

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**КОМПЛЕКТ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРИРОДООХРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»**

Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Разработчик: доцент, к.т.н. Манвелова Н.Е.

**Санкт-Петербург
2018**



**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ,
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И ПРИРОДООХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Введение

Лекция № 1

Введение

- Современная деятельность человека связана с ростом производства и глобальным использованием запасов Земли.
- Это приводит к исчерпанию природных ресурсов, возникновению экологического иммунодефицита окружающей среды и подавлению механизмов **саморегулирования и самоочищения биосферы.**

Преодолеть эти противоречия и найти оптимальный механизм взаимного сосуществования и удовлетворения потребностей призвана **природоохранная технология.**

Природоохранная технология

- *Природоохранная технология — наука, изучающая взаимозависимость промышленного производства и биосферы, определяющая наиболее рациональные и экономичные методы и средства формирования и управления производством с сохранением механизмов саморегуляции объектов биосферы.*

Природоохранная технология является комплексной, многоплановой дисциплиной и базируется на знаниях, полученных при изучении фундаментальных химических, физических, общетехнических, экономических и правовых дисциплин.

- *Основная цель курса — формирование системы знаний по превентивности*, обоснованию и реализации природоохранных и ресурсосберегающих решений во всех сферах техногенной деятельности.

Актуальность задач природоохранной технологии

- Увеличение численности населения Земли, экстенсивное развитие экономики и связанное с этим загрязнение окружающей среды являются основными проблемами нашей цивилизации на современном уровне ее развития.
- Численность населения Земли быстро растет: в 1700 г. — 600 млн.чел., в 1850 г. — 1,2 млрд. чел., в 1950 г. — 2,5 млрд. чел., в 1993 г. — 5,6 млрд. чел., в 2017 г. — 7,8 млрд. чел.
- В развивающихся странах рост населения опережает данный показатель в развитых странах. Ожидается, что к **2030 г. 84 %** населения планеты будет жить в развивающихся странах.
- При этом все значительнее разрыв между доходами и уровнем жизни богатой и бедной частями населения.
На долю 20 % наиболее богатой части населения планеты приходится **83% мирового дохода**, а на долю остальных **80 % населения — только 17 %**.

Актуальность задач природоохранной технологии

- Одним из показателей благополучия населения является **уровень потребления электроэнергии.**

Средняя мощность, приходящаяся на душу населения, составляет, кВт/чел.: в США — 12; в России — около 6 ; в развивающихся странах -0,6 (в мире в среднем-2,2).

В то же время обеспеченность энергией в разных странах мира крайне неравномерна.

Для большинства населения планеты (72 %) удельный уровень потребления энергии ниже среднего значения, из них около 2 млрд .чел. вообще лишены электроснабжения.

- **На 25 % населения высокоразвитых стран приходится более 70 % потребляемых в мире энергоресурсов .**

Сложившаяся ситуация является стимулом для дальнейшего развития производства энергоресурсов, поскольку общество не может развиваться без потребления.

При этом, потребности людей растут более быстрыми темпами, чем численность населения.

Так, если за последнюю четверть XX в. численность населения планеты **возросла в 1 , 6 раза**, то объемы основных производств и энергопотребление— **в 2 — 5 раз.**

Актуальность задач природоохранной технологии

Развитие производства невозможно без применения природных ресурсов.

Ежегодно человечество расходует миллиарды тонн природных богатств — уголь, руду, нефть, строительные материалы, водные и растительные ресурсы.

- Нефть и газ остаются главными природными источниками, удовлетворяющим потребности человечества в энергии.

В мировых запасах горючих ископаемых **нефть составляет 10 %, а уголь — 70 %.**

- В настоящее время эксплуатируют около **10—15 %** запасов разведанных **угольных** месторождений и около **65 —70 % — нефтяных.**

Установлено, что на каждого жителя планеты добывается порядка **20 т/год** минерального сырья.

- **При этом менее 10 % сырьевых компонентов превращаются в конечную продукцию, а остальные 90 % переходят в отходы.**
- Расходы на обезвреживание и переработку отходов в настоящее время составляют **8 —1 0 % от стоимости** производимой продукции и продолжают возрастать **по экспоненциальному закону.**

Актуальность проблем природоохранной технологии

- В природных циклах биогенеза не существует процессов, способных их перерабатывать эти отходы.

Поэтому эти вещества накапливаются в природе, а затем попадают в растения, организм человека и животных.

- *Пример 1. Тяжелые металлы по общетоксичному действию на живые организмы* и масштабам выбросов вышли на одно из первых мест среди техногенных отходов. Загрязнение ими природной среды вызывает серьезные заболевания у людей. В природе соединения железа (ПДК* 0,05 мг/л), меди (ПДК 0,001 мг/л), никеля (ПДК 0,01 мг/л), кобальта (ПДК 0,005 мг/л) находятся в виде сульфидов или оксидов. Эти соединения малорастворимы и в природные воды практически не поступают. В промышленных отходах, например гальванических производств, перечисленные элементы присутствуют в виде растворимых солей и активно взаимодействуют с элементами природной среды.

Актуальность проблем природоохранной технологии

- **Пример 2. Элемент фтор входит в состав природных минералов — апатитов (апатито-нефелиновых руд)** и фосфатов, которые являются малотоксичными соединениями. При промышленной переработке минералов значительное количество фтора переходит в газовую фазу в виде HF и SiF₄, H₂SiF₆, которые относят уже к высокотоксичным соединениям.
- **Пример 3. Нефть и газ являются токсичными соединениями** (ПДК по растворенной и эмульгированной нефти — 0,05 мг/л). В природе эти вещества залегают на большой глубине, что и предохраняет их от контакта с биосферой. При добыче и транспортировке они извлекаются на поверхность и активно воздействуют на представителей живой природы.

Актуальность проблем природоохранной технологии

Т.е. промышленное производство во всех странах мира непрерывно развивается. В связи с этим увеличивается количество потребляемых природных ресурсов и объем вредных выбросов, и отходов губительно воздействующих на биосферу и человека.

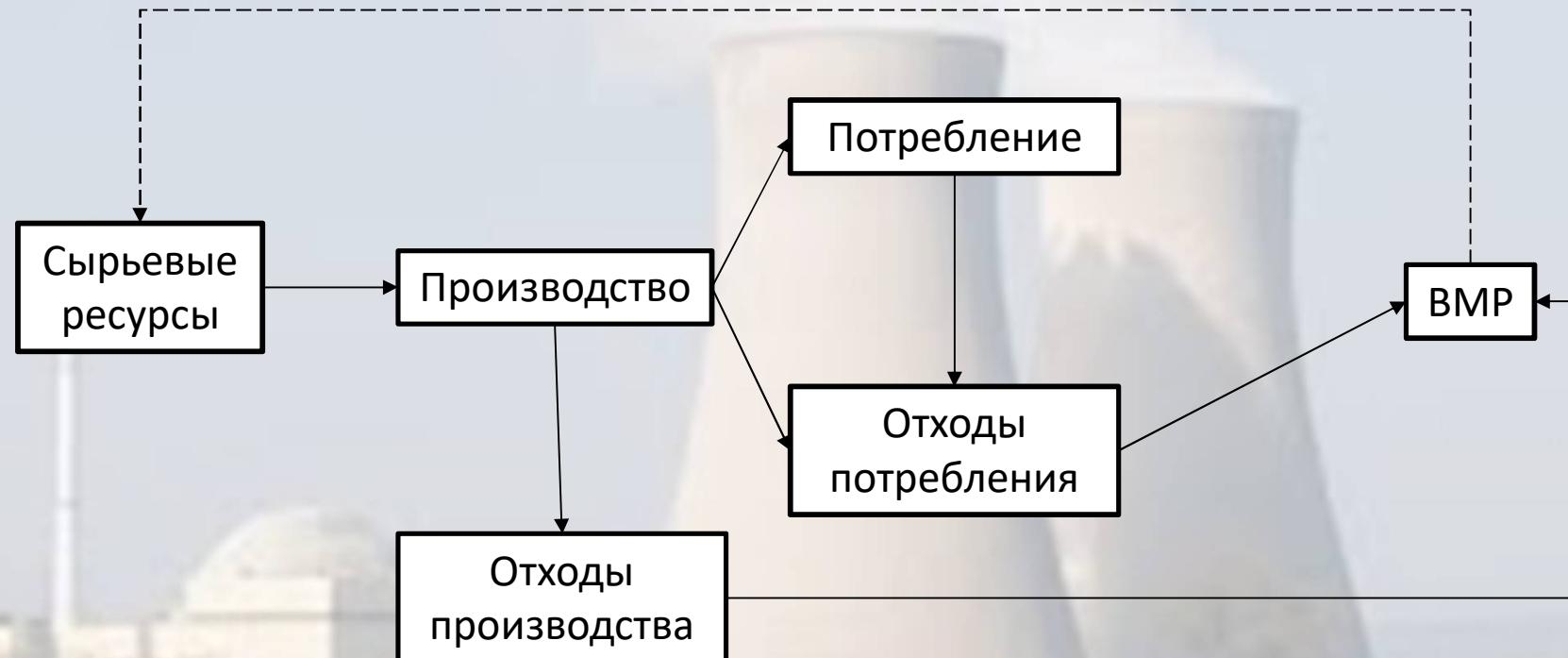
- **Становление и развитие промышленной экологии относится к 60-м годам XX в.** К этому времени академик И. В. Петрянов-Соколов провел всестороннее исследование по развитию промышленности и образованию отходов во многих странах мира, начиная с 1910 г.
- Установлено, что на начальных этапах развития промышленности увеличение роста отходов происходит пропорционально развитию производства. Затем закономерность нарушается, и количество отходов начинает увеличиваться по отношению к росту производства **по экспоненциальному закону**.
- Это свидетельствует о том, что **на начальных этапах использовалась способность природы к самоочищению, а затем эта способность была исчерпана**.

Методология природоохранной технологии

Природоохранная технология — это современное бурно развивающееся направление в науке и технике, целью которой является охрана окружающей среды путем рационального и комплексного использования сырья и энергетических ресурсов.

- Устойчивое развитие современной цивилизации предполагает создание такой **эколого-экономической системы**, которая смогла бы удовлетворить потребности общества, но не ставила бы при этом под угрозу существование будущих поколений.
- Решение этой проблемы возможно путем разработки и принятия ряда инженерных решений, которые позволили бы по аналогии с природным биохимическим кругооборотом организовать **безотходный технологический цикл:**
первичные сырьевые ресурсы — производство — потребление — ОТХОДЫ(вторичные сырьевые ресурсы).

Принципиальная схема цикла безотходного производства



Безотходный технологический цикл

- Кардинальное решение проблемы защиты окружающей среды от внешнего воздействия промышленных выбросов состоит в развитии и внедрении экологически безотходных, **безопасных «ЗЕЛЕНЫХ» технологий**, а на первое время малоотходных технологических процессов и производств.
- Принцип безотходного производства реализуется во многих природных экосистемах и позволяет экономно расходовать вещество и энергию, причем отходы одних организмов служат одновременно средой обитания других.

Принципиальная схема безотходной технологии

- Безотходная технология представляет собой такой метод производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс - ТПК), при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы-производство-потребление- вторичные ресурсы, и любые воздействия на окружающую среду не нарушают её нормального функционирования.
- Эта формулировка не должна восприниматься абсолютно, т.е. не следует представлять, что производство возможно без отходов. Однако, отходы не должны нарушать нормального функционирования природных систем, т.е. должны быть выработаны и реализованы критерии этого ненарушенного состояния природы - определяемое как **природно-техническая экологическая система (ПТЭС)**

Принципиальная схема безотходной технологической системы



Предмет и задачи природоохранной технологии(ПТ)

- **Предметом** изучения *природоохранной технологии* является эколого-экономическая система, изучающая взаимосвязь и взаимозависимость промышленного производства и среды обитания живых организмов.

Задачи ПТ :

- выявление внутренних связей производств и изучение принципов построения технологических схем;
- определение критериев технологической и экологической оценки их работы;
- рассмотрение примеров комплексной переработки сырья;
- обоснование возможности организации межпроизводственных территориальных комплексов (ТПК);
- создание природно-технических экологических систем (ПТЭС).

Природно-техническая экологическая система

- *Природно-техническая экосистема — это совокупность совместно присутствующих и постоянно взаимодействующих между собой природных и промышленных объектов. Эта система формируется в результате человеческой деятельности.*
- **Природно-техническая экосистема (ПТЭС)**призвана удовлетворить определенные потребности современного общества — обеспечить комфортные места проживания людей, добычу топливно-энергетических ресурсов, производство промышленной и продовольственной продукции и т.д.
- При этом, техногенные потоки, которые формируются в границах природно-технических систем, обладают кумулятивным свойством (т.е. накапливаются) и затем обусловливают увеличение масштаба антропогенного воздействия.

Законы природно-технических экологических систем

Законы, характеризующие природно-техническую систему, отличаются от законов природных экологических систем и формулируются следующим образом:

- 1) *В процессах промышленного производства значительное количество материальных ресурсов переходит в отходы;*
- 2) *Основное количество вырабатываемой энергии используется в сфере производства и потребления.*

Условия функционирования природно-технических экологических систем (ПТЭС)

Развитие энергетики, промышленного производства, строительства транспорта приводит к повышению влияния техногенных факторов на природную систему и увеличивает риск нарушения экологического равновесия.

- Целью промышленной экологии является такая организация производства, которая при его строительстве и эксплуатации обеспечила бы минимальные потери неживой и живой природы.

Любое техногенное воздействие на природу характеризуется ответной реакцией со стороны окружающей среды, которая может проявляться в трех формах — адаптационной, восстановительной и невосстановительной формах.

Формы ответной реакции со стороны окружающей среды

- *Адаптационная реакция* предусматривает локальное, статистическое смещение равновесия, в рамках которого окружающая среда продолжает функционировать в новых условиях.
- *Восстановительная реакция* отвечает полному или частичному восстановлению свойств экосистемы.
- *Невосстановительная реакция* соответствует критическому состоянию окружающей среды.

Преодоление экологического антагонизма в системе «человек — производство — природа» — стратегия промышленной экологии на современном этапе развития научно-технического прогресса.

