 1-ввод СВ;
- 2-ввод воздуха;
- 3-вентилятор;
- 4-хордовая насадка





# Электрохимические методы

- Процессы анодного окисления и катодного восстановления;
- Электрокоагуляция;
- Электрофлотация;
- Электродиализ

# Анодное окисление и катодное восстановление

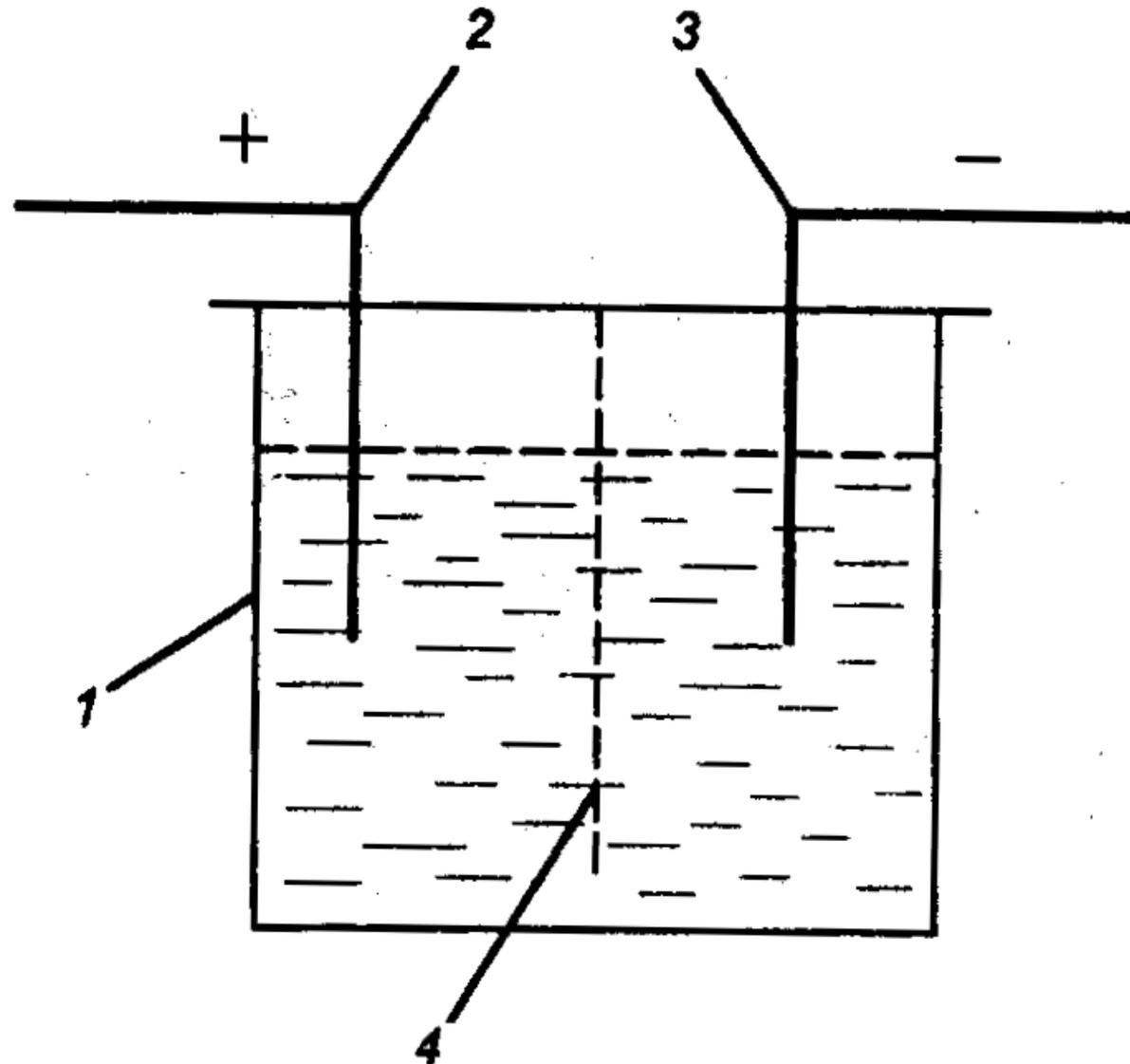


Схема  
электролизера:

1-корпус;

2-анод;

3-катод;

4-диафрагма

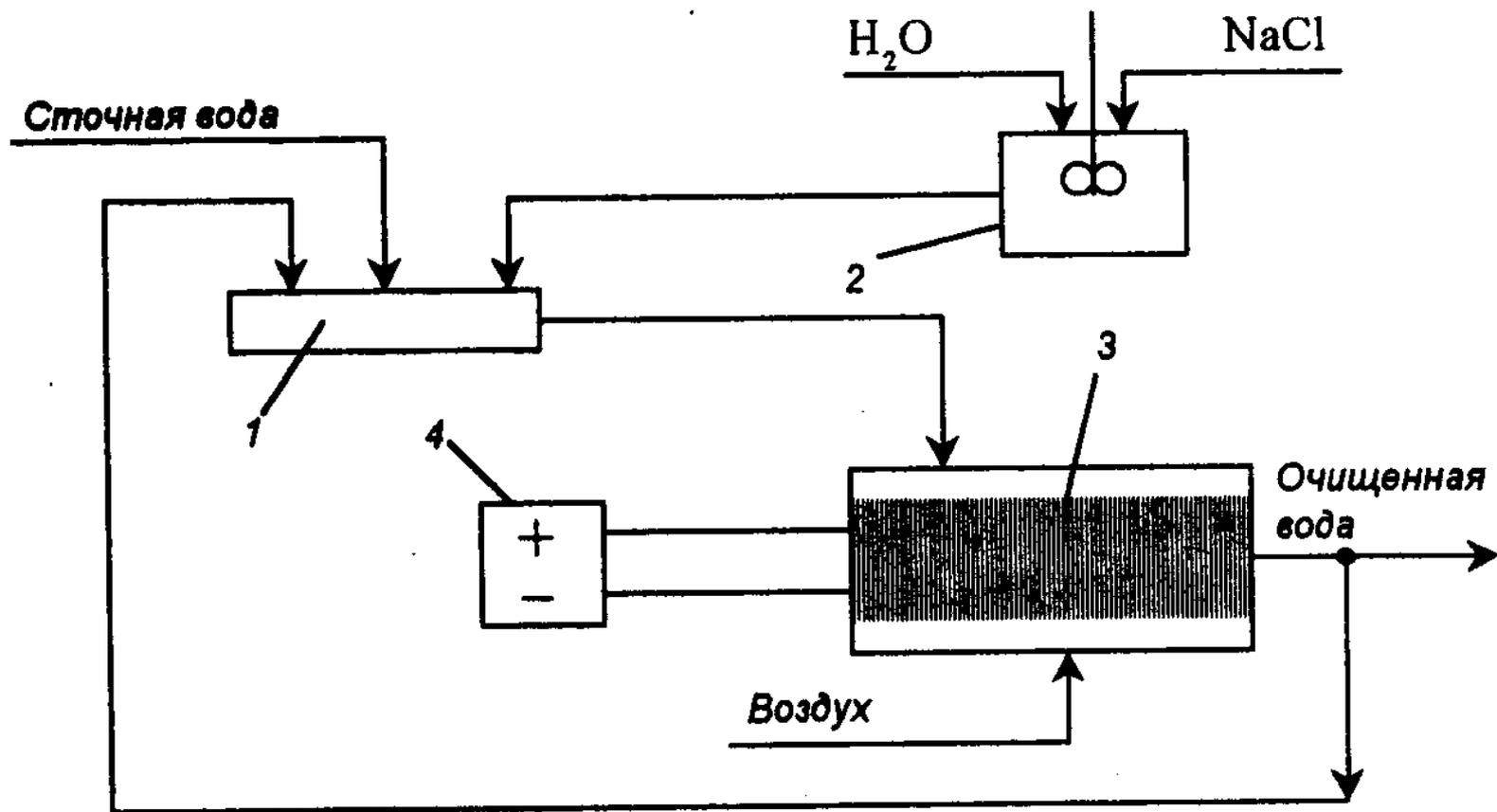
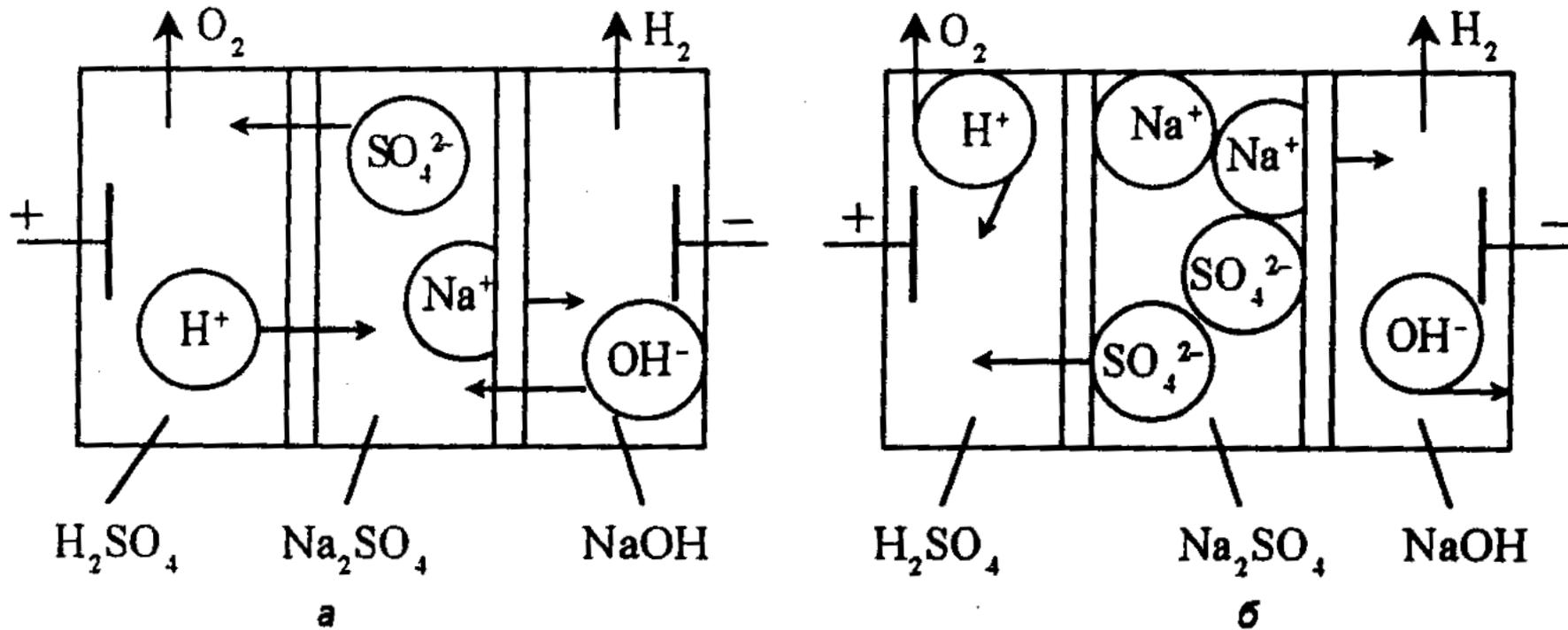


Схема установки электрохимической очистки сточных вод от соединений цианидов: 1 — усреднитель; 2 — бак для приготовления раствора хлорида натрия; 3 — электролизер; 4 — источник постоянного тока

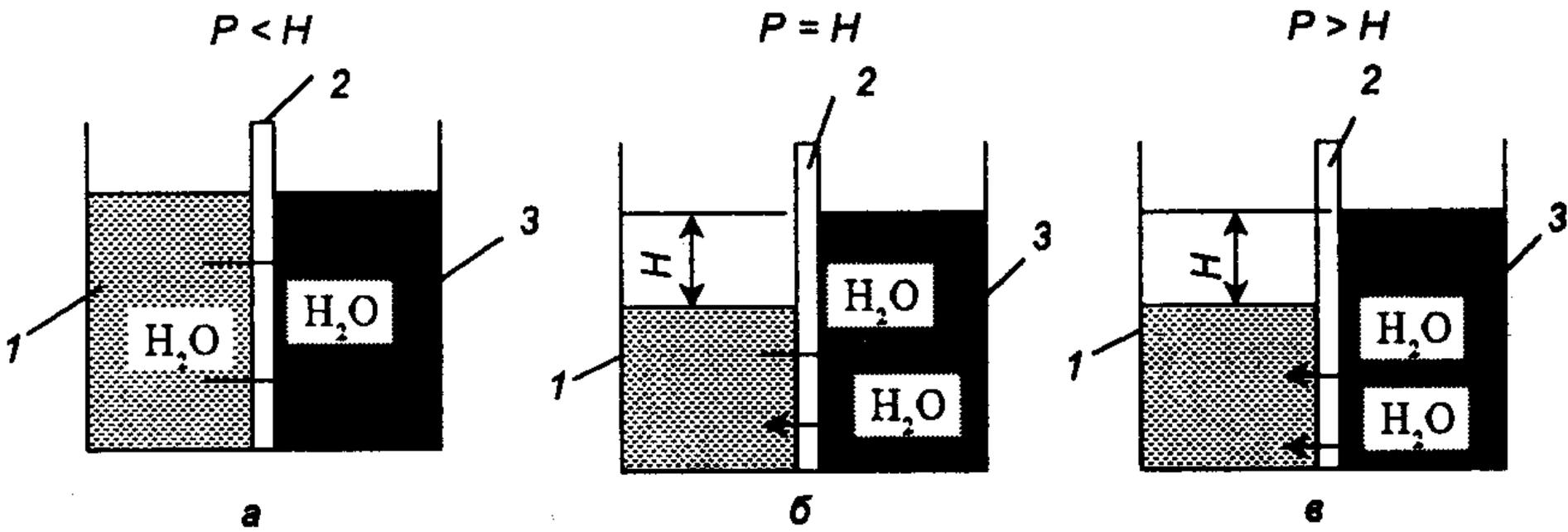
# Классификация методов мембранной технологии

Метод (процесс)	Движущая сила процесса
Диализ	Перепад концентраций
Электродиализ	Разность электрического потенциала
Баромембранные процессы	Перепад давлений
Мембранная дистилляция (испарение через мембрану)	Перепад температур

# Электродиализ



Схемы электролизаторов с пористыми диафрагмами (а) и ионитовыми мембранами (б)

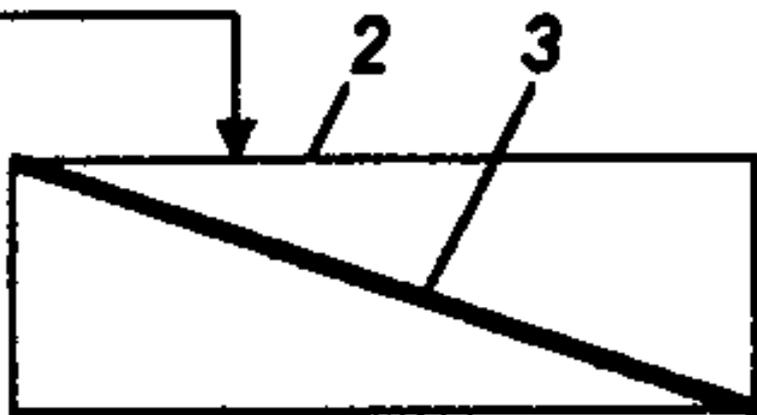


Схемы осмоса ( $H$  — осмотическое давление;  $P$  — рабочее давление): *a* — прямой осмос; *б* — осмотическое равновесие; *в* — обратный осмос; 1 — чистая вода; 2 — мембрана; 3 — раствор