Средства промышленной экологии

Разработаны и применяются системы инженерных решений и управляющих алгоритмов, направленных на сохранение природоохранных функций экосистемы:

- разработка новых безотходных и ресурсо - сберегающих технологий;
- совершенствование методов обезвреживания техногенных выбросов и создание замкнутых производственных циклов;
- разработка мероприятий по комплексному использованию сырья.

Экологическая агрессивность промышленных производств(ПП)

Лекция № 2

Общая характеристика(ПП)

- Промышленные производства составляют основу экономического благополучия страны и вместе с сырьевыми ресурсами вносят основной вклад в ВВП.
- Быстрое развитие и внедрение новых технологий, образование крупномасштабных промышленных комплексов приводит к необходимости постоянного совершенствования и умения разрабатывать и организовывать оптимальный режим ведения технологического процесса (ТП).

При этом, современное производство должно быть организовано таким образом, чтобы оно обеспечивало:

- получение целевого продукта с максимально высоким выходом;
- экологическую безопасность производства;
- рациональное использование сырья и энергии;
- максимальную производительность труда.

Структура промышленного производства

- Под **промышленным производством понимают совокупность процессов добычи или переработки сырья в целевые продукты.**

Различают основное и вспомогательное производство.

- К основным производствам относят цеха, в которых выпускают продукцию, имеющую народнохозяйственное назначение(цех серной кислоты, цех фосфорных удобрений и т.д.).
- Вспомогательное производство включает цеха, обеспечивающие бесперебойный режим работы основного производства(ТЭС, станция водоподготовки, очистные сооружения и т.д.).
- Крупные промышленные объединения могут иметь несколько основных цехов или подразделений по производству различных видов продукции.

Технология, способ производства

Технологией называют науку, которая изучает и разрабатывает способы и процессы крупномасштабной переработки сырья в продукцию народно-хозяйственного назначения.

- *Химическая технология* изучает процессы, в которых происходит изменение состава, свойств или внутреннего строения вещества.
- *Способ производства — это совокупность всех технологических и механических операций, через которые проходит сырье в процессе переработки.*
- Способы производства при получении одного и того же вида продукции могут видоизменяться в зависимости от состава используемого сырья.
- *Пример. Электростанции представляют собой крупные промышленные* объединения по выработке электроэнергии. Однако способ производства электроэнергии и конструкции основных аппаратов меняются в зависимости от вида используемого топлива.

Тепловые электростанции (**ТЭС**) работают с применением органического топлива.

На атомных электростанциях (**АЭС**) используют энергию химических превращений радиоактивных элементов.

На гидроэлектростанциях (**ГЭС**) используют потенциальную энергию воды.

Технологический процесс (ТП)

- *Технологический процесс — это по следователь - ность механических, химических и физико-химических процессов и операций целенаправленной переработки исходных веществ в целевой продукт.*
- Современное промышленное производство представляет собой совокупность взаимосвязан – ных **материальными и энергетическими потоками систем и подсистем** с протекающими в них процессами.
- В основе функционирования промышленных производств лежат технологические процессы.

Химико-технологический процесс (ХТП)

- При химико-технологическом процессе (ХТП) происходят химические превращения вещества, в ходе которых при использовании различных видов сырья получают разнообразные целевые и побочные продукты.
- Вещества, участвующие в ХТП, называют **технологическими компонентами**.

К основным *технологическим компонентам* относят:

- сырье;
- целевые, побочные продукты и полуфабрикаты;
- энергетические ресурсы;
- отходы производства.

Технологические параметры и критерии эффективности процесса

- *Технологический режим — совокупность технологических параметров, определяющих условия протекания процесса, эффективность которого оценивают технологическими, экономическими и экологическими показателями.*
- *Технологические параметры (ТП) — измеряемые величины, определяющие состояние исходных веществ и условия проведения процесса. Их выбирают в зависимости от временной характеристики процесса.*

Производственные процессы подразделяют на

- периодические
- непрерывные.

Параметры технологического процесса

ТП, которые применяют для разработки технологического режима независимо от временной характеристики процесса:

- *температура,*
- *давление,*
- *концентрации реагирующих веществ,*
- *дисперсность и состав твердых материалов,*
- *состав катализатора,*
- *интенсивность перемешивания.*

Дополнительными параметрами, которые используют при работе в непрерывном режиме, являются:

- *расход сырья или реакционной смеси,*
- *пропускная способность оборудования,*
- *линейная скорость*
- *подачи сырья.*

Критерии эффективности производственного процесса

Эффективность технологического процесса оценивают по ряду показателей, которые подразделяются на следующие группы:

- Технологические
- Экономические
- Экологические.

К технологическим показателям относятся:

- мощность, или производительность,
- выход целевого продукта,
- селективность,
- степень конверсии,
- расходные коэффициенты по сырью и энергии.

Экономические показатели определяют экономическую эффективность производства:

- Себестоимость продукции
- производительность труда.

Технологические системы (ТС)

- Последовательность операций переработки сырья в целевой продукт определяется технологической системой (ТС).
- *Технологическая система представляет собой совокупность элементов: аппаратов, машин и вспомогательных устройств, объединенных внутренними связями и функционирующими как единое целое.*
- ТС является моделью производства, отображающего его структуру.
- Анализ ТС позволяет предсказывать свойства и показатели производственного процесса.

Потоки в ТС

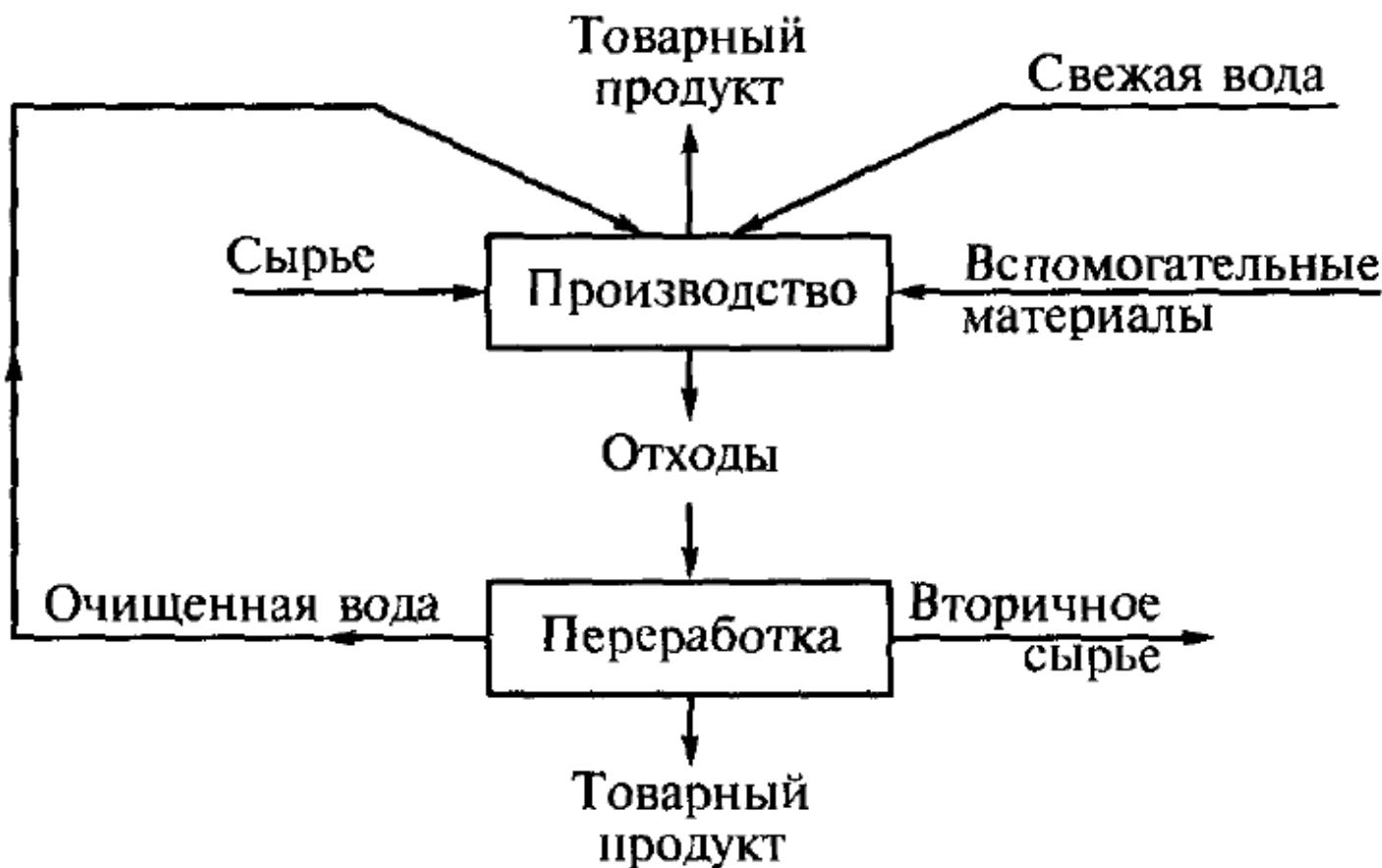
Связь между элементами ТС осуществляют **материальные, тепловые, энергетические и информационные потоки**.

- *Материальные потоки* перемещают вещества по трубопроводам и обеспечивают их своевременное поступление в реакционные аппараты, реакторы и т.д.
- *Энергетические потоки* осуществляют перенос энергии любого вида (тепловой, электрической и др.) с помощью паропроводов, теплообменников, силовых кабелей и т.д.
- *Информационные потоки* используются в системах контроля и управления. Сигналы от них передаются с помощью электрических проводов, пневматических устройств и т.д.

Модели технологических систем

- *Функциональная модель (схема) наглядно отражает основные стадии технологического процесса и их взаимосвязь.*
- *Технологическая модель (схема) показывает элементы системы, порядок их соединения и последовательность технологических операций.*
- В технологической схеме каждый аппарат имеет общепринятое изображение, соответствующее его внешнему виду. Связи обозначаются линиями со стрелками, иногда — в виде трубопроводов. На технологической схеме могут быть приведены краткие данные о параметрах процесса.

Схема безотходного производства товарного продукта



Принципы создания природоохранных производств

- Создание ресурсосберегающих технологических систем заключается в определении основных технологических операций и установлении последовательности их проведения, выборе элементов схемы и расчете параметров технологического режима отдельных элементов и всей системы в целом.

При разработке технологической схемы первоначально выделяют условия, которые должны быть выполнены при проектировании и эксплуатации нового производства или реконструкции действующих предприятий:

- вид, качество и количество потребительского продукта, который необходимо произвести;
- вид и состав исходного сырья;
- ресурсы предприятия, на котором предполагается размещение проектируемой технологической схемы.

Т.О. в основу разработки ресурсосберегающей технологической системы должны быть положены следующие концепции:

- **максимально полное использование сырья;**
- **минимизация отходов или их применение в качестве вторичного сырья;**
- **совершенствование систем очистки техногенных выбросов и уменьшение антропогенной нагрузки на промышленные регионы.**

Сыревая подсистема технологической системы (ТС)

Лекция № 3

Общая характеристика минерально-сырьевой базы РФ

- В нашей стране имеется мощная минерально-сырьевая база, позволяющая практически полностью удовлетворять потребности производства и потребления в сырье.
- Россия занимает одно из первых мест в мире по разведанным запасам большинства полезных ископаемых: фосфатов, калийных солей, сульфата и хлорида натрия, асбеста, угля, железных и марганцевых руд, ряда цветных металлов, природного газа и др.
- Сырье — один из основных компонентов производственного процесса, свойства которого в значительной степени определяют экономичность процесса, качество и себестоимость продукции.

Характеристика сырья

- Сырье представляет собой вещества и материалы, предназначенные для дальнейшей переработки и получения промышленной и потребительской продукции.

По происхождению сырье подразделяют на:

- *минеральное*
- *растительное*
- *животное.*
- В промышленности применяют преимущественно минеральное сырье, представленное **рудными, нерудными и горючими природными** ископаемыми.

Характеристика рудного минерального сырья

- *Рудным минеральным сырьем* называют горные породы, содержащие металлы, из которых их извлекают в процессе переработки.

Например, магнитный железняк, содержащий Fe_3O_4 , красный железняк, в состав которого входят оксиды Fe_2O_3 и гидроксиды железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Медные руды обычно содержат сернистые соединения меди — медный блеск Cu_2S , сульфид меди CuS , медный колчедан, или халькопирит, FeCuS_2 .

- По добываемому металлу руды бывают **железными, медными, свинцовыми, медно-никелевыми** и т.д.
- Руды, из которых извлекают несколько металлов, называют **полиметаллическими**.

Нерудное сырье

- *Нерудным сырьем называют все неорганические материалы, не содержащие металлы.*
- Например, сырьем для производства фосфорных удобрений служат апатиты, которые имеют в своем составе фторапатит — $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и трикальцийфосфат — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- При производстве калийных удобрений используют природный минерал — сильвинит.

Кроме того, по химическому составу сырья выделяют:

- Неорганическое сырье (руды, минералы)
- Органическое сырье (нефть, уголь, газ).
- По агрегатному состоянию сырье подразделяют на:
 - Твердое (минералы, уголь, торф, сланцы)
 - Жидкое (нефть, рассолы, вода)
 - Газообразное (природный газ, воздух).

Характеристика сырья по запасам

По запасам сырье подразделяют на:

- **Невозобновляемое** (руды, минералы, горючие ископаемые)
- **Возобновляемое** (вода, воздух, растительное и животное сырье).

Кроме того, сырье подразделяется на

- **Первичное**, добываемое из окружающей среды (минералы, руды, горючие ископаемые и т.д.)
- **Вторичное**:

BMP – вторичные материальные ресурсы (отходы производства и потребления, например, макулатура)

VЭР – вторичные энергетические ресурсы.

Общая характеристика минерально-сырьевой базы РФ

- РФ владеет **2/ 3 сырьевых ресурсов планеты**, что обусловило ее высокие экспортные возможности на международном рынке.
- Россия экспортирует:
- 40 —45 % добываемой в стране нефти,
- 30 — 34% производимых нефтепродуктов
- 30 —33 % газа.
- В 1992 — 2012 гг. экспорт минерального сырья обеспечил **65 — 70% всех валютных поступлений**.