# Классификация методов баромембранной ТЕХНОЛОГИИ

Метод (процесс)	Средний размер пор мембраны, нм	Молекулярная масса задерживаемых веществ, Да	Рабочее давление, МПа
Микрофильтрация	$10^2 - 10^4$	-	0,01 – 0,1
Ультрафильтрация	$(0,03-1)10^2$	$10^3 - 10^6$	0,1 – 1,0
Нанофильтрация	$< 3$	$(0,5 - 1)10^3$	0,5 – 1,5
Обратный осмос	$< 3$	$< 5*10^2$	2,5 – 25,0
В том числе, низконапорный обратный осмос			1,5 – 2,5

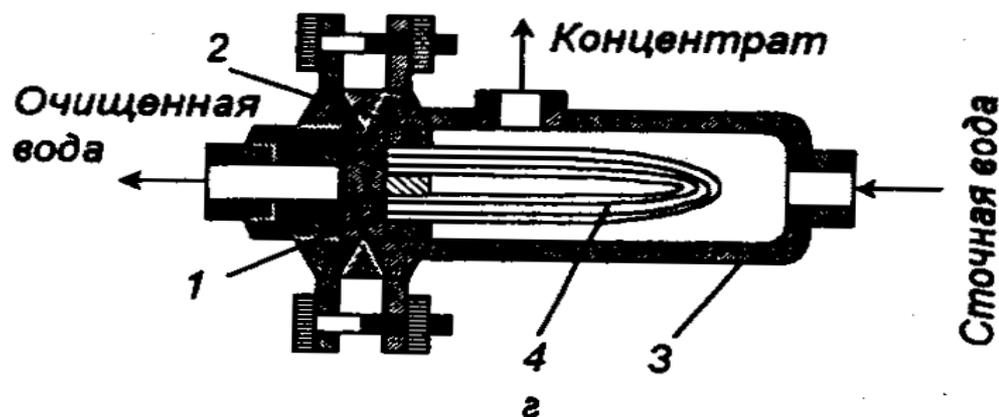
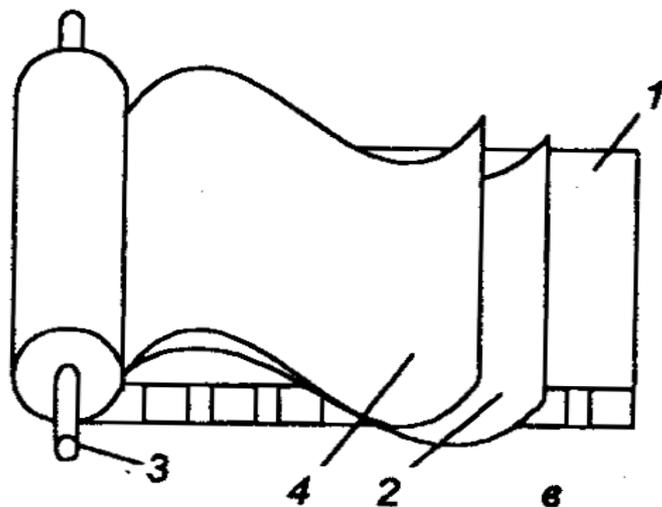
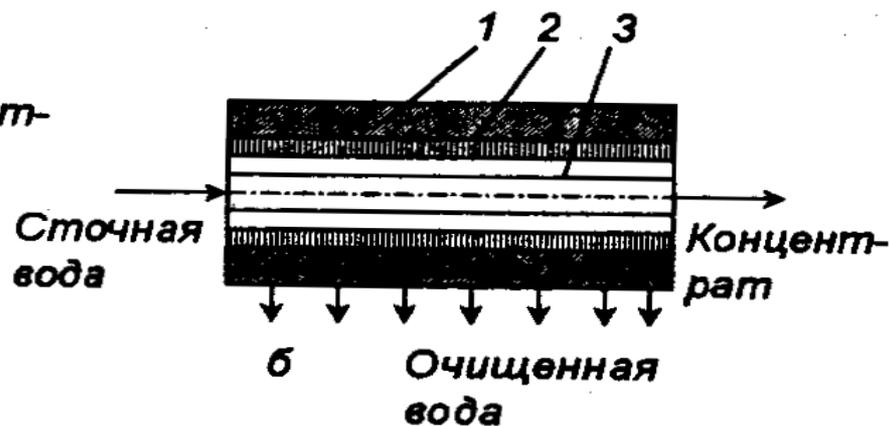
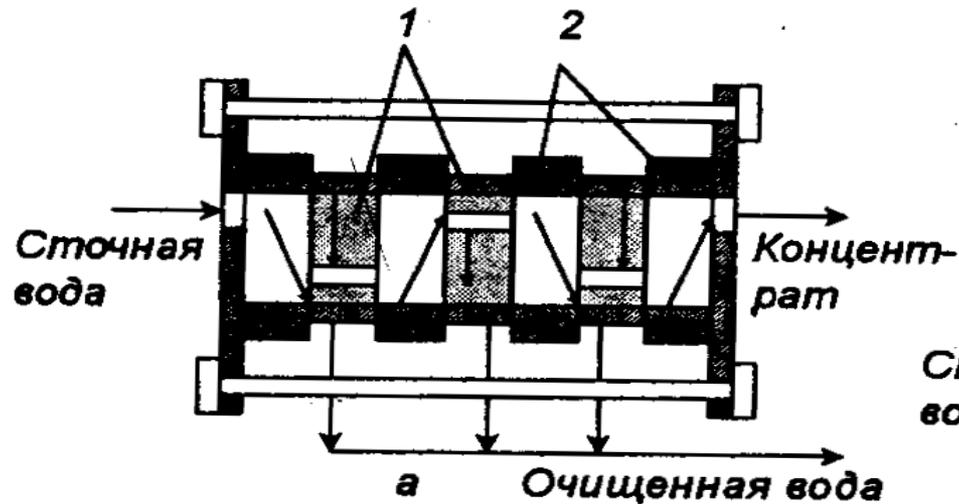
**Сточная  
вода**



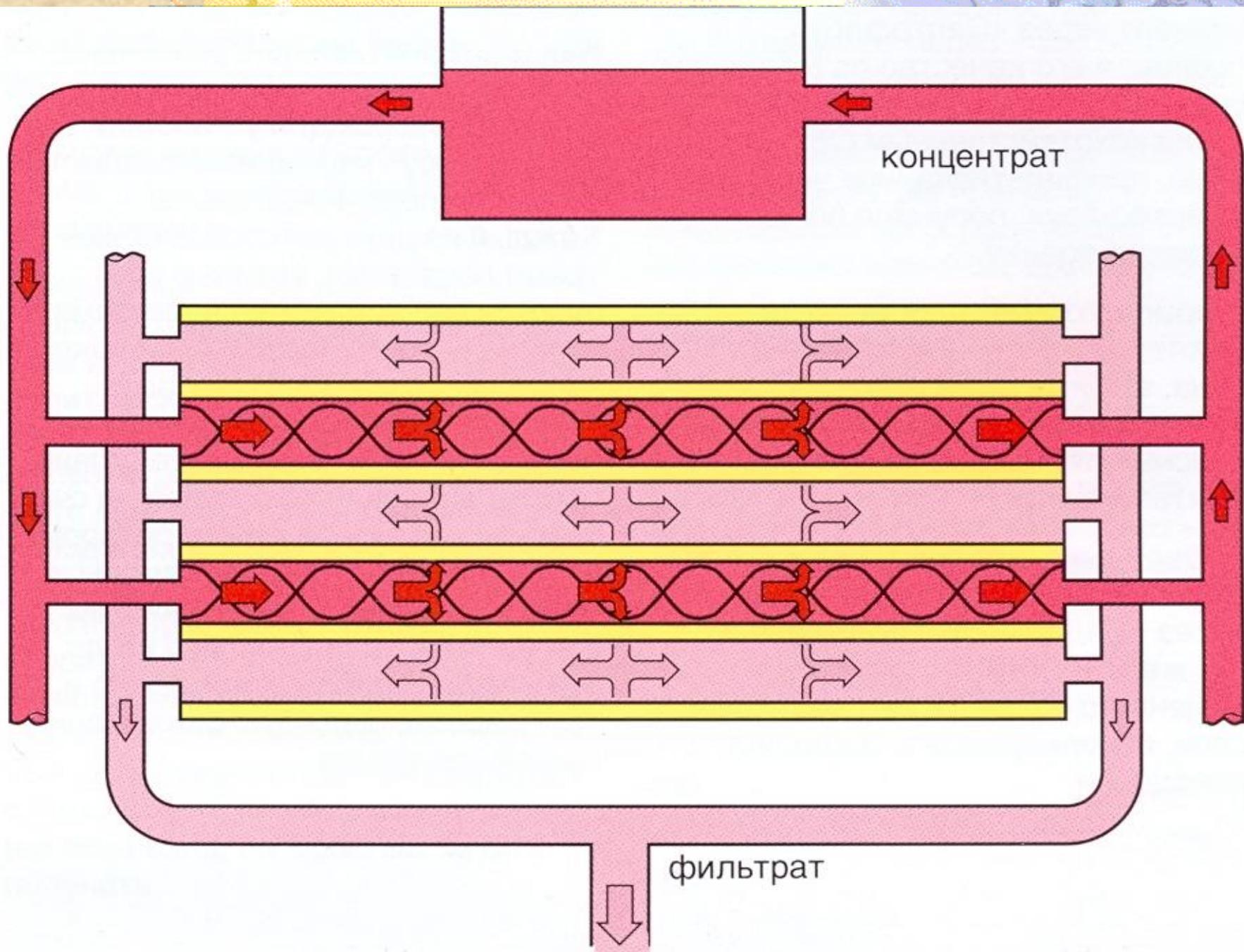
**Очищенная  
вода**

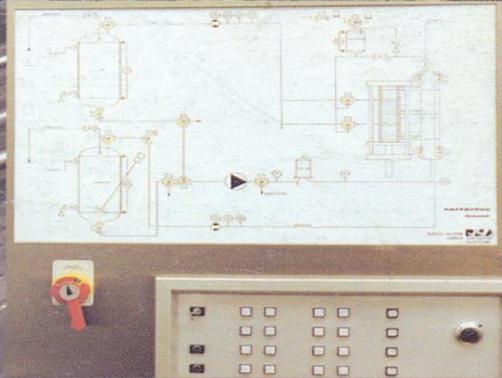


**Концентрат**



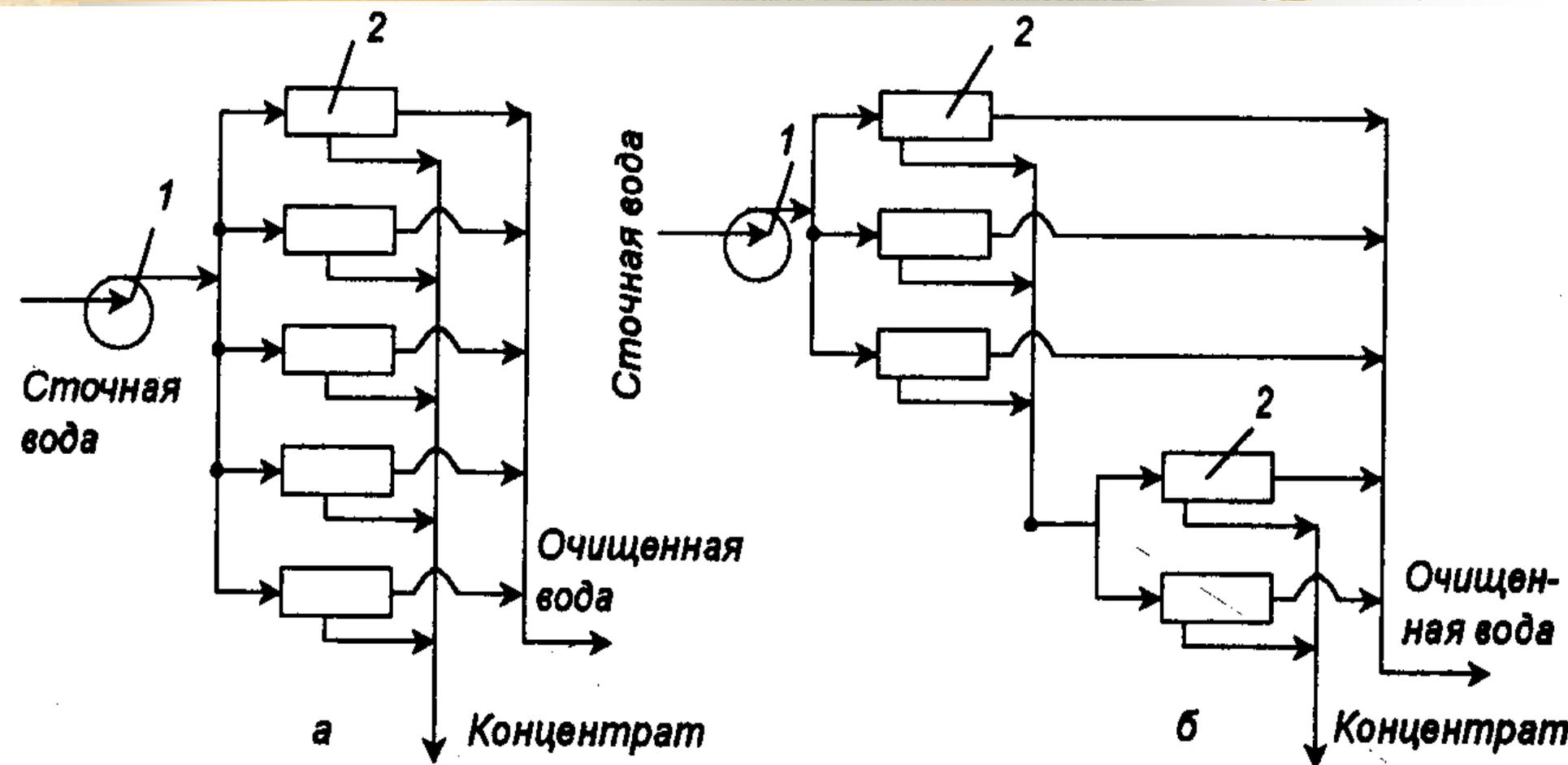
Аппараты для обратного осмоса: *а* — типа фильтр-пресс: 1 — пористые пластины, 2 — мембраны; *б* — трубчатый фильтрующий (элемент): 1 — трубка, 2 — подложка, 3 — мембрана; *в* — с рулонной укладкой полупроницаемых мембран: 1 — дренажный слой, 2 — мембрана, 3 — трубка для отвода очищенной воды, 4 — сетка-сепаратор; *г* — с мембранами в виде полых волокон: 1 — подложка, 2 — шайба с волокном, 3 — корпус, 4 — полые волокна





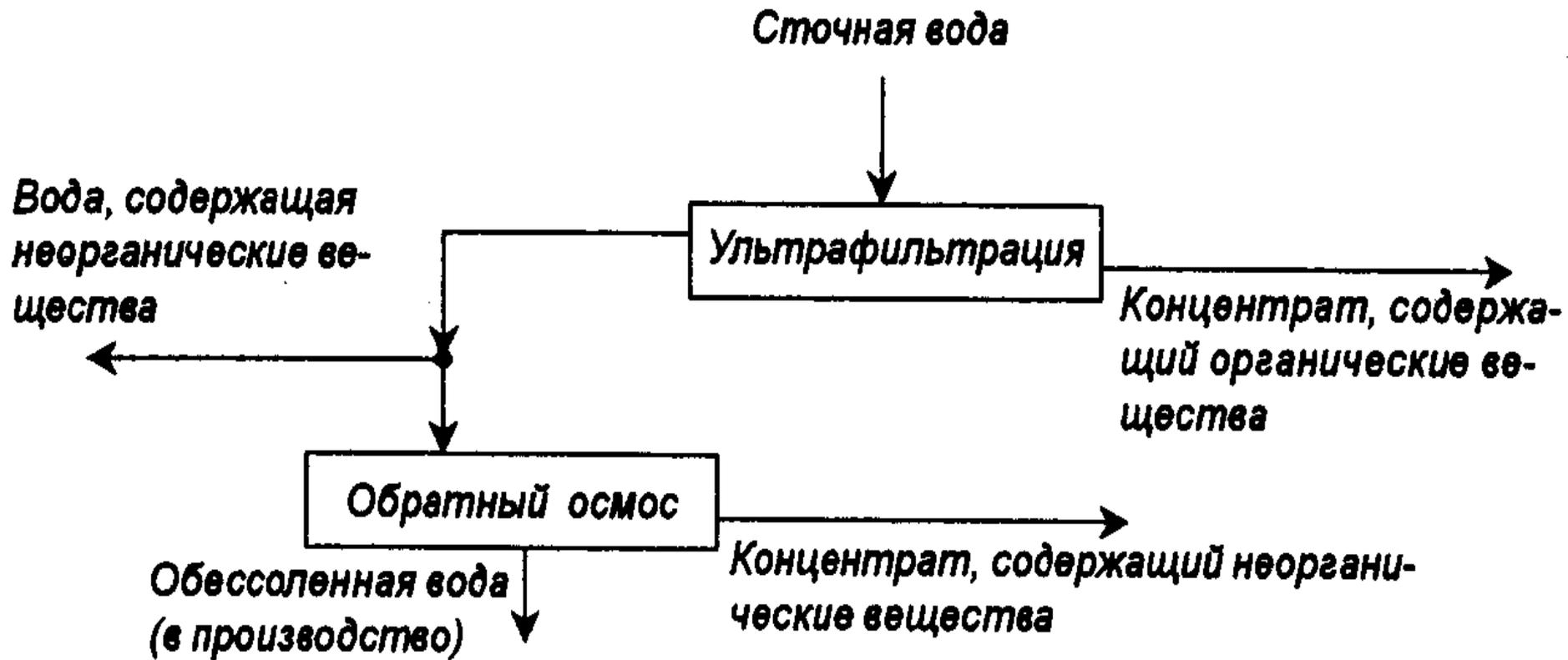






Схемы соединения модулей: а — параллельного; б — ступенчатого;

1 — насосы; 2 — модули



Блок-схема установки разделения органических и неорганических веществ

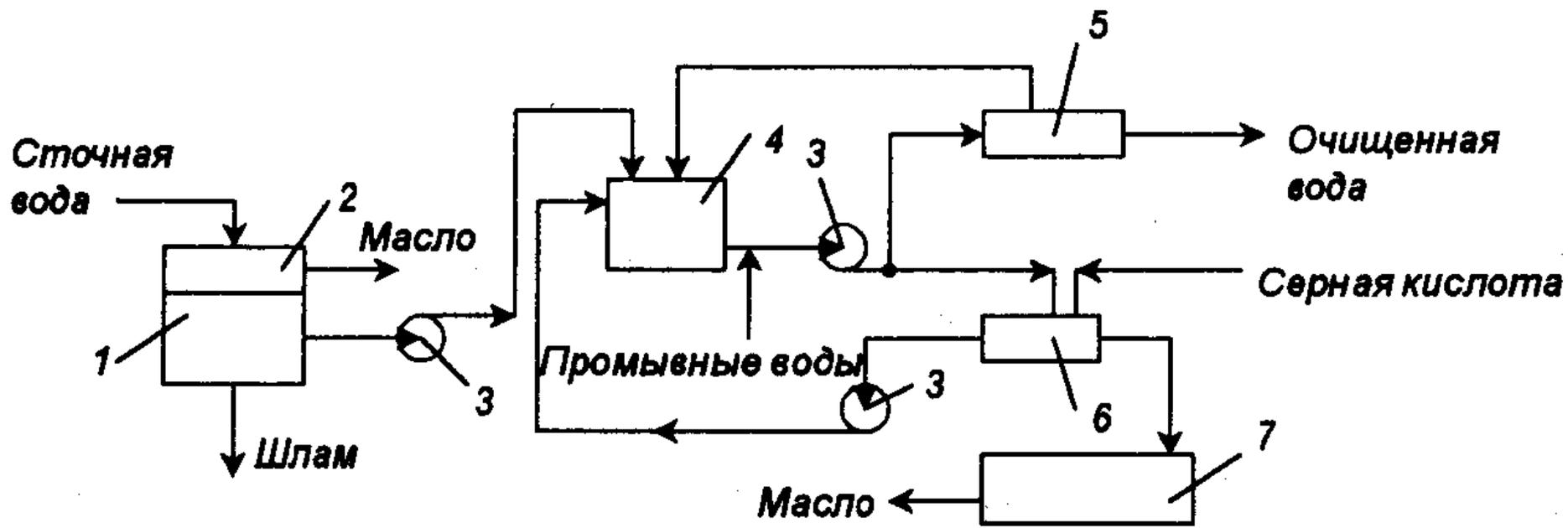


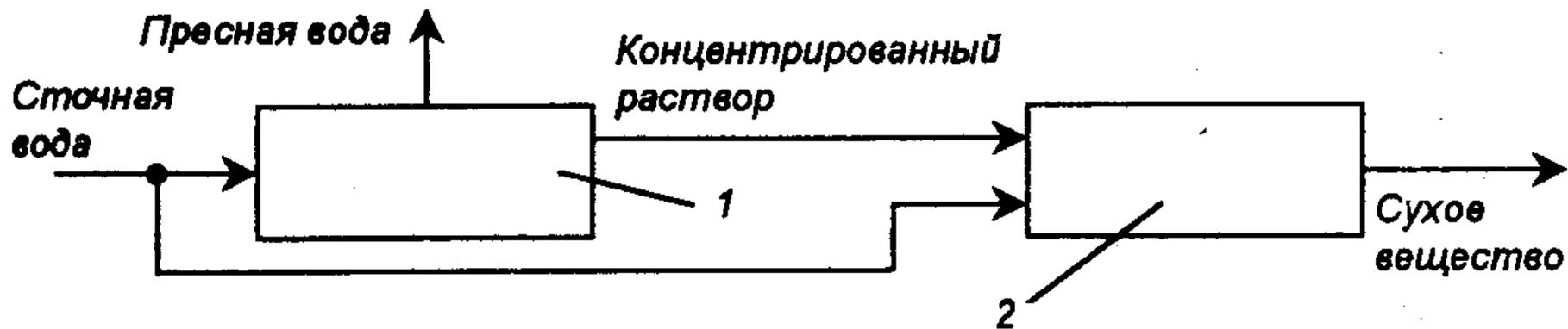
Схема установки для разделения маслоэмульсионных сточных вод ультрафильтрацией: 1 — емкость; 2 — слой нерастворенных масел; 3 — насос; 4 — емкость; 5 — установка ультрафильтрации; 6 — бак для дополнительного отделения воды; 7 — емкость для масла



# **Термические методы очистки сточных вод**



**Методы термического обезвреживания. Требования к установкам термического обезвреживания СВ. Концентрирование СВ в выпарных установках. Очистка в установках: выпарных с гидрофобным теплоносителем, выпарных адиабатических одноступенчатых и многоступенчатых, вымораживания и кристаллогидратных. Термоокислительные методы обезвреживания жидких отходов. Метод жидкостного окисления. Метод парофазного каталитического окисления. "Огневой" метод. Конструкции печей. Установки с рекуперацией тепла и газоочисткой. Сравнительные показатели.**



Стадии разделения минеральных веществ и воды (1 — концентрирование; 2 — выделение сухих веществ)



Классификация установок термического концентрирования растворов

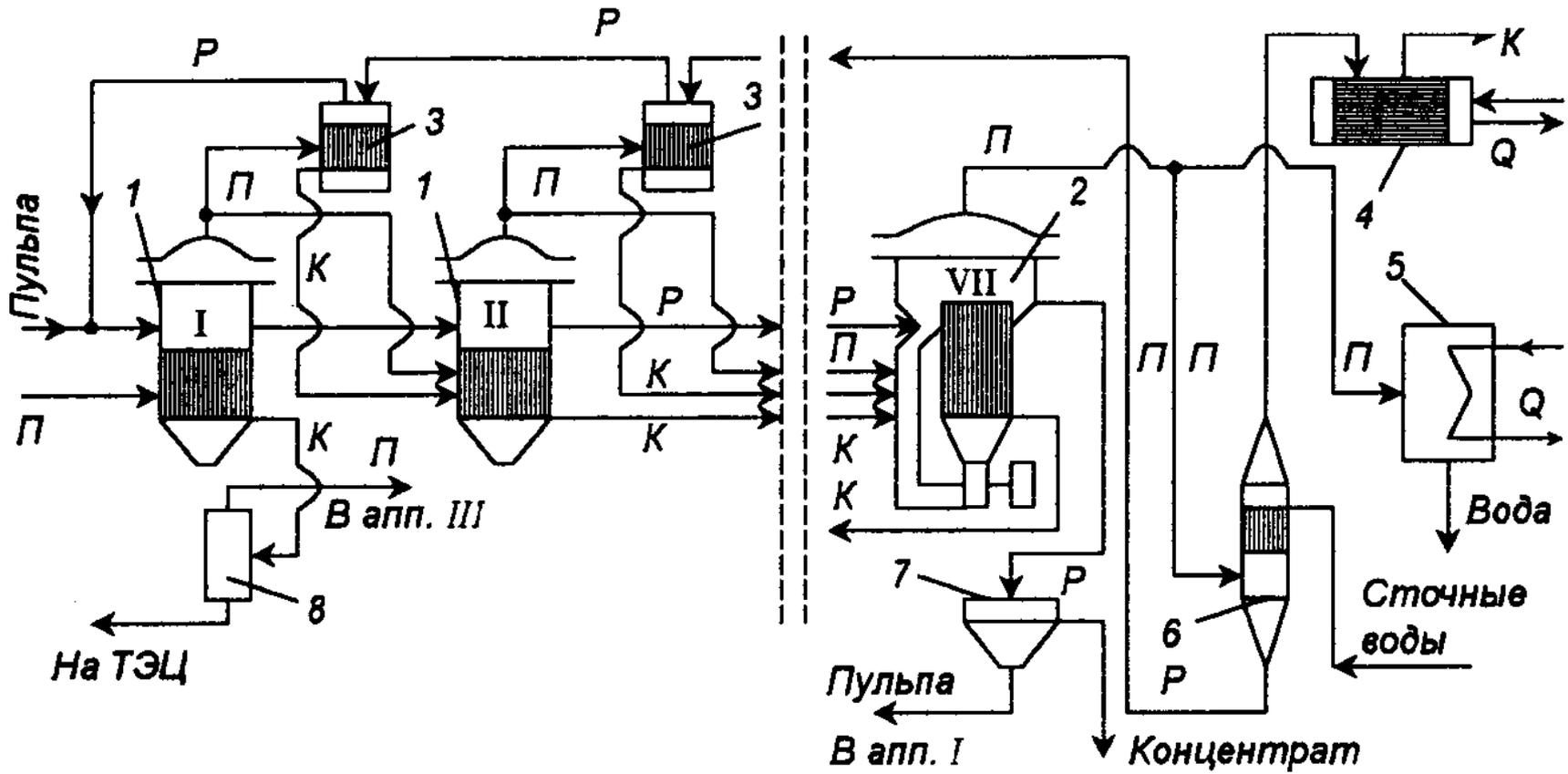
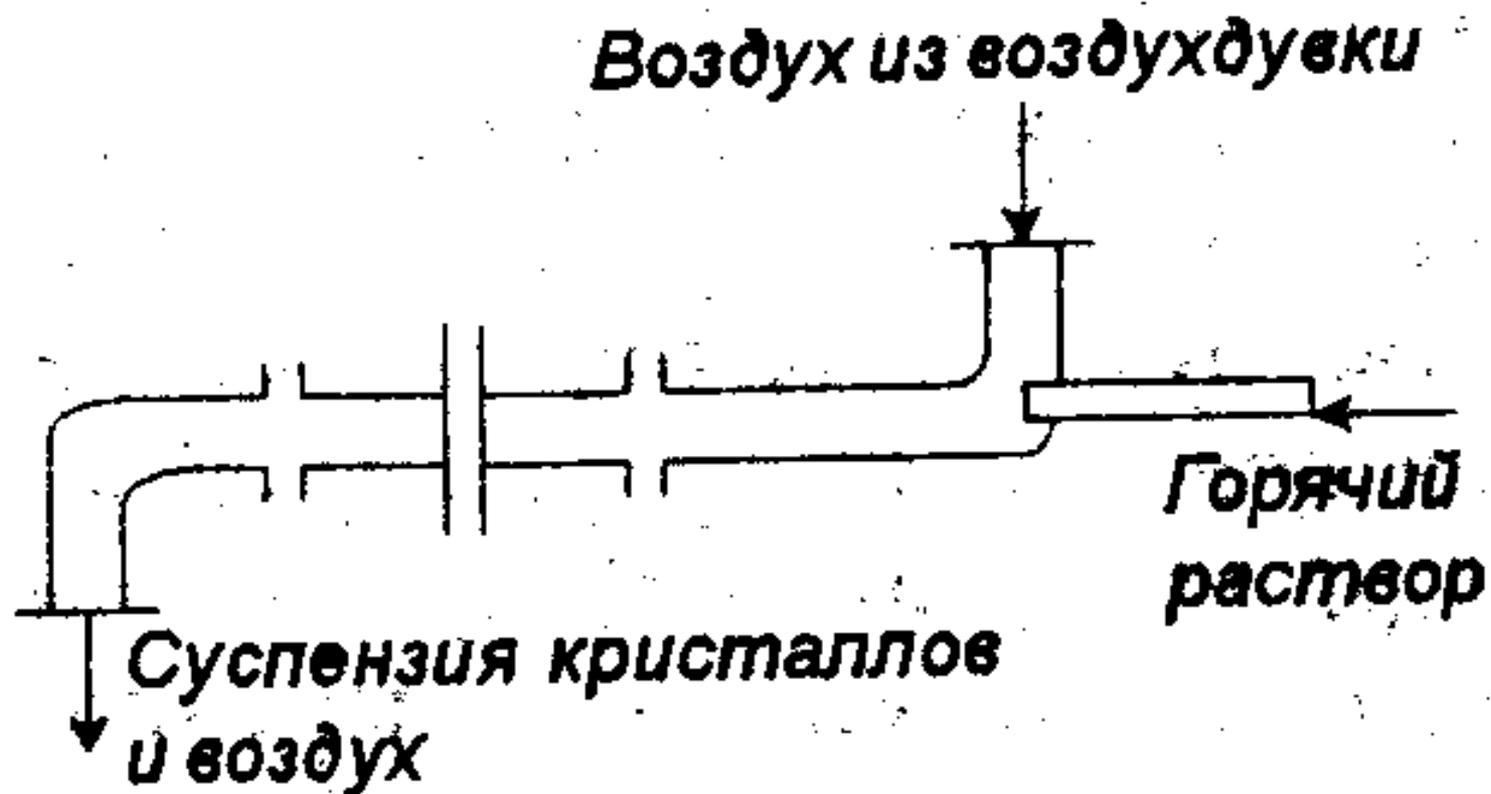