Общая характеристика минерально-сырьевой базы РФ (продолжение)

- Наиболее крупными месторождениями в России являются Западно-Сибирский нефтегазовый бассейн (Самотлорское, Усть-Балыкское, Правдинское, Западно-Сургутское месторождения и др.) и Волго-Уральский нефтегазоносный комплекс (Ромашкинское, Оренбургское, Шкаповское месторождения и др.).
- Нефтегазовые ресурсы арктического шельфа — это будущее топливно-энергетического комплекса России.
- По современным оценкам в акватории Западной Арктики выявленные ресурсы составляют 90—100 млрд. т (в пересчете на нефть). Из них 80—85 % ресурсов приходится на самое экологически чистое топливо — газ и газоконденсат, что соответствует примерно **40 % мировых разведанных запасов газа**.
- Континентальный шельф России простирается на площади 5,2 — 6,3 млн. км², что составляет 18 — 20% площади мирового шельфа.
- Около 90 % российского шельфа приходится на перспективные в нефтегазоносном отношении области. Они распределяются следующим образом, млн. км²: Западная Арктика (Баренцево и Карское моря) — 2; Восточная Арктика (море Лаптевых, Восточно-Сибирское море и Чукотское море) — 1; Дальний Восток(Берингово, Охотское и Японское моря) — 0,8; южные моря (Азовское и Каспийское) — 0,1.

Комплексное использование сырья

- Проблема комплексного использования сырья имеет большое значение как с экологической, так и с экономической точек зрения.

Во многих отраслях промышленности до 60 — 70 % себестоимости продукции приходится на долю сырья.

- Рациональное использование сырья и вовлечение в производство вторичных ресурсов является важнейшей народнохозяйственной задачей и возведено в ранг государственной политики.
- При разработке месторождений полезных ископаемых большие объемы вскрышных пород направляют в отвалы, которые занимают значительные площади.
- Вместе с тем, отвалы горных производств представляют собой дешевое и ценное сырье, которое может найти применение в строительстве, землепользовании и других отраслях промышленности.

Основной задачей экологизации производства является комплексное использование сырья с переводом всех его компонентов в промышленные продукты.

Комплексное использование сырья на примере переработки апатито-нефелиновой руды

- Суть ТП комплексного использования сырья заключается в последовательной переработке сырья сложного состава в различные ценные продукты с целью наиболее полного использования всех его компонентов.
- Комплексная переработка сырья увеличивает степень его использования за счет утилизации добывших продуктов и отходов с превращением их в полезные продукты, а также **совмещением нескольких производств внутри одного предприятия.**

Принципиальная схема безотходной технологической системы

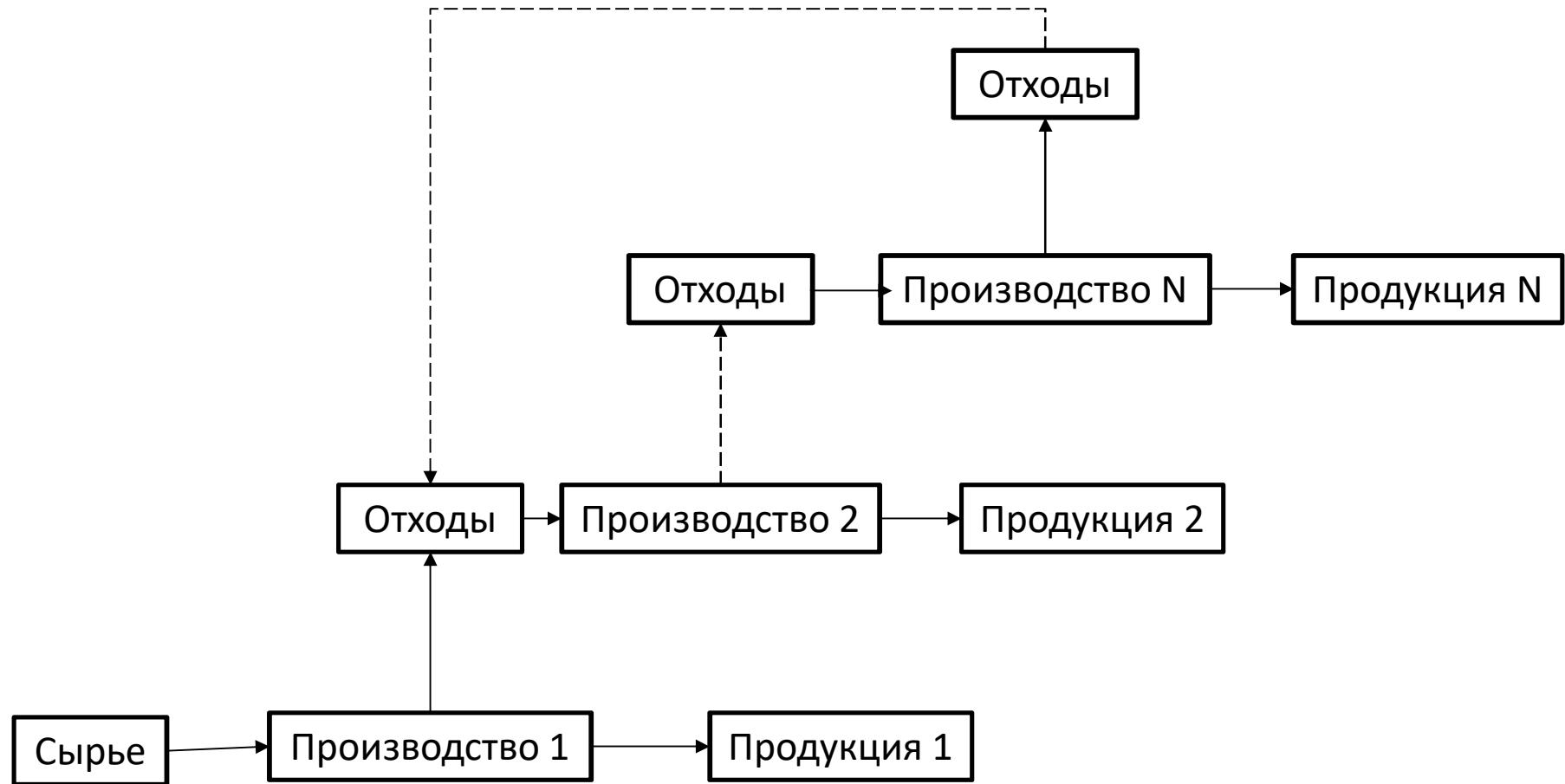
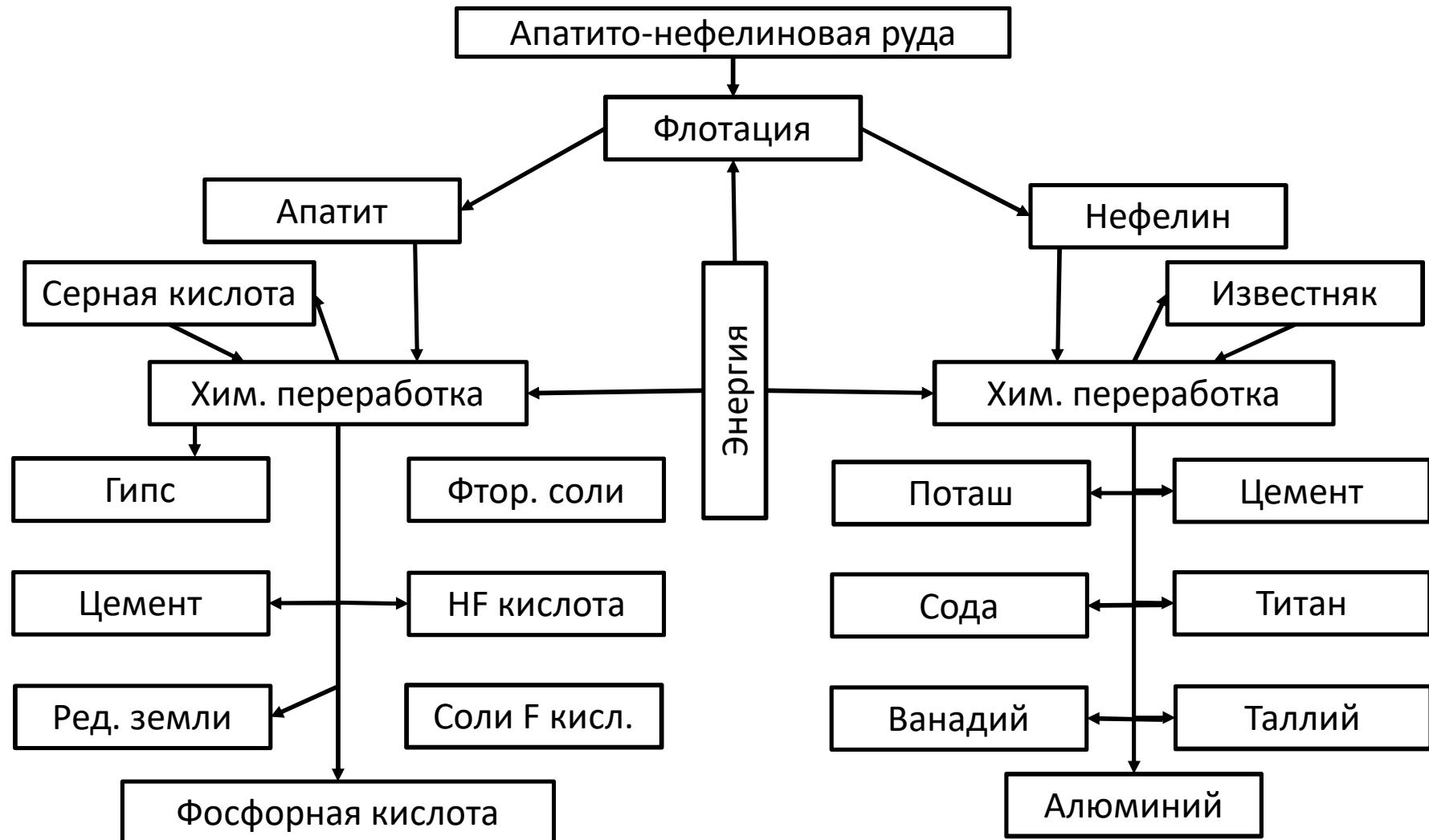


Схема комплексной переработки апатито-нефелинового руды



Экологическая агрессивность химических производств на примере производства ЭФК (экстракционной фосфорной кислоты)

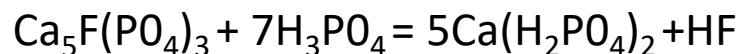
Лекция № 4

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК)

- Процесс получения экстракционной фосфорной кислоты из апатитового концентрата может быть описан реакцией:

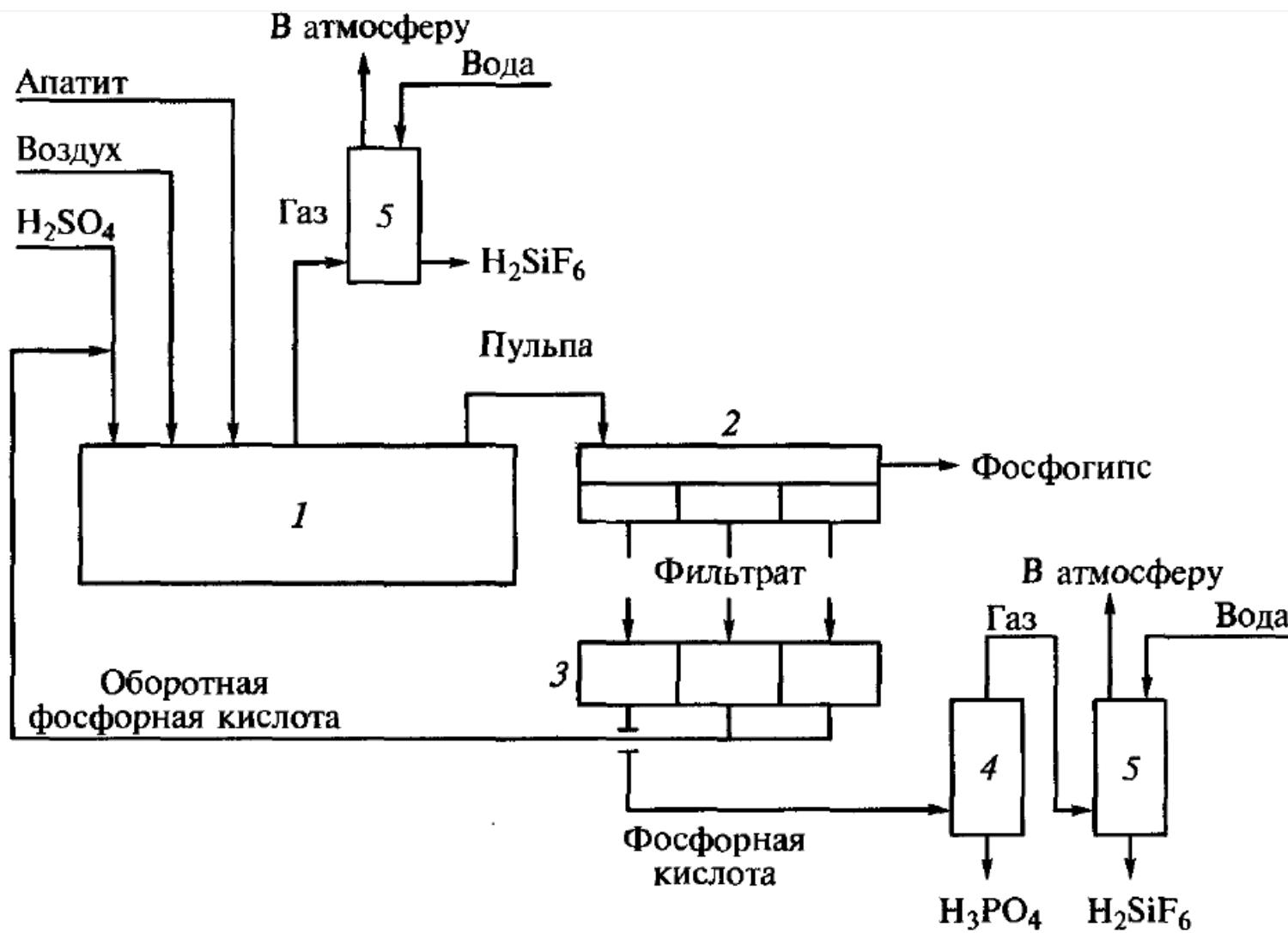


Далее при взаимодействии фосфорной кислоты с апатитом получают один из видов фосфорных удобрений — двойной суперфосфат:



Рассмотрим функциональную схему производства экстракционной фосфорной кислоты

- В реактор 1 подают апатитовый концентрат, серную кислоту и воздух для лучшего перемешивания реакционной смеси. Дополнительно в экстрактор поступает фосфорная кислота, полученная после фильтрации.
- В процессе реакции выделяются газы, которые содержат фтор. Их отводят в систему очистки 5 и получают в результате **кремнефтористоводородную кислоту H_2SiF_6** , которая может быть утилизирована путем переработки на товарные кремнийсодержащие соли



Функциональная схема производства экстракционной фосфорной кислоты:

1 — реактор разложения апатита; 2 — вакуум-фильтр; 3 — сборник фильтратов;
 4 — колонна выпарки фосфорной кислоты; 5 — система очистки газов

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК)

- Полученная реакционная пульпа подается на вакуум-фильтр, в котором происходит разделение на твердую и жидкую фазы.
- Твердая фаза представляет собой отход производства — **фосфогипс**,
- жидккая фаза — фосфорная кислота — после сборника фильтратов 3 поступает в колонну выпарки 4. Часть кислоты направляют в Реакционный аппарат 1. Концентрированная фосфорная кислота используется как готовый продукт.
- Газы, полученные в процессе выпаривания, поступают в систему очистки газов 5.