Схема выпарной установки для концентрирования сточной воды:

1, 2 — аппараты с естественной и принудительной циркуляцией соответственно; 3 — регенеративные теплообменники; 4, 5 — конденсаторы; 6 — деаэратор; 7 — отстойник; 8 — самоиспаритель; I, II, ..., VII — номера выпарных аппаратов; П — пар; Р — раствор; К — конденсат



**Кристаллизатор со смо-  
ченной стенкой**

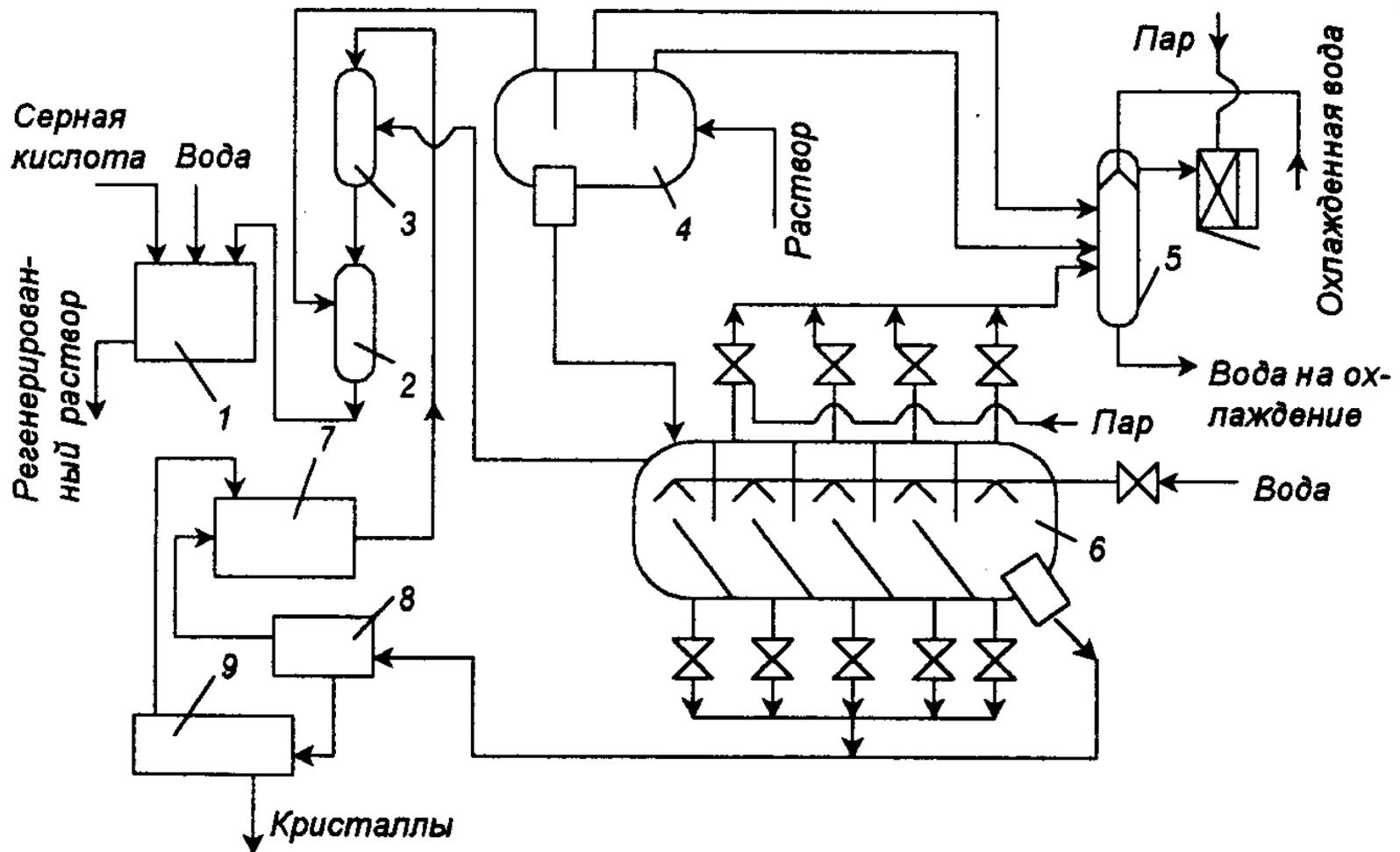
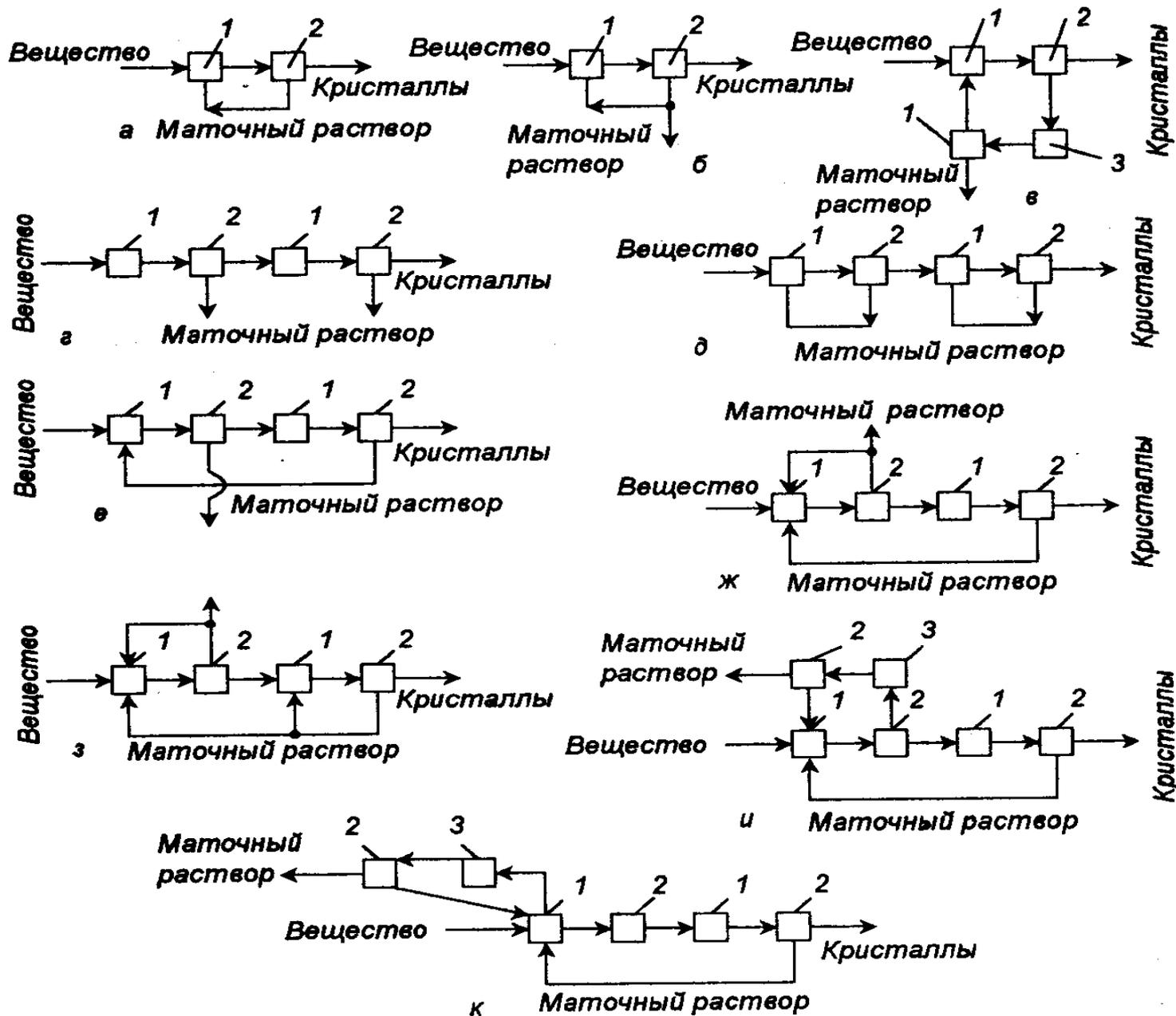


Схема регенерации травильных растворов с получением кристаллов сульфата железа: 1 — смеситель; 2, 3, 5 — барометрические конденсаторы; 4 — испаритель; 6 — кристаллизатор; 7 — емкость; 8 — сгуститель; 9 — центрифуга



Схемы (а—к) кристаллизации из растворов:

Стадии: 1 — растворение; 2 — кристаллизация; 3 — выщелачивание

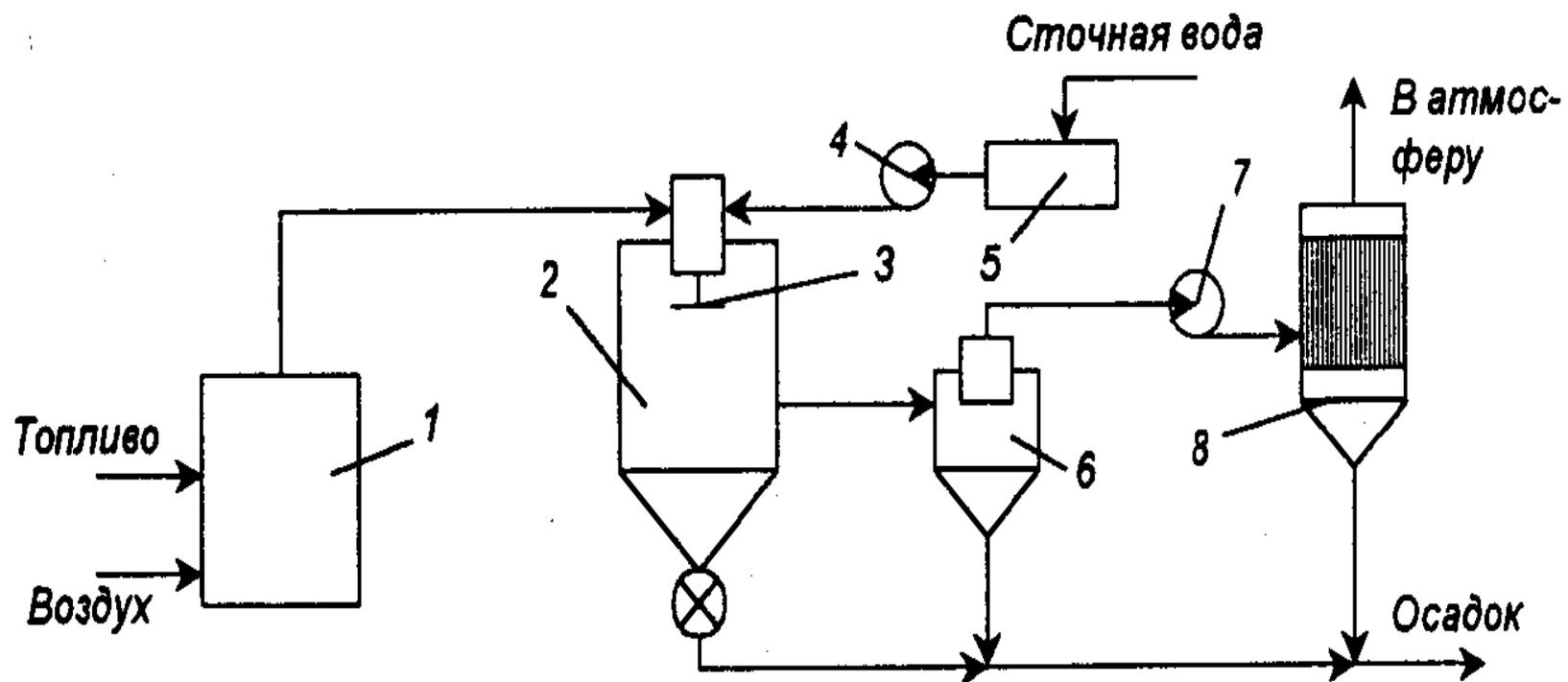
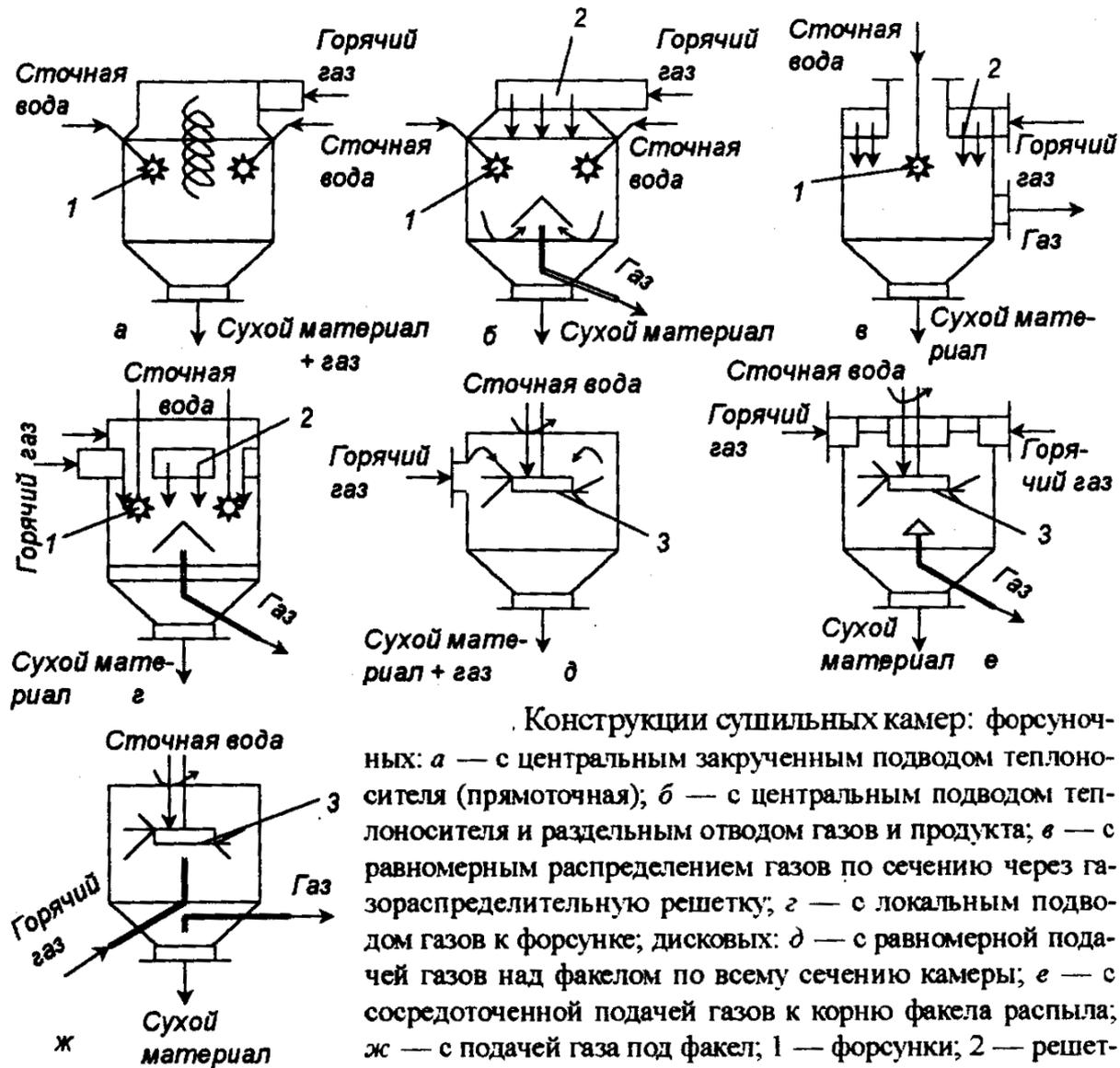
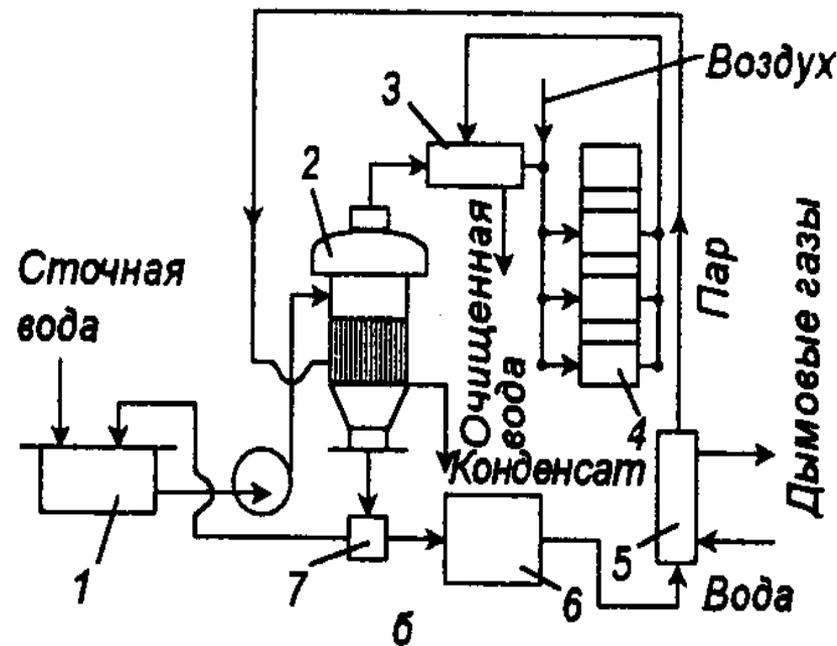
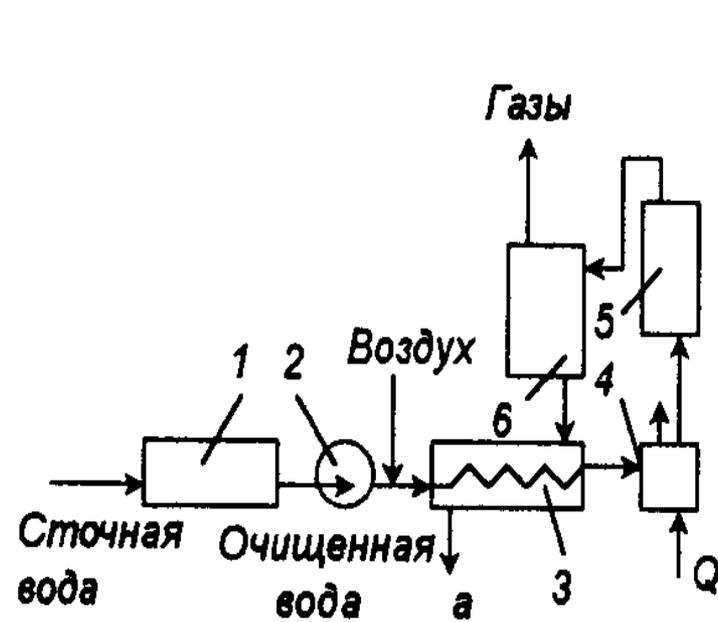