Т.о., при получении фосфорных удобрений образуются твердые, жидкие и газообразные отходы.

Переработка фосфогипса

- Твердым отходом производства фосфорных удобрений является **фосфогипс**.

При получении 1 т фосфорной кислоты образуется 3,6 — 6,2 т фосфогипса в пересчете на сухое вещество или от 7,5 до 8,4 т влажного фосфогипса. Основу фосфогипса составляет соль CaSO_4 , содержание которой в отходе **достигает 94%**.

В качестве примесей в фосфогипсе присутствуют неразложившийся фосфат, остатки фосфорной кислоты, оксид фосфора, оксиды металлов, соединения стронция и фтора, микропримеси редкоземельных элементов.

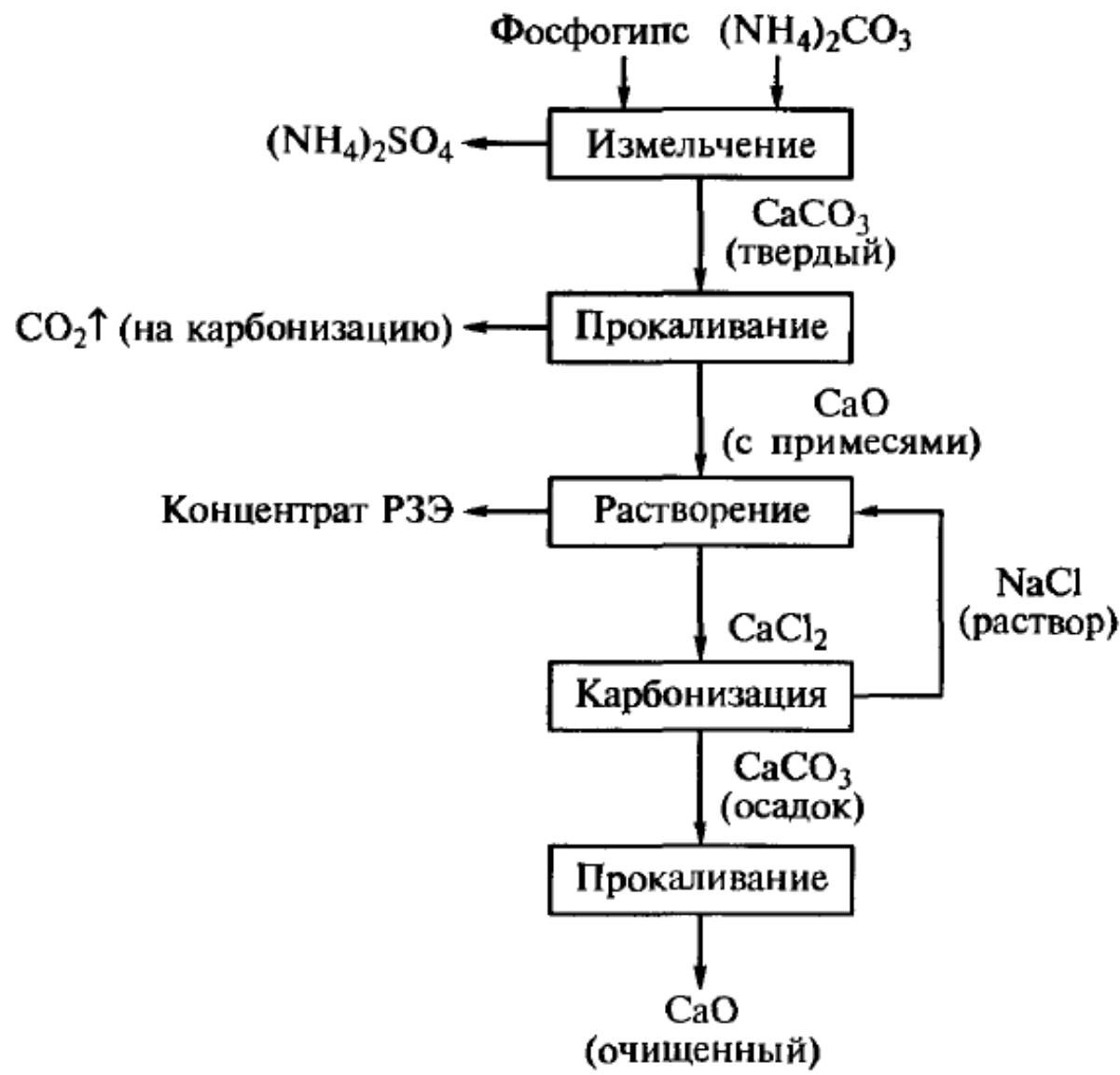
- Основными примесями в фосфогипсе являются **P_2O_5** и **соединения фтора**.

Переработка фосфогипса

- Рассмотрим принципиальную схему переработки фосфогипса — одного из многотоннажных твердых отходов при производстве ЭФК и фосфорных удобрений с получением в качестве товарных продуктов сульфата аммония, который используют как удобрение, и концентрата редкоземельных элементов (РЗЭ).
- В промышленности имеется технология извлечения отдельных редкоземельных элементов из такого концентрата.

Переработка фосфогипса

- Первоначально фосфогипс смешивают с карбонатом аммония, измельчают и прокаливают.
- На первой стадии прокаливания получают CaO, загрязненный примесями.
- Его растворяют в растворе поваренной соли.
- Выпадает осадок, содержащий хлорид кальция и соли РЗЭ.
- При последующей карбонизации получают очищенный карбонат кальция, который выделяют в осадок.
- Карбонат кальция передают на производство высококачественных строительных материалов.
- РЗЭ направляют на извлечение отдельных компонентов.



Принципиальная схема комплексной переработки фосфогипса на сульфат аммония, оксид кальция и концентрат редкоземельных элементов (РЗЭ)

Переработка фосфогипса

- Учитывая огромные объемы образующегося фосфогипса, актуальной проблемой является не только разработка способов его утилизации, но и удаления, транспортирования и хранения в отвалах и на шламохранилищах.
- Учитывая многотоннажность отходов фосфогипса, возможными областями его применения должны быть отрасли, также выпускающие многотоннажную продукцию.

Таблица 11.5. Сравнительный экономический эффект применения различных способов утилизации фосфогипса

Вид переработки	Экономический эффект, отн. ед.
Складирование в отвал	-1
Использование в сельском хозяйстве	+(2,3 - 4,0)
Производство:	
гипсовых вяжущих материалов	+1,75
портландцемента	+1,12
серной кислоты и цемента	-4,3
серной кислоты и извести	-3,3
сульфата аммония	-110

Примечание. Знаком «+» отмечены способы, дающие положительный экономический эффект, знаком «-» — затратные способы переработки. За величину «-1» принята стоимость складирования фосфогипса.

Остров из фосфогипса

- **Пример.** Ниже приведена схема искусственного острова для складирования фосфогипса, созданная компанией «Supra» (Швеция) общей площадью 375 тыс. м².
- Для его устройства со дна моря было изъято более 0,25 млн т песка и гравия и построена стена высотой 3 — 4 м.
- Полезная площадь острова составляет 320 тыс. м², он разделен на четыре отдельные части.
- Фосфогипс поступает в каждую часть по трубопроводу длиной 1 800 м.
- Происходит отстаивание фосфогипса, а вода с помощью дренажной системы поступает в три канала, окружающих остров, и затем — на циркуляцию в производственные цеха.
- Производительность системы удаления фосфогипса — 230 тыс. т в год.
- За 10 лет высота острова должна составить около 15 м. После окончания эксплуатации планируется покрытие острова слоем грунта с последующей культивацией

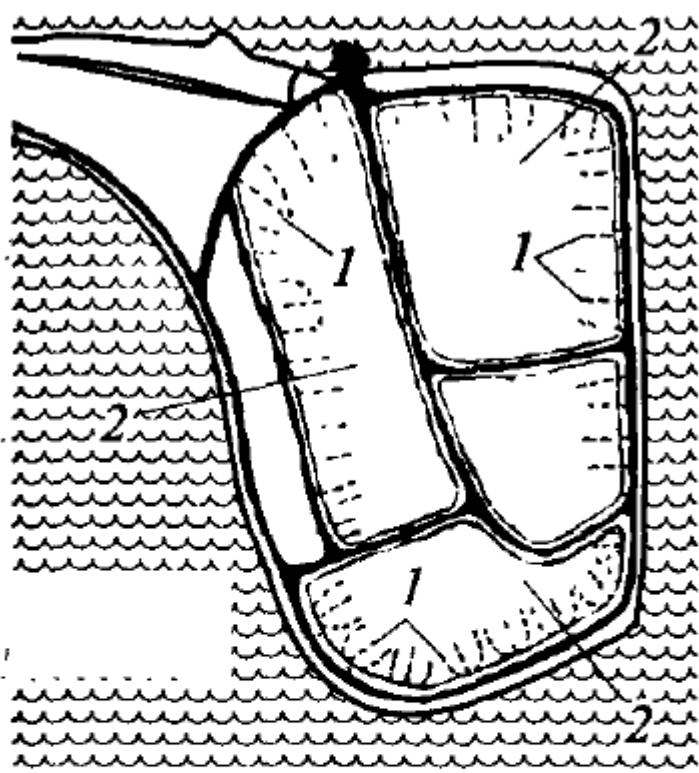
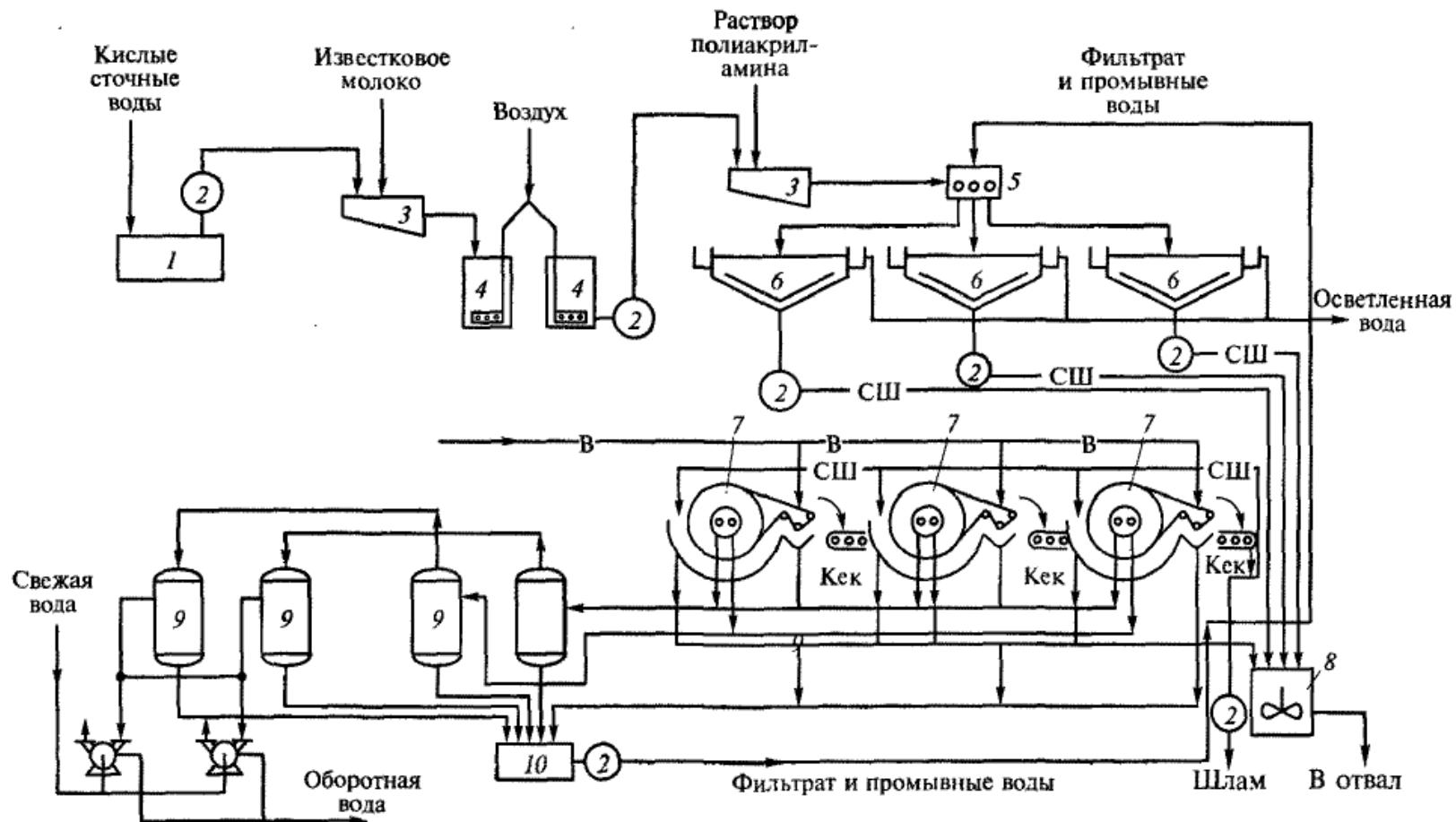


Схема искусственного острова для складирования фосфогипса (компания «Supra», Швеция):
1 — дренажи; 2 — основной бассейн

Жидкие отходы – СВ производства ЭФК

- Для получения 1 т Р₂O₅ в виде 54 %-го раствора фосфорной кислоты расходуется около 220 м³ воды. Около 95 % этого количества идет на охлаждение оборудования – оборотная вода. Эта вода (чистый сток) используется в замкнутой водооборотной системе.
- Остальная вода поступает с технологических операций. Она загрязнена соединениями фосфора и фтора.
- В России разработан способ очистки технической воды с возвратом части ее в производственный процесс. Технологическая схема реализована и эксплуатируется на ОАО «Минудобрения» в г. Воскресенске.
- Сточные воды собирают в сборниках сточных вод, затем их направляют в смесители 3, нейтрализуют суспензией Ca(OH)₂ и отстаивают в отстойниках 6.
- Шлам отфильтровывают в барабанных вакуум-фильтратах 7 и направляют в отвал.
- Вода из отстойников поступает в технологический цикл, а фильтрат расходуют на приготовление известкового молока.



. Схема обработки кислых фторсодержащих сточных вод в производстве экстракционной фосфорной кислоты для повторного использования. Потоки: СШ — сгущенный шлам; В — вода после барометрических конденсаторов: 1 — сборник кислых стоков; 2 — насосы; 3 — смесители; 4 — нейтрализаторы; 5 — распределитель суспензии; 6 — радиальные отстойники; 7 — барабанные вакуум-фильтры; 8 — сборники сгущенного шлама; 9 — сепараторы; 10 — сборник фильтрата и промывных вод

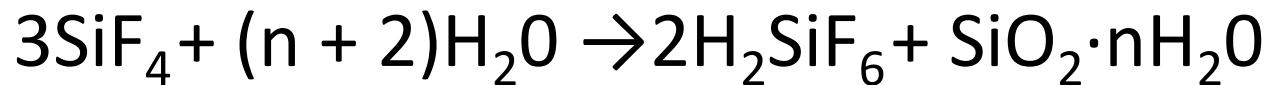
Очистка газовых выбросов производства ЭФК

- При переработке фосфатного сырья в удобрения происходит выделение газообразных фтористых соединений. Количество и состав газовой фазы зависят от технологии обработки фосфатного сырья.
- Отходящие газы содержат фтористые соединения в виде HF и SiF₄.
- Фторид водорода HF кипит при температуре 19,9°C, хорошо растворяется в воде, при этом происходит его диссоциация:



Очистка фторсодержащих газовых выбросов (ФГВ) производства ЭФК

- При нормальных условиях тетрафторид кремния SiF_4 — газ, хорошо растворимый в воде. Реакция протекает с образованием кремнефтористоводородной кислоты:



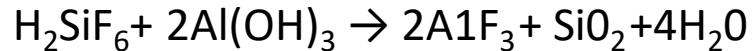
- Вода является хорошим абсорбентом этих газов.
- Основной способ очистки газов при производстве минеральных удобрений — **абсорбция**.

Очистка газовых выбросов производства ЭФК

- В результате водной абсорбции образуется 10— 12%-я **кремнефтористоводородная** кислота, которая является вторичным сырьем и может быть утилизирована для производства ряда продуктов народнохозяйственного назначения.
- В промышленном масштабе реализованы процессы переработки отходящих газов во **фторид алюминия и криолит**.
- Эти вещества используются при производстве алюминия.

Схема получения фторида алюминия на основе ФГВ ЭФК

- *Получение фторида алюминия* основано на реакции



- Раствор H_2SiF_6 концентрацией 25% подогревают до температуры 65 — 75°C и подают в реактор 3, куда дополнительно вводят гидроксид алюминия.
- Реакцию ведут при температуре 100 °C в течение 10—15 мин.
- Образующийся кремнегель отделяют фильтрованием от раствора фторида алюминия.
- Осадок SiO_2 отделяют на центрифуге 4, а маточный раствор подают на кристаллизацию в аппарат 5.
- Процесс проводят при температуре 100— 102°C в течение 4—5 ч.
- Затем осадок отделяют от маточного раствора и прокаливают.
- Сушку и дегидратацию ведут в кипящем слое в две стадии: вначале при температуре 135 — 400°C в печи 8, чтобы избежать гидролиза AlF_3 , а затем при 570 — 600 °C в печи КС 9.
- Получаемый в результате безводный фторид алюминия используют как товарный продукт.
- Все газовые потоки собирают и обрабатывают известковым молоком.

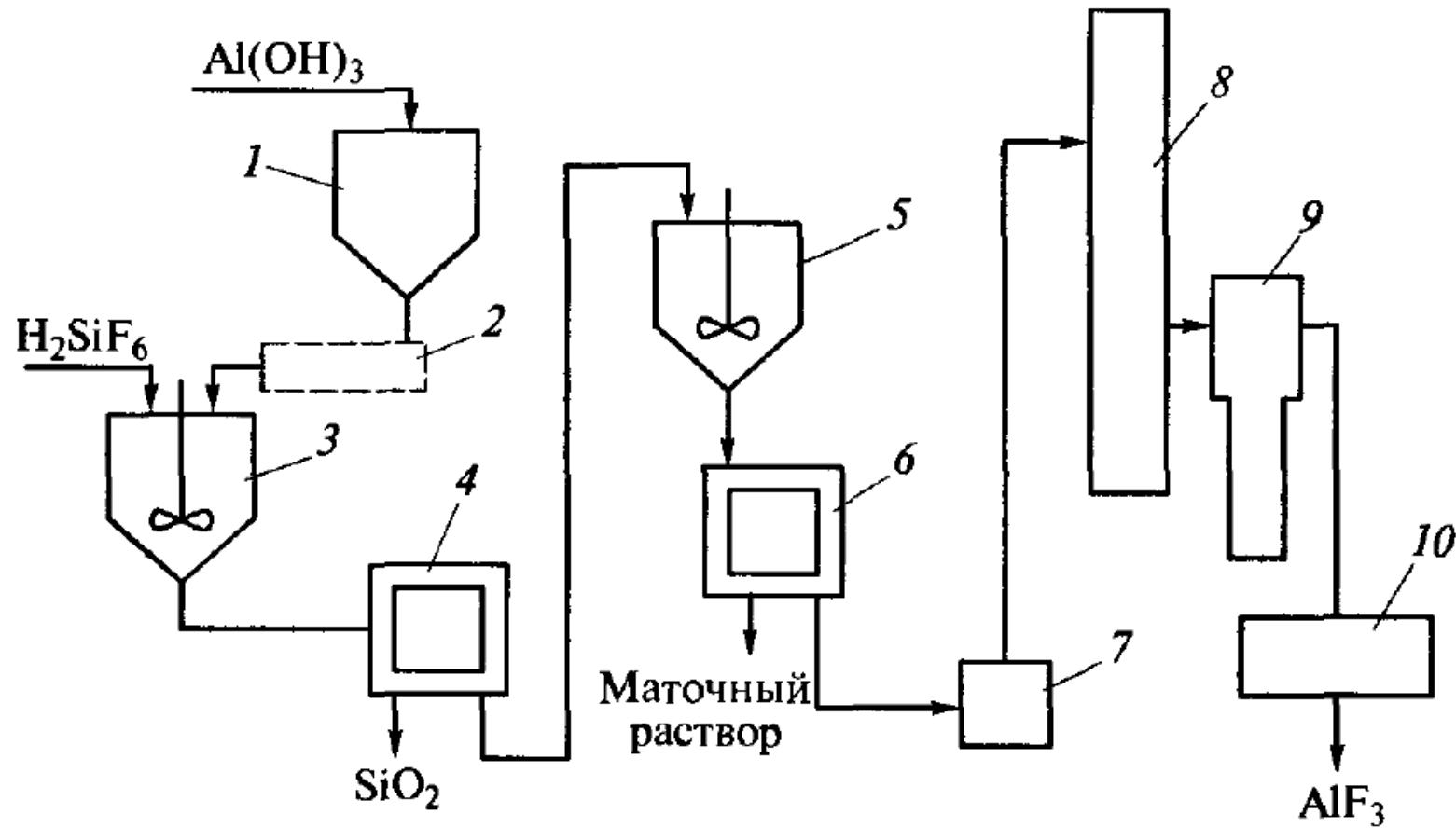


Схема получения фторида алюминия (фирма «Chemie Linz», Австрия):

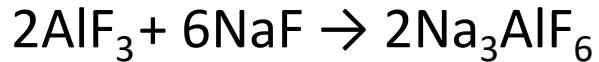
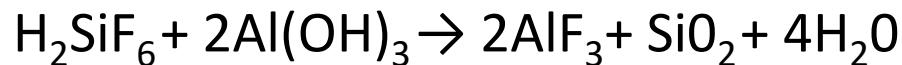
1 — бункер; 2 — дозатор; 3 — реактор; 4, 6 — центрифуги; 5 — кристаллизатор; 7 — сушилка; 8 — печь предварительной прокалки; 9 — печь КС для окончательной сушки; 10 — охладитель

Получение криолита из ФГВ ЭФК

- Криолит получают при использовании фторидов натрия и аммония.
- Процесс осуществлен в промышленном масштабе в России и Австрии.
- Кремнефтористоводородную кислоту нейтрализуют раствором гидроксида алюминия и содой.
- Получаются растворы фторидов алюминия и натрия, которые при взаимодействии образуют криолит Na_3AlF_6

Получение криолита из ФГВ ЭФК

- Происходят реакции:



Процесс отличается простотой аппаратурного оформления и состоит из трех стадий:

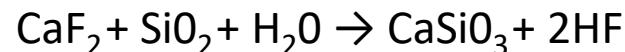
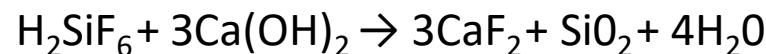
- приготовление раствора фторида алюминия;
- кристаллизация криолита путем взаимодействия растворов фторида натрия (3,5 — 4%) и фторида алюминия (7,5 — 8,5%);
- отделение криолита от маточного раствора с последующей сушкой.
- Производство фторида алюминия и криолита из фторсодержащих отходящих осуществляется в промышленном масштабе.

Утилизация кремнефтористоводородной кислоты

- Другой путь утилизации — переработка на плавиковую кислоту и фтористые соли.
- Наибольшее значение получили *методы переработки кремнефтористоводородной кислоты в плавиковую кислоту или в безводный фторид водорода.*
- Эти вещества являются востребованным сырьем для производства различных фторидов, используемых в качестве катализаторов (HF — сырье для получения фторидов урана, безводный фторид водорода — основной реагент при производстве фторорганических соединений).
- Большинство методов основано на первоначальном получении фтористых солей с последующим разложением их серной кислотой.

Утилизация кремнефтористоводородной кислоты

Технико-экономический анализ показал, что наиболее выгодным является процесс нейтрализации H_2SiF_6 согласно уравнениям:



- Бифторид натрия, содержащийся в растворе, утилизируют путем превращения его в криолит.
- Нейтрализацию H_2SiF_6 проводят в реакторе 1 до pH 9 — 9,5.
- Одновременно в реактор добавляют диоксид кремния в количестве 2 моля на 1 моль H_2SiF_6 .
- Далее смесь гранулируют и обжигают в печи 4 при температуре 1 000—1050°C.
- Пары HF в смеси с H_2O конденсируются, образуя разбавленный раствор HF, который направляют в реактор с мешалкой 6.
- Сусpenзию бифторида натрия отделяют на фильтре 7 и направляют в реактор 11 для получения криолита.
- Выделившийся HF конденсируются, а фторид натрия направляют на рециркуляцию.
- Общая степень использования фтора составляет около 80 %.