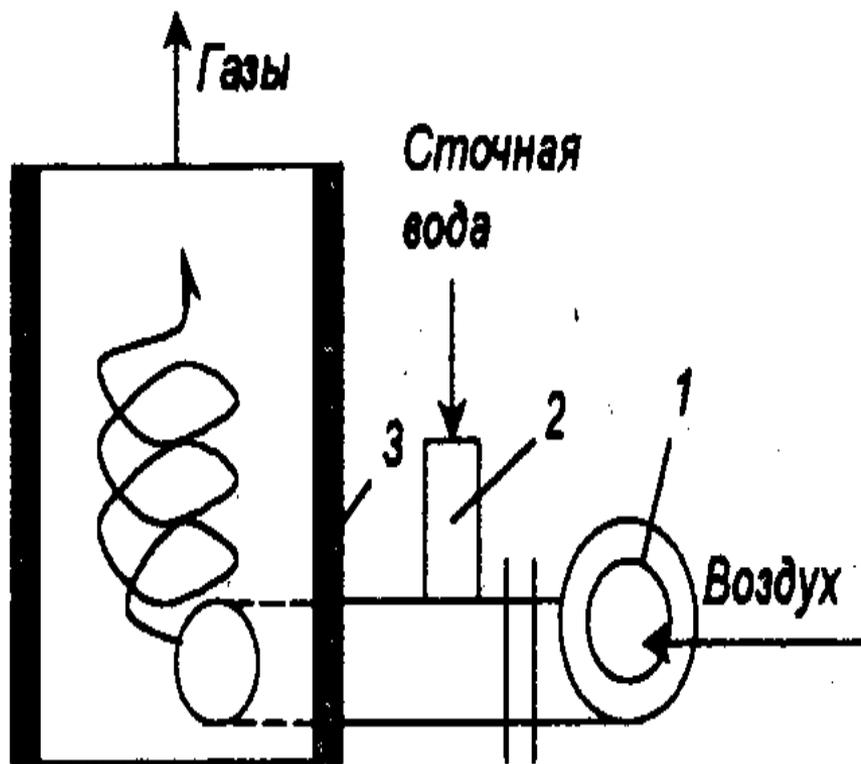
Схема распылительной сушильной установки: 1 — топка; 2 — сушильная камера; 3 — распылитель; 4 — насос; 5 — емкость; 6 — циклон; 7 — вентилятор; 8 — рукавный фильтр



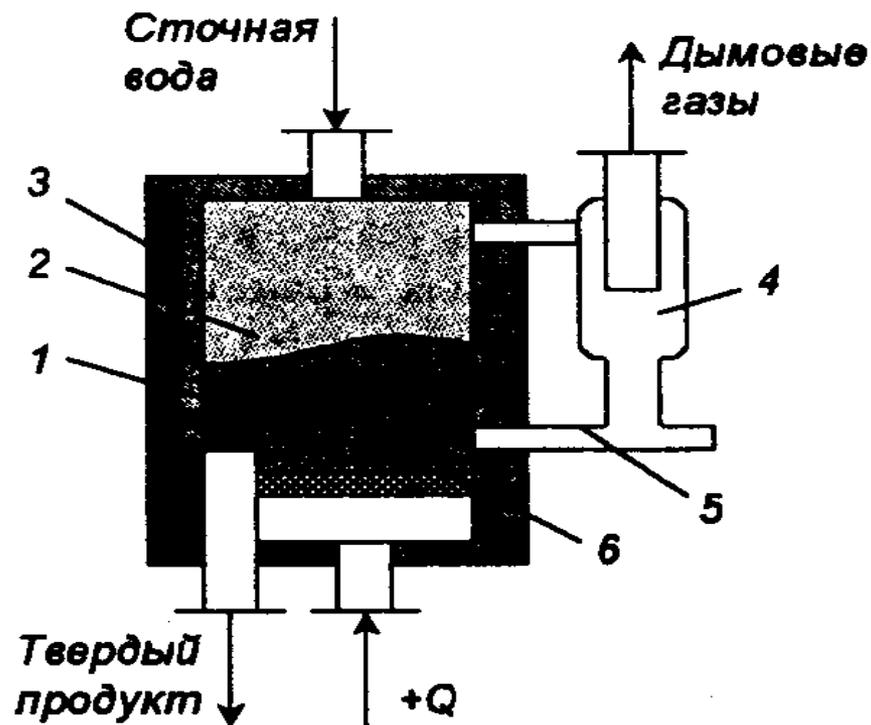
Конструкции сушильных камер: форсуночных: а — с центральным закрученным подводом теплоносителя (прямоточная); б — с центральным подводом теплоносителя и отдельным отводом газов и продукта; в — с равномерным распределением газов по сечению через газораспределительную решетку; г — с локальным подводом газов к форсунке; дисковых: д — с равномерной подачей газов над факелом по всему сечению камеры; е — с сосредоточенной подачей газов к корню факела распыла; ж — с подачей газа под факел; 1 — форсунки; 2 — решетки; 3 — диски



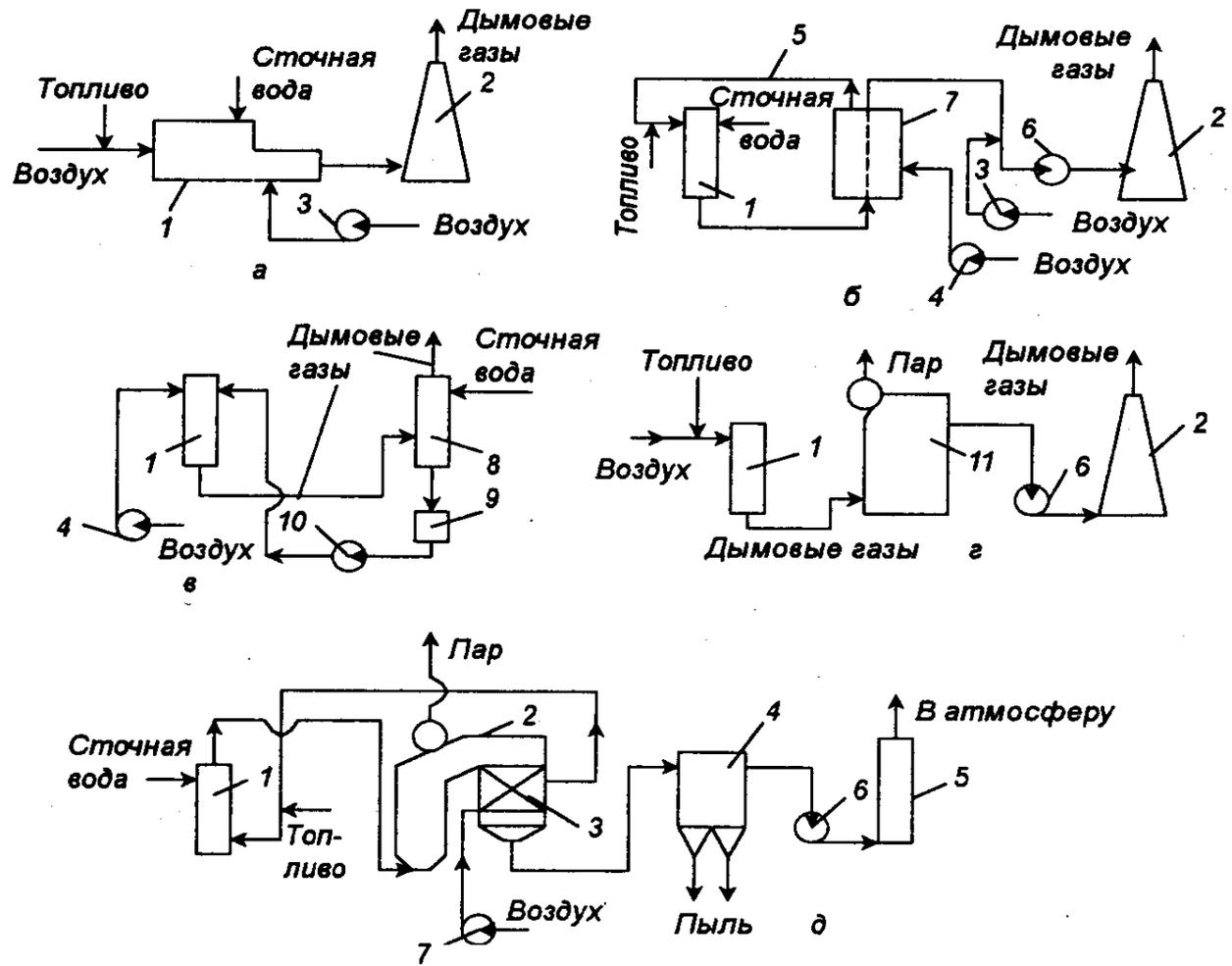
Схемы установок для очистки сточных вод: *а* — жидкофазным окислением: 1 — сборник, 2 — насос, 3 — теплообменник, 4 — печь, 5 — реактор, 6 — сепаратор; *б* — каталитическим окислением: 1 — емкость, 2 — выпарной аппарат, 3 — теплообменник, 4 — контактный аппарат, 5 — котел-утилизатор, 6 — печь, 7 — центрифуга



Циклонная печь: 1 — воздухоподувка; 2 — питающее устройство; 3 — печь



Печь с псевдооживленным слоем: 1 — зона плотной фазы оживленного слоя; 2 — зона разбавленной фазы; 3 — корпус; 4 — циклон; 5 — труба для возврата материала; 6 — газораспределительная решетка



Схемы установки огневого обезвреживания сточных вод: а — без рекуперации тепла и очистки отходящих газов; б — с подогревом дутьевого воздуха; в — с упариванием сточных вод дымовыми газами; г — с образованием пара: 1 — печь, 2 — дымовая труба, 3 — вентилятор, 4 — воздуходувка, 5 — газоход, 6 — дымосос, 7 — воздухоподогреватель, 8 — испаритель, 9 — емкость, 10 — насос, 11 — котел-утилизатор; д — с рекуперацией тепла и сухой очисткой



# **Методы захоронения СТОЧНЫХ ВОД**



**Захоронение и закачивание *СВ* в глубокие горизонты.**

**Характеристика *СВ*, подлежащих захоронению.**

**Методы закачивания: в поглощающие пласты, в нефтегазоносные пласты, в отработанные шахты, в подземные емкости.**

**Захоронение в контейнерах. Подготовка *СВ* к захоронению**



В своде Федеральных Инструкций (40 CFR 148.20 /a/ /1/) приводятся следующие 2 положения, при соблюдении хотя бы одного из которых закачка разрешена:

- - условия движения жидкости таковы, что закачиваемые жидкости не будут мигрировать в течение 10 тысяч лет по вертикали вверх по отношению к зоне закачке, или горизонтально в плоскости зоны закачки, до границы раздела с подземным источником питьевой воды;
- - до того как закачанная жидкость выйдет из зоны захоронения или достигнет границ подземного источника питьевой воды, она перестанет представлять опасность благодаря ослаблению, превращению или связыванию вредных составляющих из-за гидролиза, химических взаимодействий или других процессов.