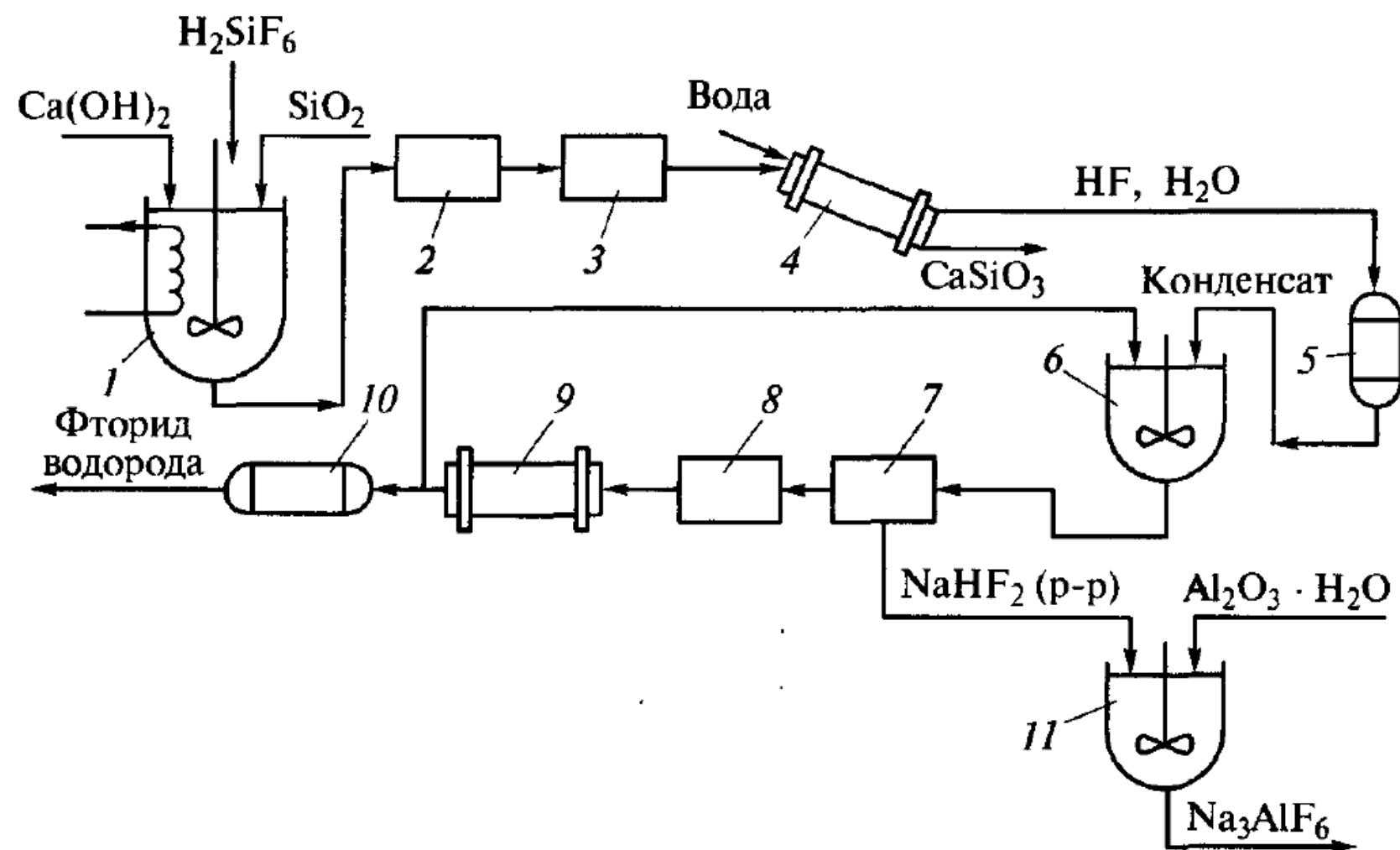


Схема получения фторида водорода и криолита:

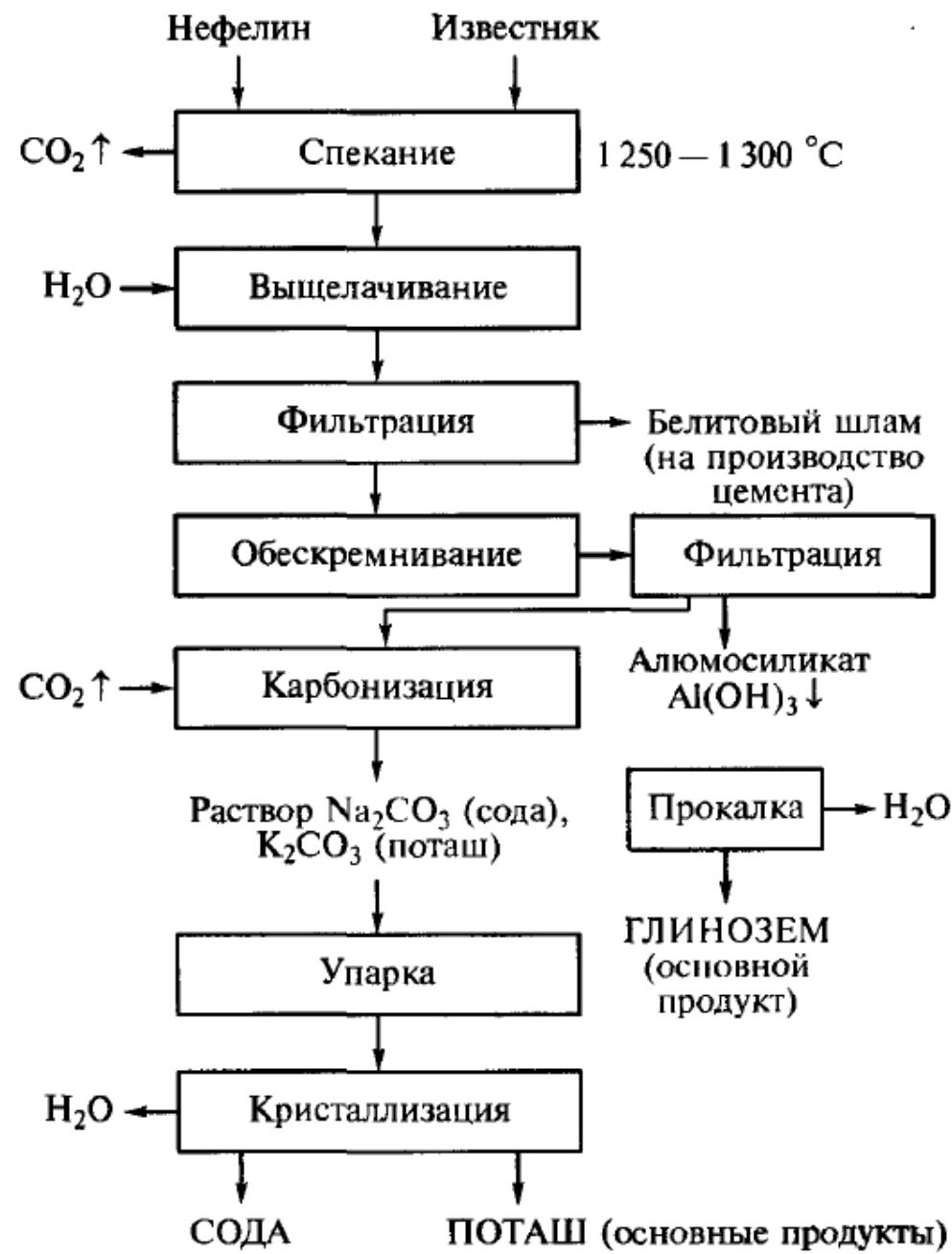
1, 6 — реакторы; 2, 7 — фильтры; 3 — гранулятор; 4 — печь обжига; 5, 10 — конденсаторы; 8 — сушилка; 9 — печь отгонки; 11 — реактор получения криолита

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

Лекция № 5

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

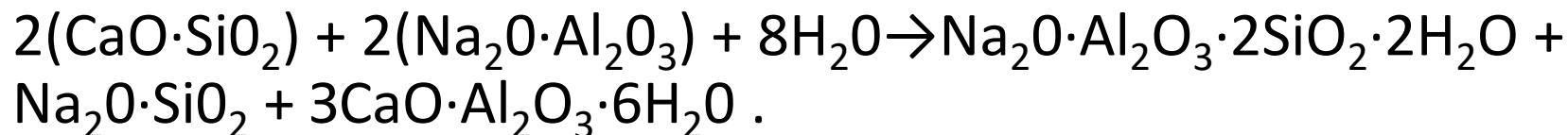
- В России разработана безотходная технология переработки нефелинового сырья
- Нефелиновый концентрат совместно с известняком подвергают спеканию при температуре 1 250— 1 300 °C.
- После спекания получают продукт, состоящий из $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, двухкальциевого силиката $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и феррита натрия $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$.



Безотходная технологическая схема переработки нефелина

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

- При водном выщелачивании спека алюминаты щелочных металлов переходят в раствор.
- Феррит натрия гидролизуется с образованием едкого натра и гидроксида железа.
- Двухкальциевый силикат взаимодействует с алюминатным раствором, в результате получаются алюминаты щелочных металлов и трехкальциевый гидроалюминат.
- Протекает реакция:



Безотходная технология переработки нефелинового сырья

- Образуется нефелиновый (белитовый) шлам, который отделяют от раствора, промывают и направляют на производство цемента.
- Алюмосиликатный раствор подвергают обескремниванию, при котором образуются малорастворимые алюмосиликаты.
- Их отделяют фильтрованием и проекаливают.
- Получают готовый продукт — **глинозем**.

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

- Очищенный раствор алюминатов натрия и калия обрабатывают газами, содержащими CO_2 .
- Получают раствор, в состав которого входят Na_2CO_3 и K_2CO_3
- Раствор упаривают, а затем проводят дробную кристаллизацию.
- Первоначально выкристаллизовывают соду Na_2CO_3 , а затем поташ K_2CO_3 .

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

- Технологическая схема комплексной переработки нефелинового сырья обеспечивает полное использование всех компонентов сырья и переработку их в товарные продукты и является безотходной.

Безотходная технология переработки нефелинового сырья

На получение 1 т глинозема расходуется:

- 3,9 – 4,3 т нефелинового концентрата;
- 11,0 – 13,8 т известняка;
- 3 – 3,5 т топлива;
- 4,1 – 1,6 Гкал пара;
- 1050–1 190 кВт·ч электроэнергии.
- При этом производят:
- 0,62 – 0,78 т кальцинированной соды;
- 0,18 – 0,28 т поташа;
- 9–10 т портландцемента.

Эксплуатационные затраты на производство промышленных продуктов на 10 – 15 % ниже затрат при получении этих веществ другими промышленными способами.

Процессы комплексной переработки минеральной руды

- При переработке некоторых руд до 30 — 40 % полезных компонентов уходит в хвосты (отходы).
- В настоящее время в переработку поступают все более бедные минералы с низким содержанием ценного компонента.
- Например, содержание меди в сульфидных рудах **снизилось за последние 20 лет с 4 % до 0,5 %.**

В большинстве случаев для получения 1 т металла надо переработать 100 — 200 т руды.

Процессы комплексной переработки минеральной руды

Другая особенность минерального сырья — содержание в них в небольших количествах **высокотоксичных веществ**, которые затем переходят в отходы.

- Это относится к соединениям **мышьяка, сурьмы, селена, теллура и других цветных металлов.**

Процессы комплексной переработки минеральной руды

- Особенno остро проблема стоит в металлургической промышленности.
- Высокое содержание ценных или токсичных компонентов не позволяет отнести отходы металлургической промышленности к отвальным и **требует внедрения новых технологий по их переработке.**

Технология переработки сульфидных руд, содержащих медь и другие цветные металлы

- В России медь получают из **медно-цинковых, медно-никелевых, медно-молибденовых и медно-cobальтовых руд.**
- Более 80 % меди из медно-цинкового сырья производят по пиromеталлургическому методу.

Пирометаллургический метод получения меди

Метод состоит из следующих основных операций:

- флотационная обработка руд с получением медного концентраты;
- окислительный обжиг;
- плавка, после которой получают *штейн* — сплав сульфидов меди и железа, и *шлаки* — расплав оксидов металлов.

Пирометаллургический метод получения меди

- Применяемый метод не может решить проблему комплексного использования сырья.
- Степень извлечения меди из сырья не превышает **75 — 78 %**.
- В медный концентрат переходит до **10 — 50 % цинка**
- Дополнительно в отвальных и пиритных хвостах теряется **до 20 % цинка**.
- Долгое время на обогатительных фабриках из руды извлекали только медь, а **остальные компоненты уходили в отвалы**.

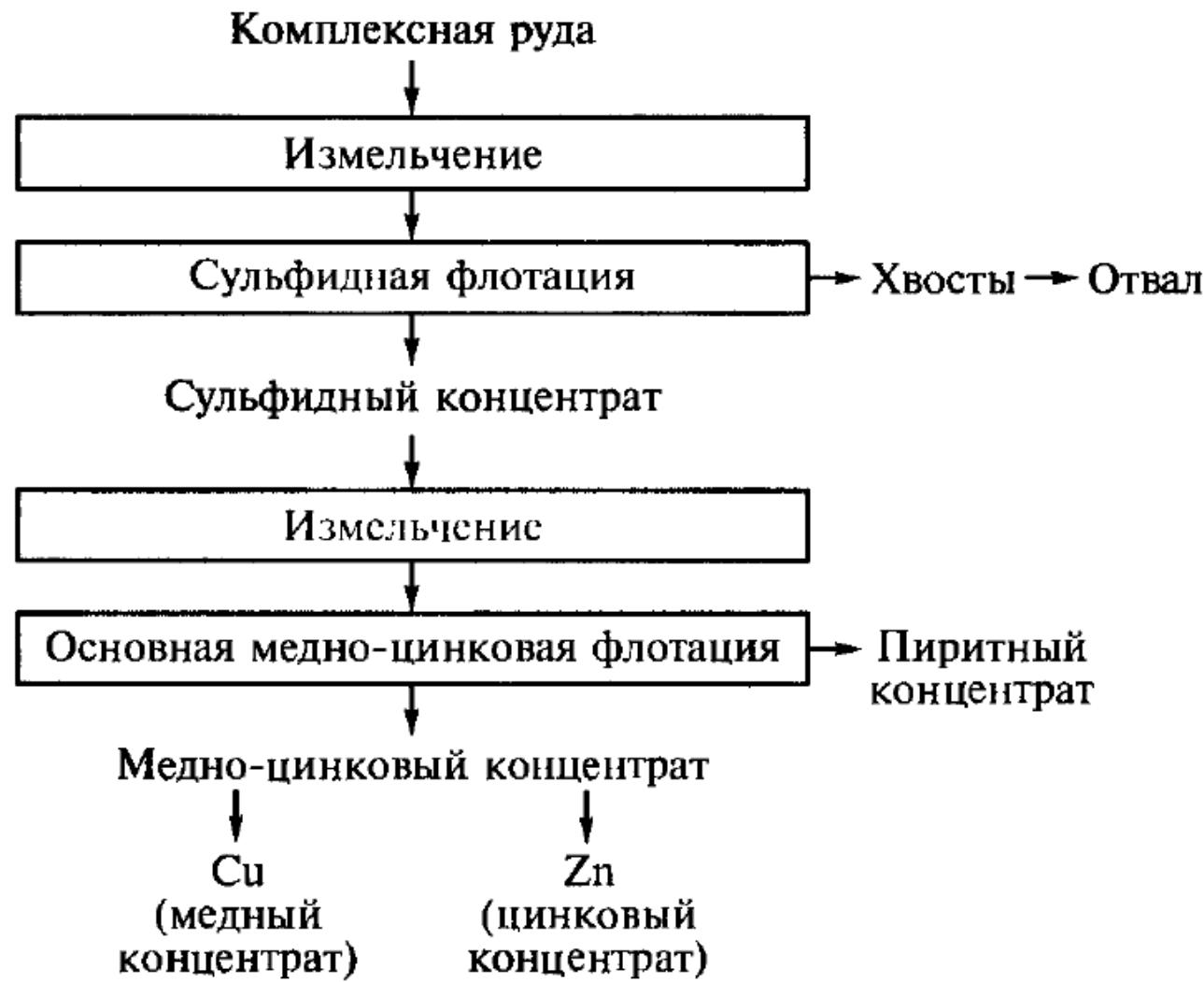


Схема коллективно-селективной флотации медно-цинковых руд

Технология коллективно-селективной флотации медно-цинковых руд

- Согласно схеме первоначально руду измельчают и направляют на сульфидную флотацию.
- Получают сульфиды металлов, а пустая порода уходит в отвал.
- Далее сульфидный концентрат после измельчения направляют на медно-цинковую флотацию, в результате проведения которой получают медный, цинковый и пиритный концентраты.
- Медный концентрат подвергают пиromеталлургической переработке.
- В качестве конечного продукта получают рафинированную медь.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР)

Безотходные территориально- промышленные комплексы (ТПК)

Лекция № 7

Вторичные энергетические ресурсы

- Большие возможности по рациональному использованию энергоресурсов и охране окружающей среды заложены в использовании вторичных энергетических ресурсов (**ВЭР**).
- Известно, что в ряде отраслей промышленности, особенно таких, как химическая и металлургическая, **до 50—60%** себестоимости продукции приходится на потребляемую электроэнергию.

Вторичные энергетические ресурсы

- Под вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР) понимают использование избыточного давления природного и промышленных газов, а также тепла отходящих газов, пара и воды.

Различают следующие ВЭР:

- горючие
- тепловые ВЭР
- вторичные ресурсы избыточного давления.

Вторичные энергетические ресурсы

- **Горючие ВЭР** — это топливные вторичные продукты технологического процесса, чаще всего газы, которые содержат горючие компоненты — Н₂, СО и т.д.
- **Тепловые ВЭР** — это теплота отходящих негорючих газов или жидкостей.
- **ВЭР избыточного давления** — это газы и жидкости, покидающие технологический процесс под избыточным давлением и обладающие потенциальной энергией.

Вторичные энергетические ресурсы

- При рациональном использовании вторичных энергетических ресурсов в металлургической промышленности, например, можно **на 70—80 %** удовлетворить потребность отрасли в тепловой энергии и тем самым сократить потребление топлива (невозобновимое сырье), с одной стороны и понизить энергоемкость производства, с другой.

Регенерация теплоты и энергии

- В ряде случаев вещества, которые поступают на технологическую реакцию, должны быть нагреты.
- После выхода из реакционного аппарата их следует охладить.
- В этом случае в промышленности используют теплоту отходящих газов или готовых продуктов в аппаратах, которые называют **рекуператорами**.

Рекуператор промышленного тепла

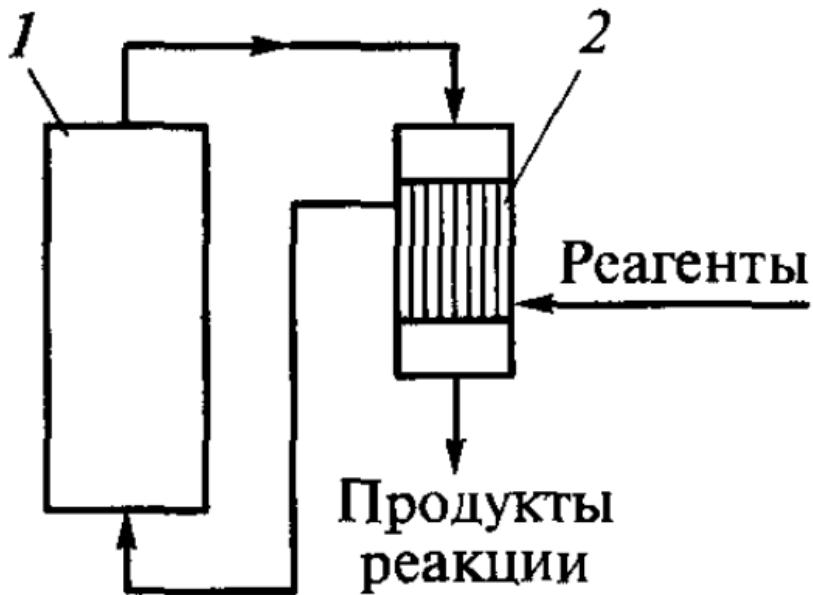


Схема использо-
вания тепла продуктов
реакции:

1 — реакционный аппарат;
2 — теплообменник

Рекуператор промышленного тепла

- Реагирующие вещества поступают в теплообменник, где нагреваются горячими газами, выходящими из реакционного аппарата, и подаются в реактор.
- В процессе проведения технологического процесса реагирующие вещества нагреваются и их температура повышается.
- Нагретые газы выходят из реактора и направляются в теплообменник для нагрева поступающих веществ.

Регенератор для использования тепла отходящих газов

- Регенератор разделен на две камеры периодического действия, заполненных насадкой.
- Газы, имеющие высокую температуру, поступают в одно отделение регенератора и отдают тепло насадке.
- Холодные газы поступают в другое отделение ре генератора, насадка которого предварительно нагрета, и отбирают у нее тепло.
- Через некоторое время положение заслонок автоматически меняется, и тогда через горячую насадку ре генератора начинают проходить холодные газы, а через охлажденную насадку — горячие газы.
- В промышленности вторичное тепло используют, также, и при проведении очистки техногенных выбросов.
- Например, если отходящие газы содержат горючие компоненты (водород, метан), то их сжигают в специальных печах для сжигания отходящих газов с камерами рекуперации вторичного тепла.

Утилизация теплоты химических реакций

- В химической промышленности используется принцип *автотермичности*, суть которого состоит в том, что тепло, которое выделяется при проведении химической реакции, расходуется на подогрев газов, участвующих в технологическом процессе.
- *Утилизация теплоты* заключается в использовании тепла реакционного потока для выработки пара и подогрева воды.

Утилизация теплоты отходящих газов в котле - утилизаторе

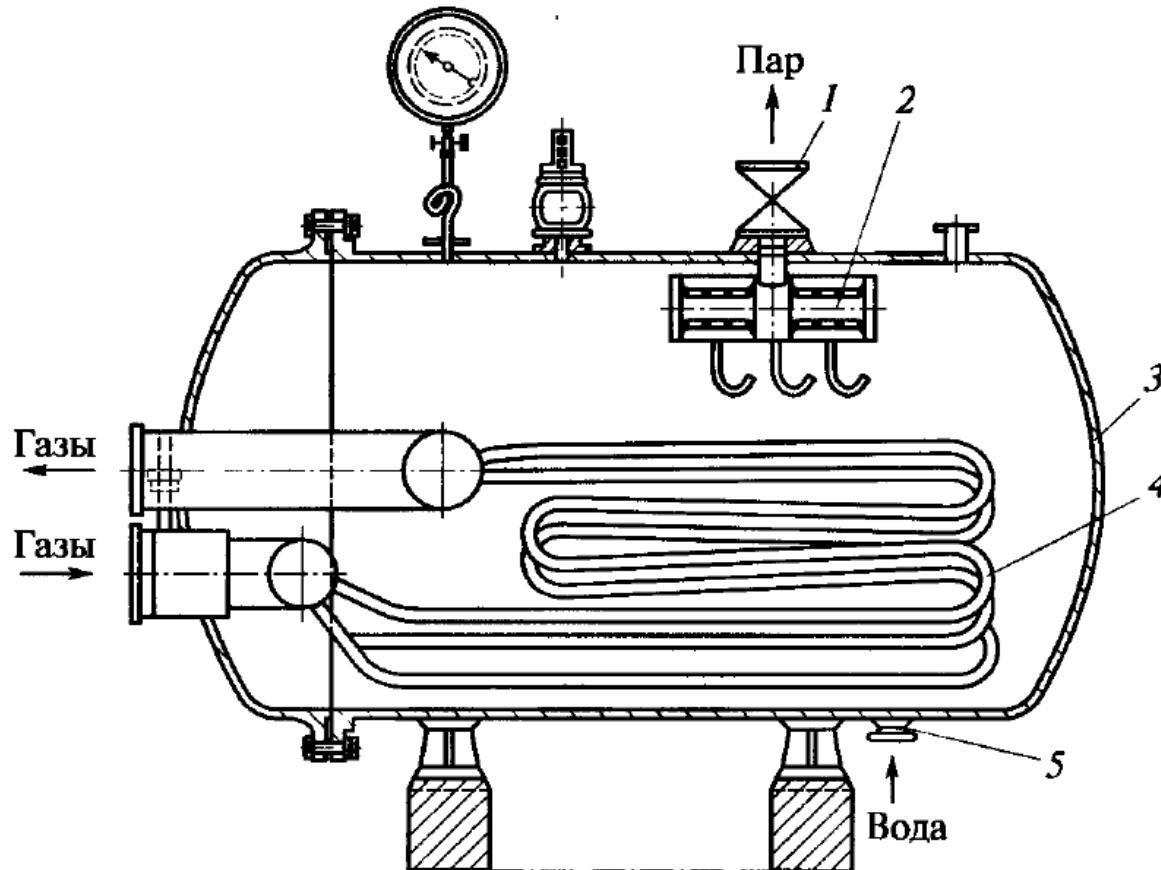


Рис. 3.9. Котел-утилизатор:

1 — вентиль; 2 — влагоотделитель; 3 — корпус; 4 — трубы; 5 — штуцер для ввода воды

Использование выработанной тепловой энергии

- Наряду с утилизацией вторичного тепла важное значение приобретает полное и рациональное использование выработанной тепловой энергии.
- При проведении промышленных процессов значительное количество тепла образуется при охлаждении оборудования.
- При использовании водяного охлаждения температуру воды со стороны теплоносителя поднимают **лишь на 5 - 10 °C.**
- Это делают для того, чтобы не допустить образования накипи.
- Перепад температур недостаточен для промышленного использования такой воды, и ее сбрасывают в водоемы.

Использование выработанной тепловой энергии

- Значительная экономия тепла происходит при замене водяного охлаждения промышленных аппаратов на **испарительные установки**.
- Режим испарительного охлаждения предполагает **использование химически очищенной воды**.
- В этом случае не образуется накипь и становится возможной многократная циркуляция воды со значительным повышением температуры.
- По сравнению с водяным охлаждением расход воды в испарительном режиме **снижается в 30—40 раз**.

Использование ВЭР избыточного давления

- ВЭР избыточного давления используют в турбинах для привода рабочих машин и выработки электроэнергии.

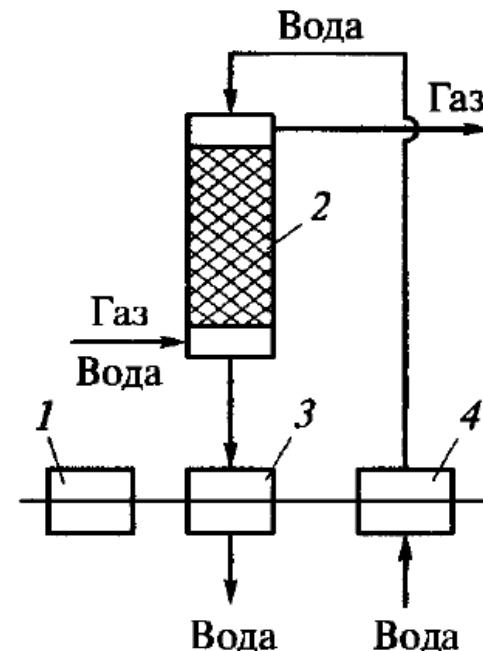


Схема агрегата
«двигатель — насос — тур-
бина»:

1 — двигатель; 2 — башня;
3 — турбина; 4 — насос

Использование ВЭР избыточного давления

- В связи с большим объемом потребления и передачи на значительные расстояния транспортировка природного газа осуществляется под давлением **до 7,5 МПа/см²**.
- Перед подачей газа потребителям избыточное давление снижают **до 0,4—0,6 МПа/см²** на дроссельных устройствах, где теряется значительное количество полезной работы расширения газа.
- **Если сброс избыточного давления проводить в специальных газовых турбинах, то энергия сжатого природного или промышленного газа может быть использована для производства электроэнергии.**
- Такие турбины установлены на ряде металлургических заводов, в том числе на Череповецком заводе, где они подтвердили свою высокую экономичность.

Энерготехнологические схемы

- Большинство производственных процессов требует значительного расхода энергии.
- Затраты энергии на проведение технологического процесса можно уменьшить, если регенерировать часть энергии и использовать потенциалы потоков в самом процессе.
- При проведении технологического процесса одна часть энергии тратится на его осуществление, другая - теряется в окружающую среду.
- Компенсировать потери энергии полностью невозможно.
- Однако недостающую энергию можно вырабатывать в самой технологической системе при потреблении дополнительного количества топлива.