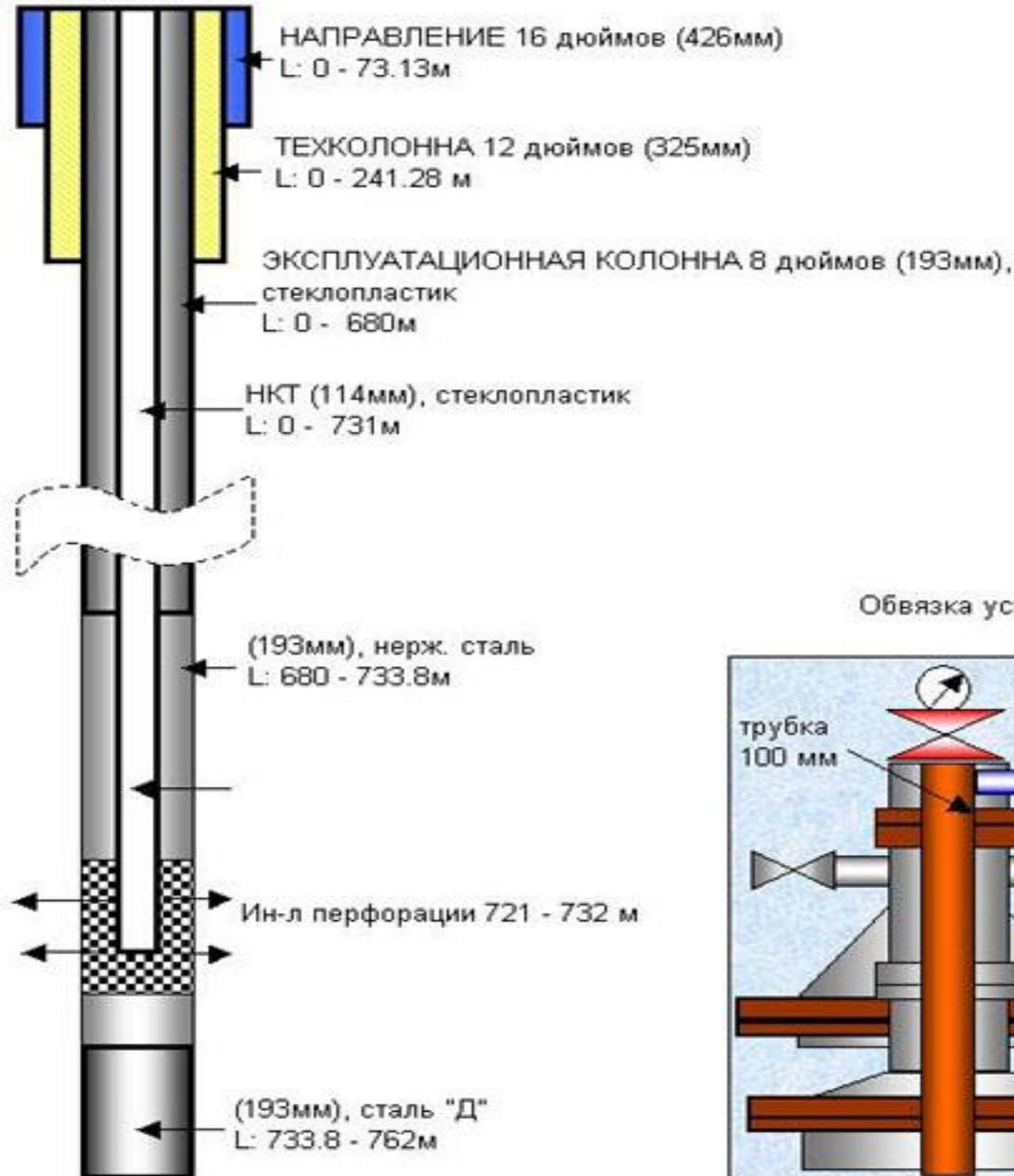
## Объем закачанных отходов по отраслям промышленности (1983)

<b>№№ п/п</b>	<b>Тип отходов</b>	<b>Объем млн. гал/год</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1.</b>	<b>Органические химикаты</b>	<b>5868</b>	<b>50.9</b>
<b>2.</b>	<b>Нефтеперерабатывающая промышленность</b>	<b>2888</b>	<b>25.0</b>
<b>3.</b>	<b>Различные химические продукты</b>	<b>687</b>	<b>6.0</b>
<b>4.</b>	<b>Сельскохозяйственные химикаты</b>	<b>525</b>	<b>4.6</b>
<b>5.</b>	<b>Неорганическая химия</b>	<b>254</b>	<b>2.2</b>
<b>6.</b>	<b>Коммерческие отходы</b>	<b>475</b>	<b>4.1</b>
<b>7.</b>	<b>Металлы и минералы</b>	<b>672</b>	<b>5.8</b>
<b>8.</b>	<b>Аэрокосмическая промышленность</b>	<b>169</b>	<b>1.5</b>
	<b>ВСЕГО</b>	<b>11538</b>	<b>100</b>

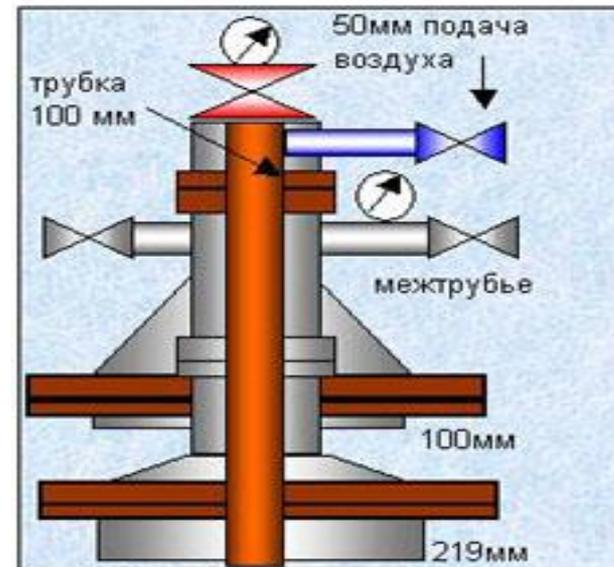
# СКВ №12

НАГНЕТАТЕЛЬНАЯ НА НИЖНИЙ РАБОЧИЙ ПЛАСТ

## Конструкция

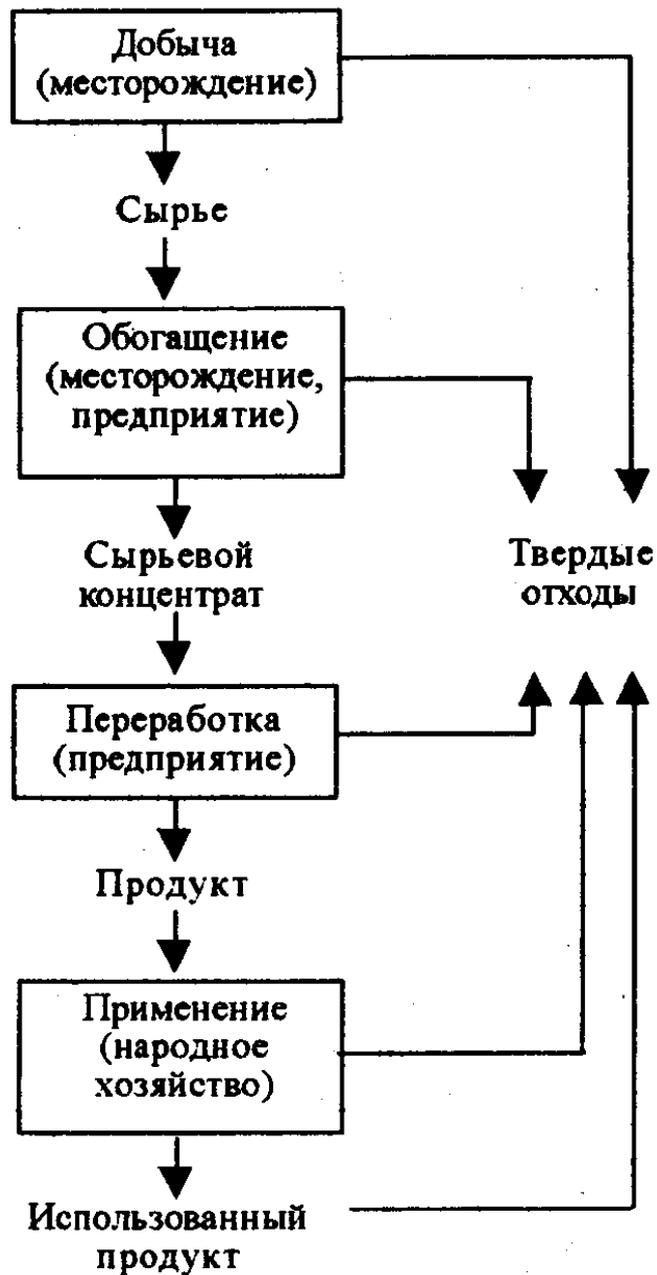


## Обвязка устья



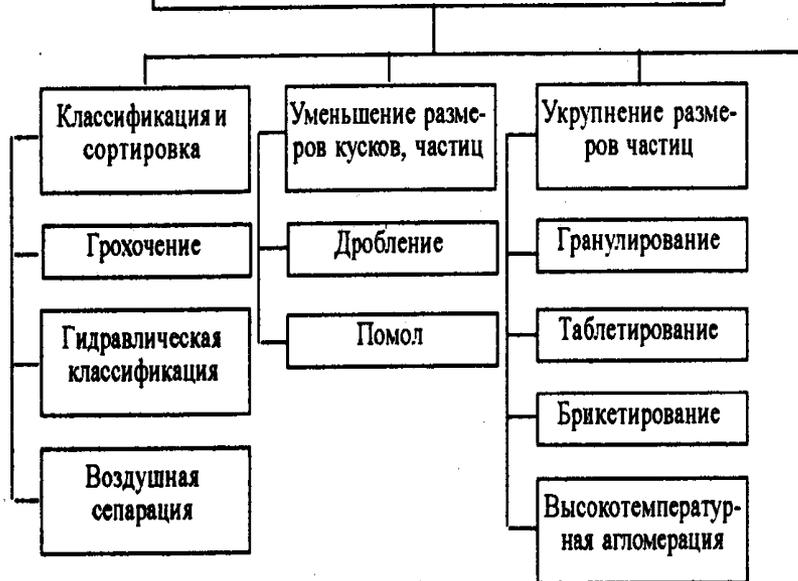


# **Переработка твердых ОТХОДОВ**

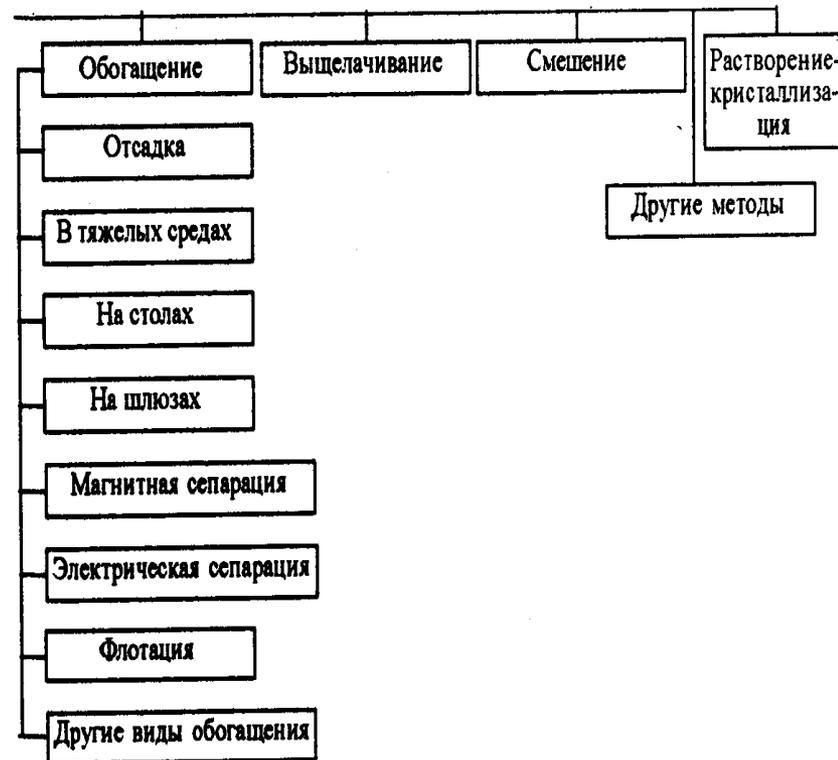


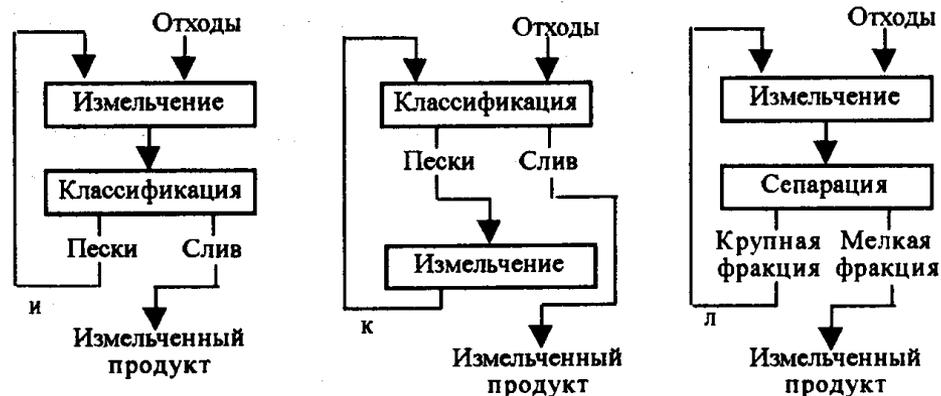
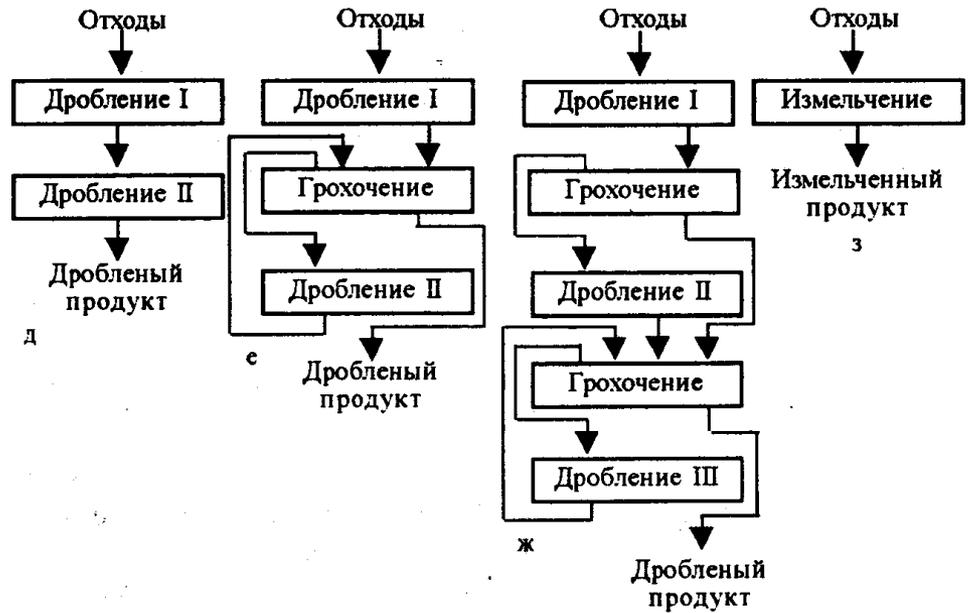
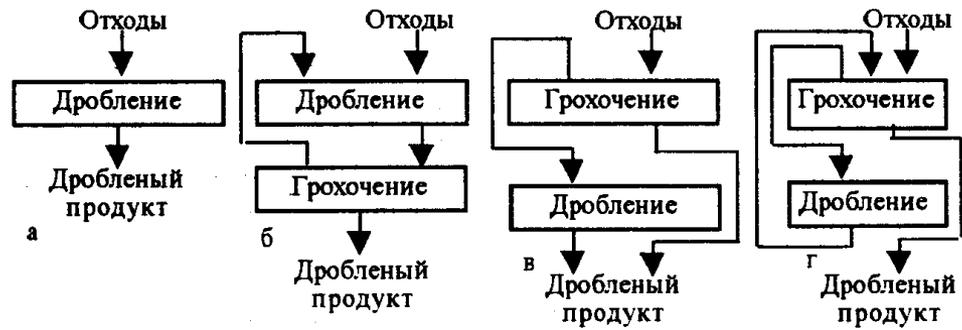
**Источники возникновения твердых отходов в материальном производстве**

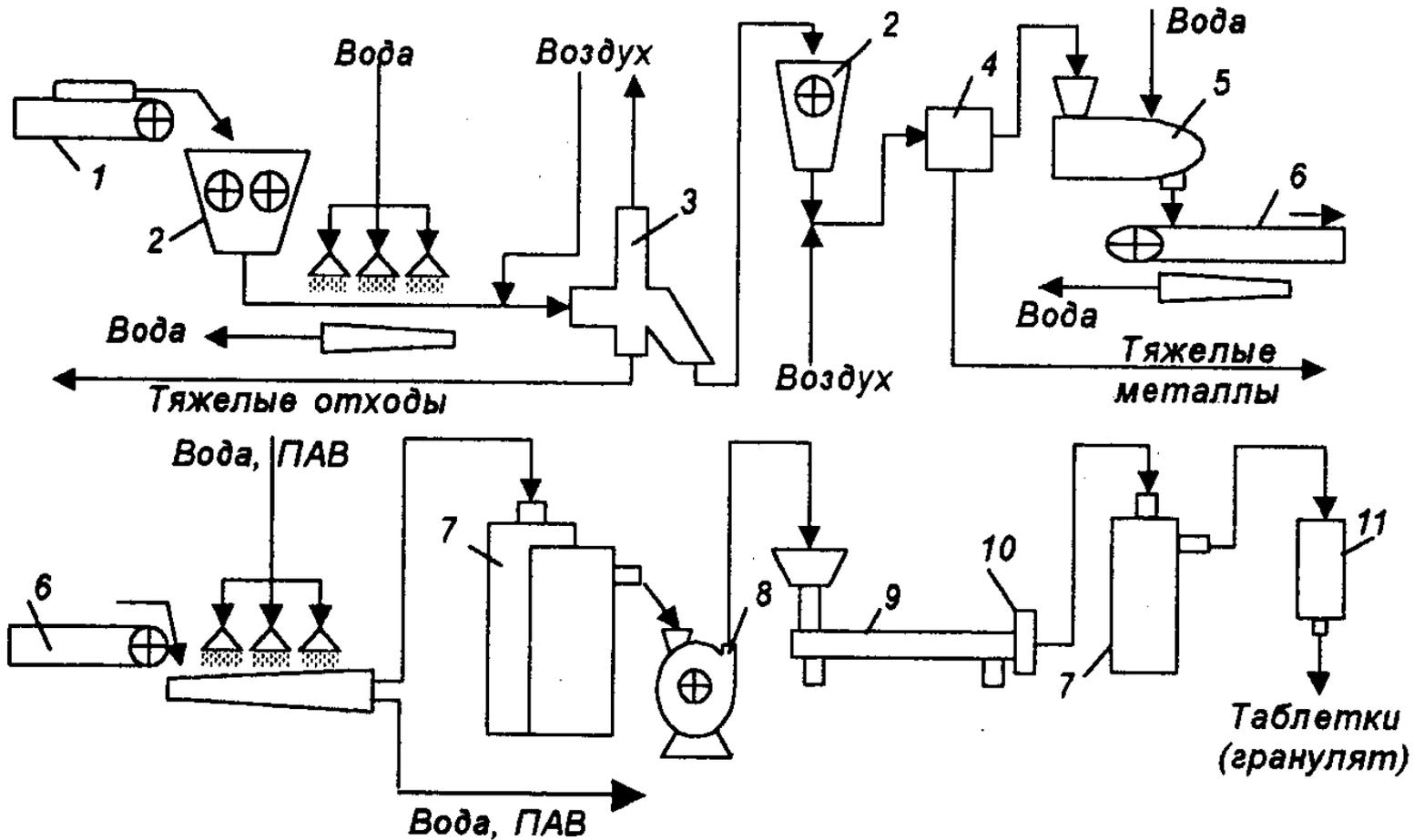
## Методы подготовки и переработки твердых отходов



Методы подготовки и переработки твердых отходов







**Схема регенерации пластмассовых отходов:**

- 1 – конвейер для подачи мешков; 2 – дробилки; 3 – воздушный классификатор;  
 4 – магнитный сепаратор; 5 – промыватель; 6 – конвейер; 7 – центробежная сушилка



**АССОЦИАЦИЯ ПО СНОСУ ЗДАНИЙ (22 фирмы, март 2008 г.)**

**Комплекс дробилок на стационарной площадке во Всеволожском районе (есть еще 2 накопительные) До 100 тыс. т переработки в**



**Предварительное дробление крупных кусков железобетона**



**Щековая дробилка с магнитным сепаратором для выделения металла**



**Щековая дробилка с магнитным сепаратором для выделения металла и узлом для дробления крупных кусков**

# Мобильный комплекс грохочения





**Разборка строительных отходов с извлечением металлических отходов**

**Суммарная степень переработки отходов 90-95%**

# **Малоотходная технология и ресурсосберегающая техника как основа оптимального сочетания экологических, социальных и экономических интересов общества**

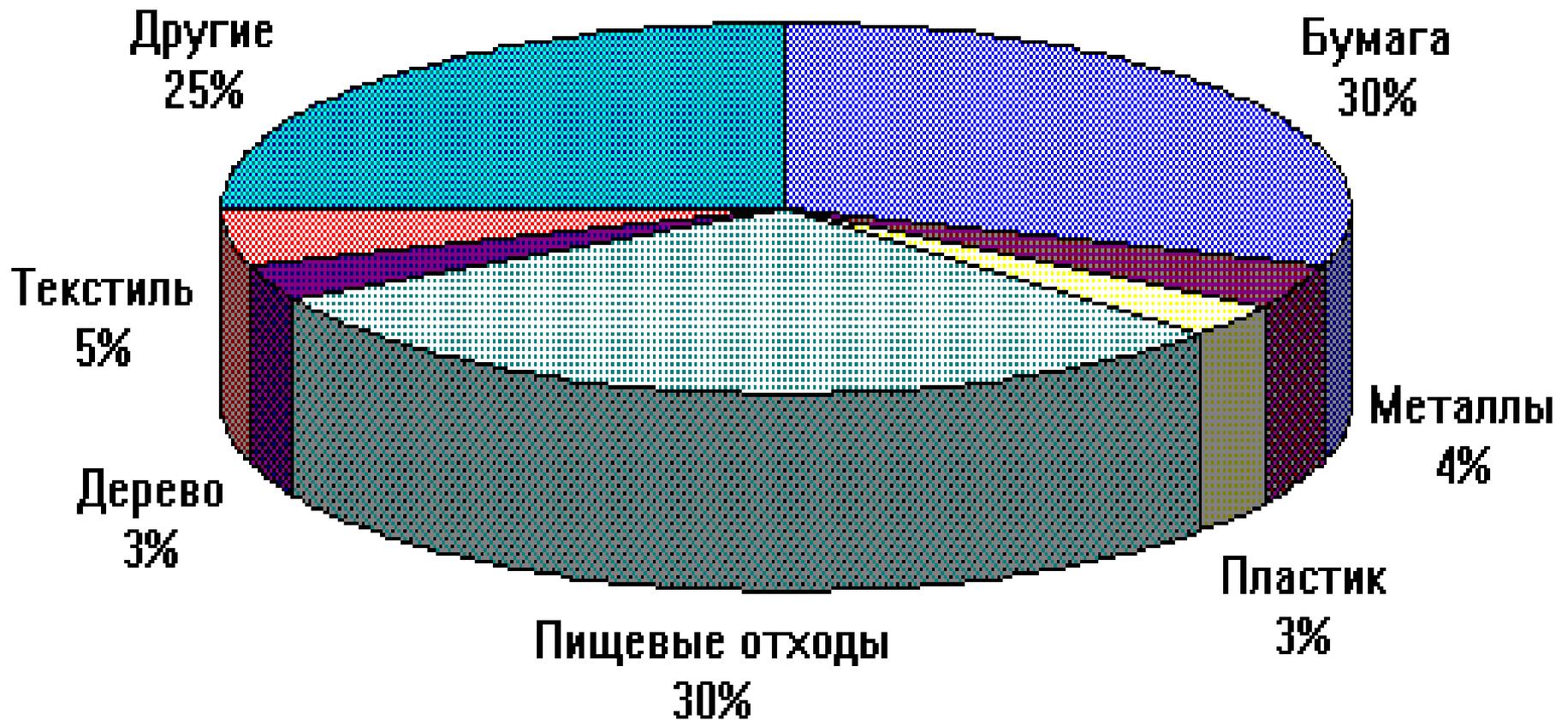
Твердые бытовые отходы.

Территориально-производственные комплексы (ТПК) и  
экопарки.

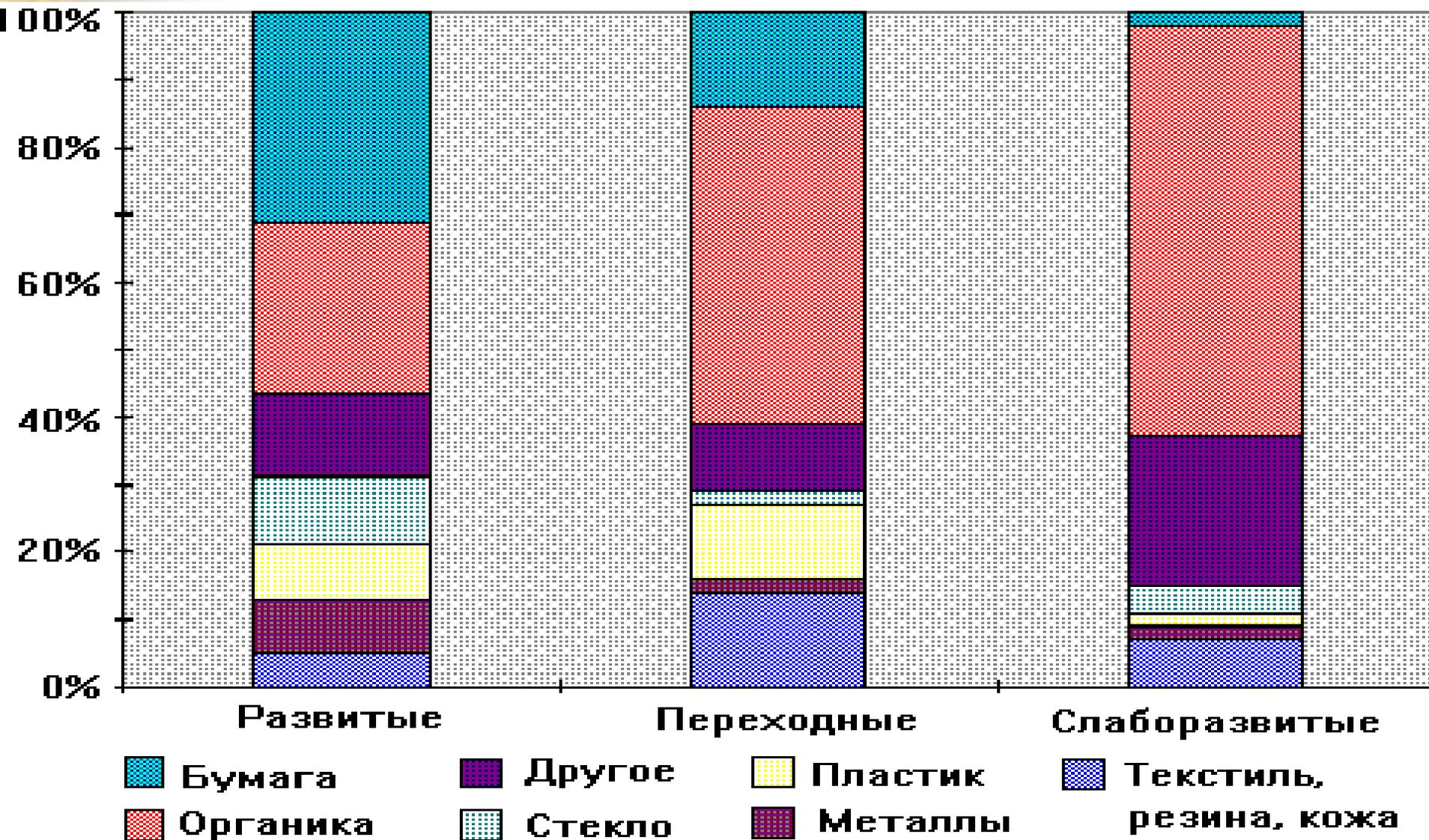
# ТБО

Компоненты отходов	Развитые страны мира	Москва
Бумага, картон	20-40	28,8
Металлы	2-10	5,7
Пищевые отходы	25-40	28,5
Пластмасса	3-8	5,1
Текстиль	4-6	3,0
Стекло	4-10	4,4
Различные горючие материалы		1,8
Инертные материалы		3,4
Отсев (-15 мм)		16,1

# Примерный состав ТБО в РФ в 2002 г.



# Распределение отходов по категориям в различных странах





TRANS  
971-523110

# Среднестатистический морфологический состав ТБО 2009 года города Санкт-Петербурга

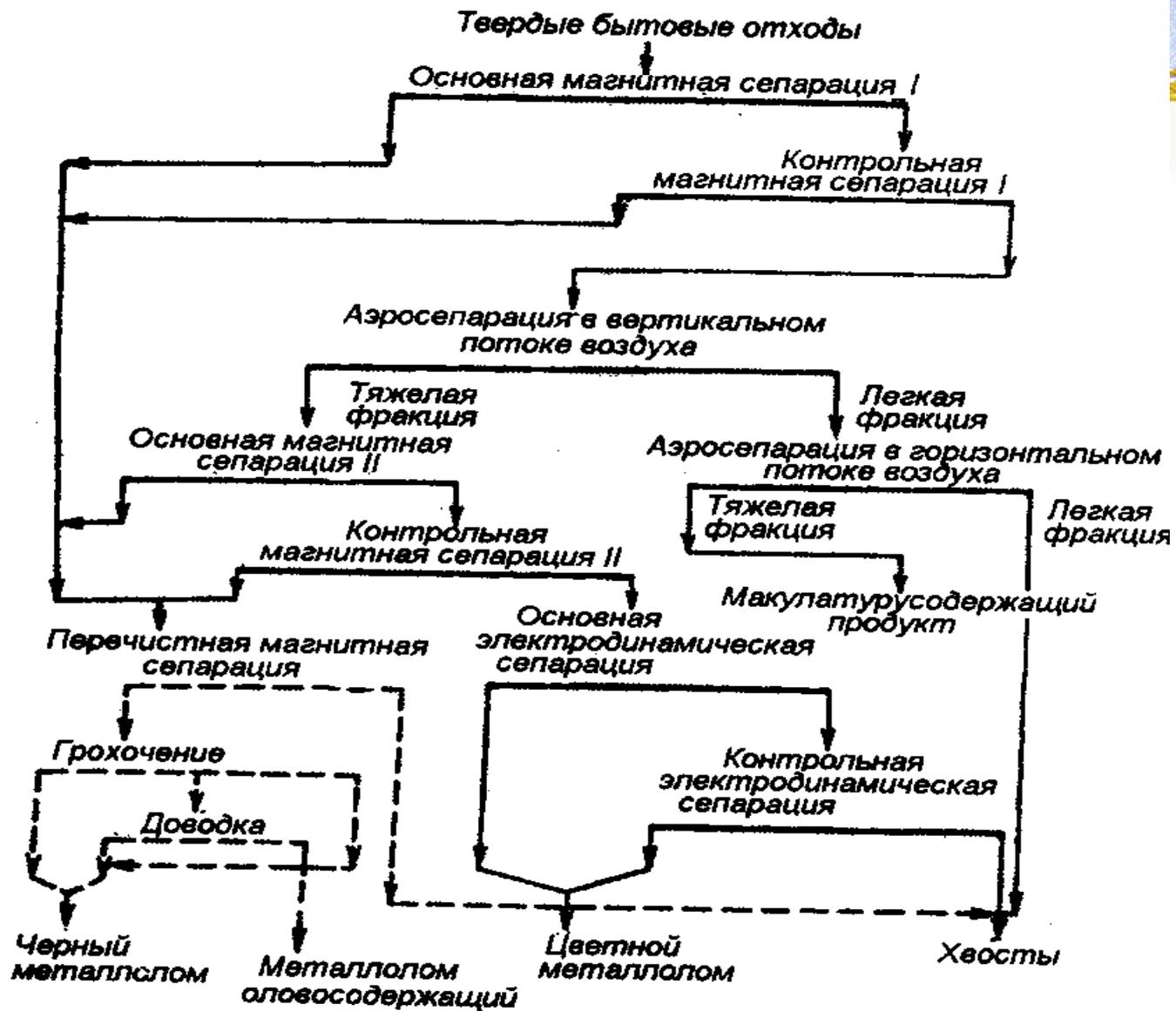
№ п.п.	Составные части	%
<b>1. Углеродосодержащие</b>		<b>73</b>
1.1	Бумага, картон	26
1.2	Дерево	6
1.3	Текстиль	5
1.1	Полимерные отходы, ПЭТ	25
1.2	Кожа, резина	6
3.3	Пищевые отходы	5
<b>3. Реализуемые</b>		<b>8</b>
2.1	Металл черный, цветной и т.п.	4
2.1	Стекло	4
<b>4. Переработка в строительные материалы</b>		<b>19</b>
3.2	Камень, керамика	8
3.3	Смёт уличный	7
3.4	Стекло	4

## Твердые бытовые отходы

Автоматическая сортировка (азросепарация, магнитная сепарация и др.)



Принципиальная схема промышленной переработки ТБО по технологии фирмы «Сорайн Чеккини» (Италия)



Принципиальная технологическая схема обогащения твердых бытовых отходов на МПО "Полимер" с извлечением металлов и легкой фракции.



**Государственное предприятие механизированной переработки бытовых отходов (МПБО) (пос. Янино, Всеволожский р-н)**

**Прием отходов на сортировку**

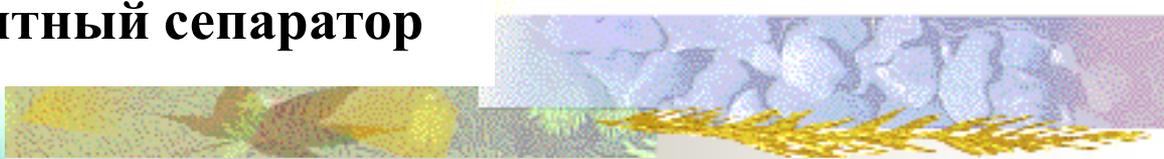


**На сортировочной линии бытовых отходов**



**На сортировочной линии  
бытовых отходов**

# Магнитный сепаратор



На сортировочной линии  
бытовых отходов

**МЕТАЛЛ**



**На сортировочной  
линии  
бытовых отходов**



**Прессование  
картона  
(Пресс  
производства  
Испании)**

**Температура в процессе биокомпостирования бытовых отходов: летом – до 70 гр С; зимой – до 55-60 гр С (при обдуве теплым воздухом)**



**На линии биокомпостирования бытовых отходов во вращающихся барабанах**



**Полное время пребывания бытовых отходов в барабане 38 час (мин. необходимо 24 часа)**

**На линии биокомпостирования бытовых отходов**



**Биокомпост(от  
40% до 70% от  
общего объема  
бытовых отходов)**

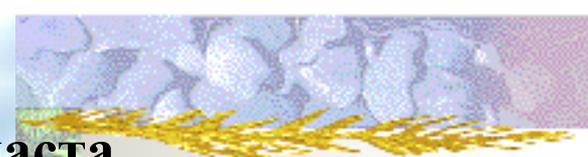
**На линии биокомпостирования бытовых отходов**

**Баласт (от 30% до  
60% от общего  
объема БЫТОВЫХ  
ОТХОДОВ)**



**На заводе МПБО**

## Линия прессования и упаковки баласта



**Упаковки баласта (вес более 900 кг), подготовленные к вывозу на полигон для захоронения**



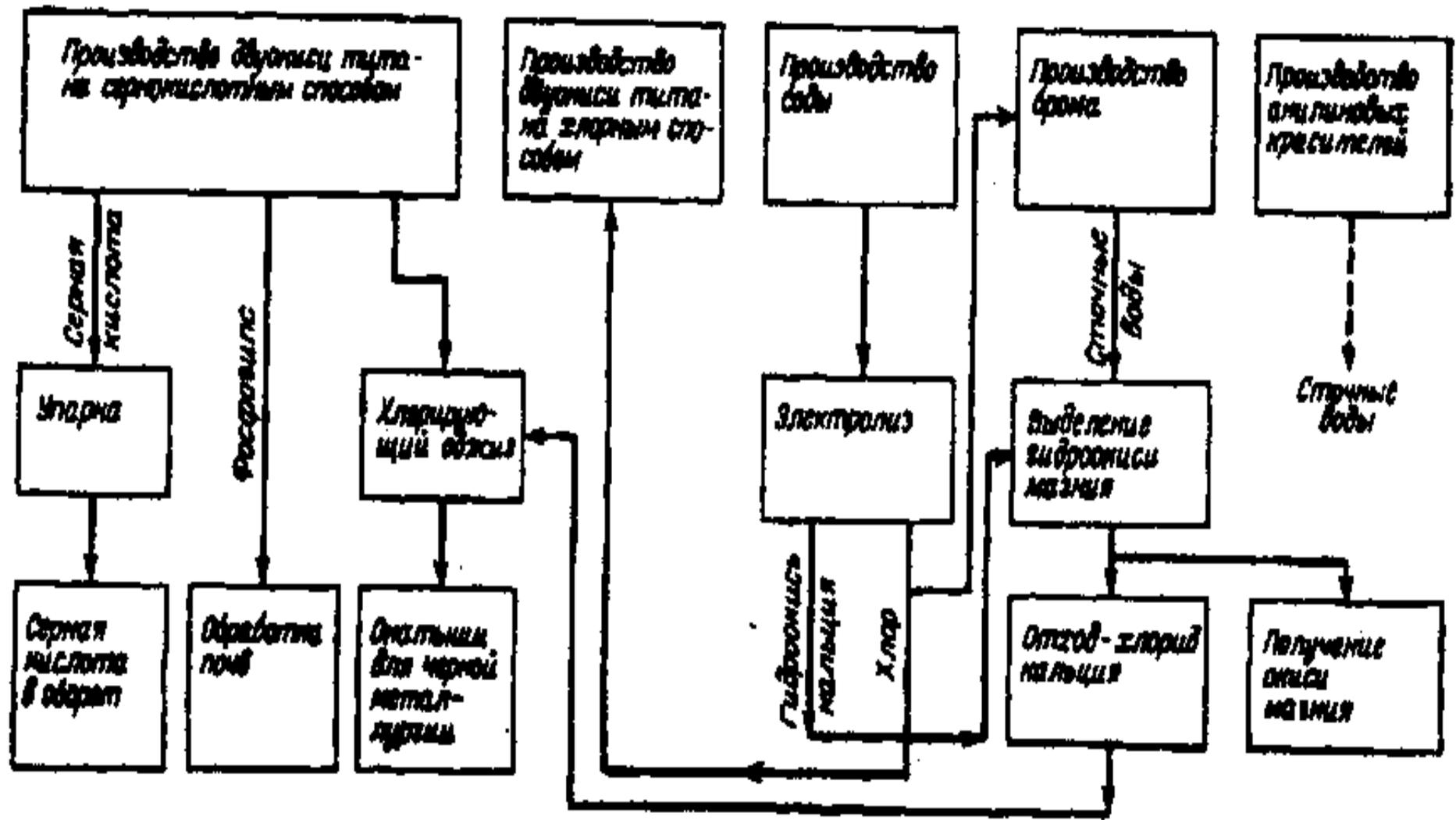
**На заводе МПБО**

# **Территориально-производственные комплексы (ТПК) и эколого- промышленные парки**

**ТПК – экономическое (взаимообусловленное) сочетание предприятий в одной промышленной точке или в целом районе, при котором достигается определенный экономический эффект за счет удачного (планового) подбора предприятий в соответствии с природными и экономическими условиями района, его транспортным и экономико-географическим положением**

- Курская магнитная аномалия;**
- Оренбургский и Ангаро-Енисейский ТПК;**
- Саянский, Братский, Усть-Илимский ТЭК;**
- Канско-Ачинский ТЭК (КАТЭК)**

# СХЕМА СВЯЗЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ТПК





**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ – взаимосвязанная сеть компаний и организаций в регионе, которые используют попутно образующиеся продукты, отходы и энергию по одному из направлений:**

- **уменьшение объемов потребляемого первичного сырья;**
- **снижение степени загрязнения окружающей среды;**
- **повышение эффективности использования энергии и объемов потребления первичных энергетических ресурсов;**
- **уменьшение количества отходов и затрат на захоронение;**
- **увеличение количества и видов продукции**

**«ЭКО-ЭФФЕКТИВНОСТЬ» - понятие введено Всемирным бизнес-советом предпринимателей по устойчивому развитию (1997)**

**«Промышленный симбиоз» в Калундбурге (Дания)**

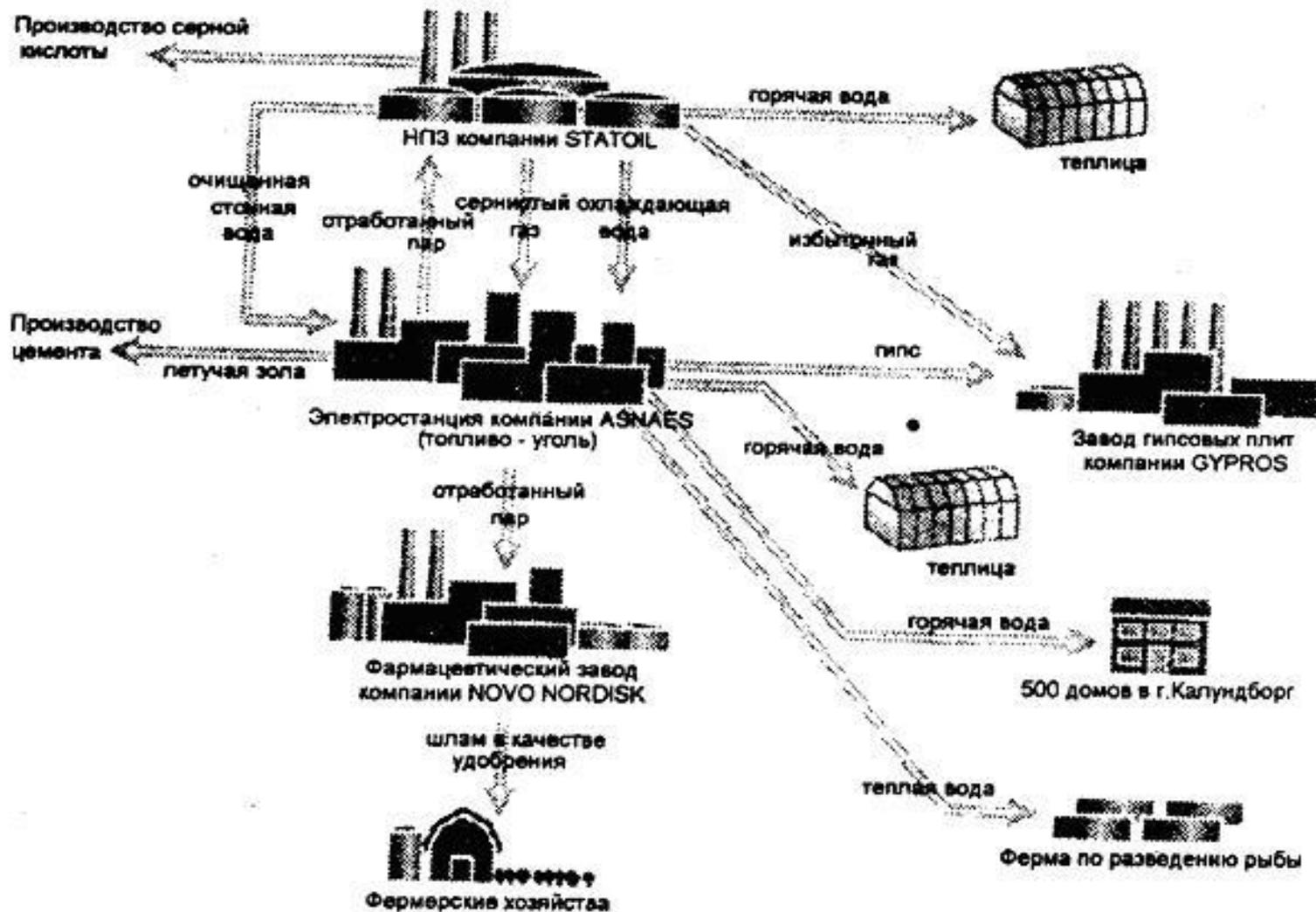


Схема связей между предприятиями в промышленном симбиозе Калундборга



**ЭКО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПАРК (ЭПП) – объединение производителей товаров и услуг, желающих улучшить экономическое и экологическое состояние путем совместного управления природными ресурсами (энергией, водой и материалами) и окружающей средой. Работая вместе, производители надеются получить коллективный эффект больше, чем они имели бы по отдельности»**

**Через взаимную кооперацию эти предприятия становятся ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМОЙ**

- **Burnside Industrial Park - Новая Шотландия (Канада)**