Энерготехнологические схемы

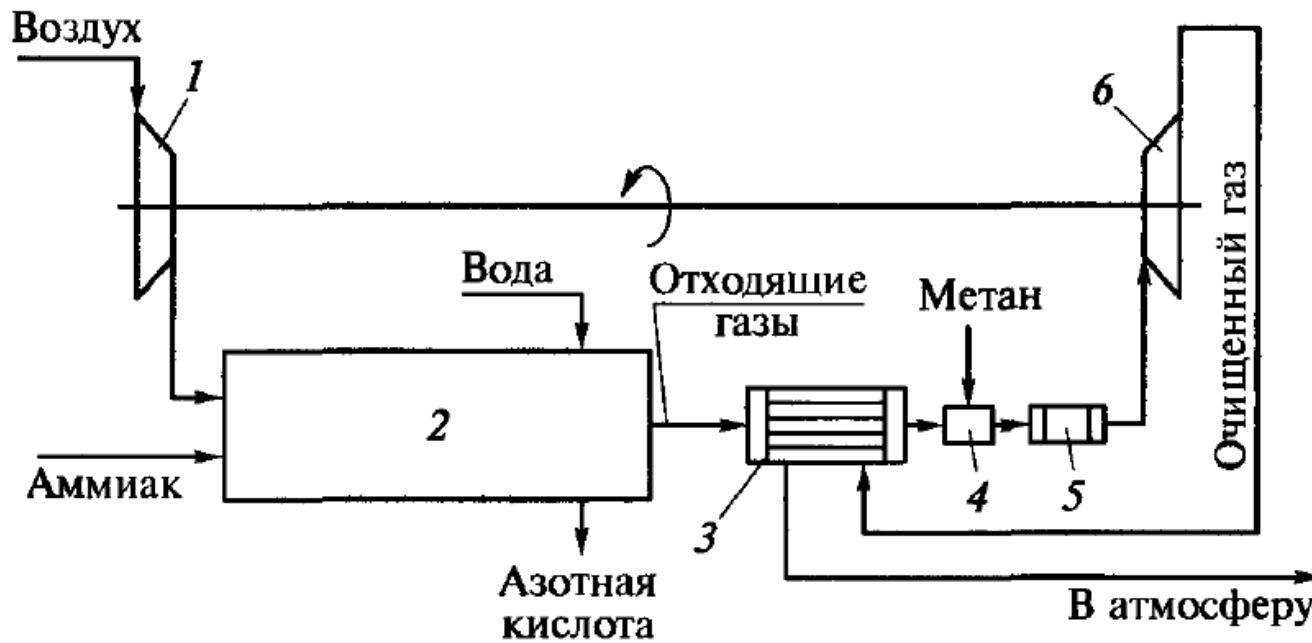
- *Технологическая система, в которую включен энергетический узел, потребляющий топливо и вырабатывающий энергию для компенсации необратимых потерь в целях обеспечения функционирования ТС, называется энерготехнологической системой.*
- **Такая система не потребляет энергию извне, энергетически она автономна.**

Энерготехнологическая схема

(1 вариант)

- В промышленности наиболее часто реализуются два варианта организации энерготехнологической схемы.
- 1. В том случае, когда в производственном процессе используется газ с избыточным давлением, для его сжатия применяют компрессор, работающий от газовой турбины.
- После завершения технологического цикла отходящий газ имеет избыточное давление.
- Этого давления недостаточно, чтобы компенсировать затраты на первоначальное сжатие газа.
- Увеличить энергию отходящего газа можно путем повышения его температуры.
- Для этого в линию отходящего газа дополнительно подают природный газ и сжигают его.
- Потенциальная энергия газа увеличивается и оказывается достаточной для автономной работы компрессора.
- Такая энерготехнологическая схема используется при производстве азотной кислоты.

Энерготехнологическая схема производства азотной кислоты



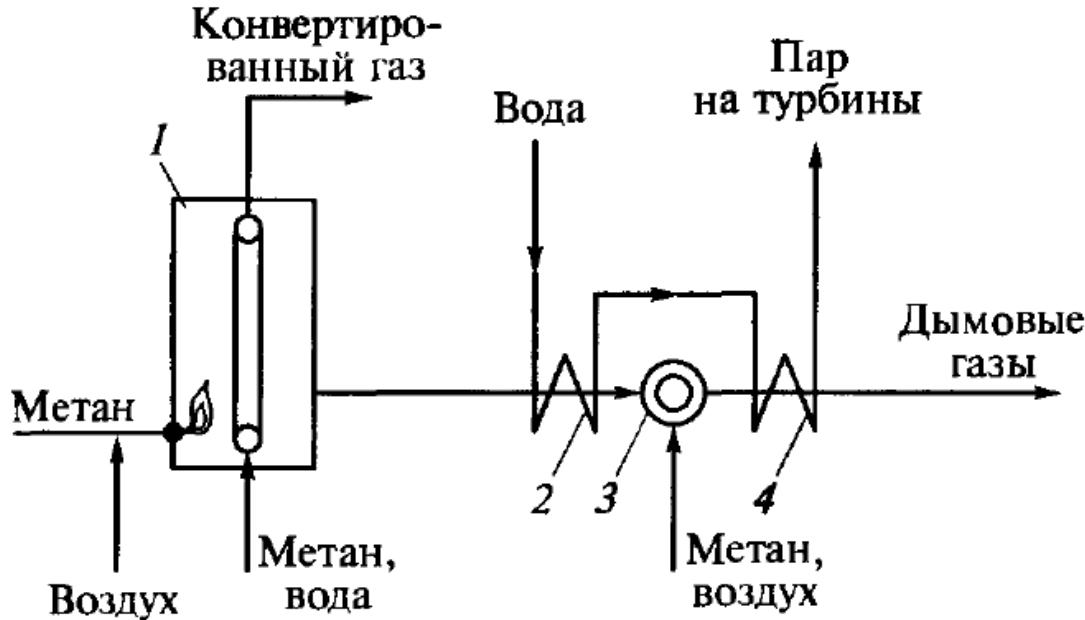
Энерготехнологическая схема, применяемая при производстве азотной кислоты:

1 — компрессор; 2 — технологические аппараты; 3 — теплообменник; 4 — газовая горелка; 5 — реактор каталитической очистки; 6 — газовая турбина

Энерготехнологическая схема (2 вариант)

2. Если в производственном процессе используется газ с высоким избыточным давлением, то для его сжатия и циркуляции в схеме применяют мощный турбокомпрессор, работающий от паровой турбины.
 - Пар высоких параметров получают на ТЭЦ.
 - Чтобы избежать зависимости от ТЭЦ в технологическом процессе, используют теплоту отходящих газов.
 - Такая схема реализуется при производстве аммиака (см. рис. 11.7). В качестве отходящих газов используют газы после печи конверсии метана с температурой на выходе 900 — 950 °С.
 - В газоход для отходящих газов вводят дополнительное количество природного газа и сжигают его.
 - Полученной теплоты оказывается достаточно для автономной выработки пара заданных параметров.
 - Энерготехнологические схемы основаны на тесной взаимосвязи химических и энергетических процессов, что позволяет достигать утилизации производственной теплоты и вести химические процессы с высокой скоростью.
 - По таким схемам в России организовано производство аммиака и карбамида.

Энерготехнологическая схема (2 вариант)



Энерготехнологическая схема, применяемая при производстве аммиака:

1 — трубчатая печь конверсии метана; 2 — котел-утилизатор; 3 — горелка; 4 — пароперегреватель

Безотходные территориально-промышленные комплексы (ТПК)

- Территориально-промышленные комплексы (ТПК) и эколого-промышленные парки являются удобной формой организации производства внутри региона, когда отходы одних производств служат сырьем для других.
- При этом используется инфраструктура региона, транспортные пути, местные природные ресурсы.

Безотходные территориально-промышленные комплексы (ТПК)

- Основным принципом организации территориально-промышленных комплексов является системность, в соответствии с которой отдельный процесс рассматривается как элемент более сложной производственной системы.
- При этом учитывается взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов.

Безотходные территориально-промышленные комплексы (ТПК)

- В рамках таких комплексов складываются наиболее благоприятные условия для кооперирования различных производств, эффективнее используются сырьевые и энергетические ресурсы, появляется возможность создания региональных центров по переработке и обезвреживанию отходов.

Безотходные территориально-промышленные комплексы (ТПК)

- Таким образом, формируется рациональная организация и структура малоотходных производств.
- При этом подразумевается, что увеличение объема выпуска целевой продукции не должно приводить к невосполнимым потерям внутри региона.

Безотходные территориально-промышленные комплексы (ТПК)

- Примерами такой организации производства являются территориально- производственные комплексы, создающиеся на Кольском полуострове, в Сибири, Астраханский газодобывающий комплекс.
- В настоящее время в мире насчитывается около 12 тыс. территориально-промышленных комплексов и эколого-промышленных парков, различающихся числом работающих и количеством производств.
- Крупнейший комплекс находится в Канаде и насчитывает около 1 300 производств.

Природоохранные технологии в ТЭК

Лекция № 7

Общая характеристика ТЭК

- Россия является крупнейшей топливно-энергетической державой мира.
- По объему производства электрической энергии Россия занимает второе место в мире (ее доля в мировом балансе оценивается в **8—9%**).
- Для сравнения (%):
- США — 26, Япония — 8,
- Китай — 7, Германия — 5, Канада — 4.
- Суммарная мощность электростанций в России составляет **205 ГВт**.

Эта мощность распределена так (2010 г.), %:

- **тепловые электростанции (ТЭС) — 66,5;**
- **гидроэлектростанции (ГЭС) — 19;**
- **атомные электростанции (АЭС) — 14,5.**

Виды промышленной энергии

Различают несколько видов промышленной энергии:

- **электрическую**
- **тепловую**
- **электромагнитную.**

Электрическая энергия

- **Электрическая энергия** может использоваться либо в большом (например, в электрометаллургии), либо в малом (например, в часовых батарейках) объемах.
- Преимуществами применения электрической энергии являются возможность ее выработки в больших количествах, легкость транспортирования к месту потребления практически на любое расстояние.
- С экологической точки зрения — это практически чистый вид энергии. Тепловыделение, электромагнитное излучение, высокие напряжения — все эти отрицательные воздействия проявляются на коротких расстояниях и могут быть легко предотвращены.

Тепловая и электромагнитная энергия

- **Тепловая энергия** занимает второе место по масштабам потребления.
- Небольшие запасы тепловой энергии можно хранить, но трудно передавать на отдаленные объекты.
- Максимальная дальность передачи тепловой энергии для отопления — несколько десятков километров.
- **Электромагнитную энергию** нельзя хранить, но можно передавать на большие расстояния. Она распространяется с огромной скоростью, поэтому является незаменимой в устройствах связи и управления.
- Источники энергии подразделяют на первичные и вторичные.

Первичные источники энергии

- Первичные источники энергии принято делить на:
невозобновляемые
возобновляемые
неисчерпаемые.
- **Невозобновляемые источники** объединяют все виды ископаемого топлива, запасы которых в природе ограничены: уголь, нефть, газ, торф, горючие сланцы и уран. Отличительной особенностью таких источников является высокий энергетический потенциал, относительная доступность и экономическая целесообразность добычи. Около 90 % всех используемых в настоящее время энергоресурсов составляет эта группа.
- **Возобновляемые источники** включают гидроэнергию рек, приливов и волн, энергию солнца и ветра. К этому виду источников энергии относится также древесина.
- **Неисчерпаемые источники** — геотермальные и термоядерные источники энергии. Их запасы являются практически неограниченными.

Топливно-сырьевые ресурсы России

- Российская Федерация располагает примерно **1 / 4 всех разведанных энергоресурсов планеты.**
- РФ принадлежит **40 % мировых запасов газа, 15 % нефти и более 30 % угля.**
- При этом необходимо учесть, что недра России разведаны недостаточно. Например, степень разведенности ресурсов
- нефти составляет **34 %,**
- газа — **25 %.**
- Этот показатель сильно меняется по территории России — от 58% (на Урале) до 3% (в Восточной Сибири) и 5% — на шельфах морей.
- **Поэтому следует ожидать открытия новых месторождений энергоресурсов в нашей стране.**

Топливно-сырьевые ресурсы России

- Перед Первой мировой войной основным источником энергии был **уголь**, который называли «хлебом» промышленности.
- В последующие годы приоритеты в использовании топливных ресурсов менялись. Так, по сравнению с 1941 г. в 2000 г. доля использования угля в производстве энергии сократилась с **55 до 24%**;
- **нефти — увеличилась с 15 до 32 %,**
- **газа — с 3 до 38 %.**

ТЭК

- В период с 1941 г. в 2000 г. доля использования угля в производстве энергии сократилась **с 55 до 24%**; **нефти — увеличилась с 15 до 32 %, газа — с 3 до 38 %**, что вызвано несколькими причинами:
- добыча, транспорт и использование нефти и нефтепродуктов более выгодно по сравнению с углем с точки зрения условий труда и воздействия на окружающую среду;
- применение жидкого топлива позволяет упростить и снизить стоимость систем котлоагрегатов и управления на электростанциях;
- открытие и разработка новых огромных и дешевых нефтяных

месторождений в странах Ближнего Востока и Северной Африки оказалось намного ниже стоимости добычи твердого топлива.

ТЭК

- Характерной особенностью российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК) **является несовпадение основных топливных баз и массовых потребителей топливно-энергетических ресурсов.**

- На европейскую часть Российской Федерации приходится 4/5 % населения страны и лишь 1/10 часть всех топливно-энергетических ресурсов.

В 2000 г. почти 70 % российской нефти добывалось

- в Среднем Приобье, из них, млн т:
- в Ханты-Мансийском АО — 163,
- в Ямalo-Ненецком — 34.

Около 25 % нефти сосредоточено

- в Волго-Уральском районе, млн т:
- в Татарстане — 25,
- в Башкортостане — 14.

Экологическая агрессивность ТЭК

- Технология добычи нефти несовершенна.
- Так, в нефтяных месторождениях содержатся попутные газы, которые в России используются на **60 — 70 %**, остальное количество сжигается на нефтепромыслах. Для сравнения в США и Канаде эта величина **95 — 98 %**, соответственно.

С 1960 по 2000 г. ежегодная добыча газа в России возросла с 24 до 640 млн. т, т.е. в 27 раз.

Свыше **90 %** этого количества приходится на Западную Сибирь, в том числе, %:

Ямало-Ненецкий АО — 88 ;

Ханты-Мансийский АО — 3.

около 5 % составляет Оренбургское месторождение.

В настоящее время Россия является крупнейшим поставщиком энергоресурсов в мире, полностью удовлетворяет свои потребности в угле и экспортирует ежегодно **20 млн. т**, что составляет 8 % годовой добычи.

На экспорт идет почти 40 % добываемой нефти и 33 % газа.

ТЭК России обеспечивает около 40 % валютной выручки всего российского экспорта.

Экологическая агрессивность ТЭК

- При добыче газа и нефти сильно нарушаются и загрязняются российские территории, рекультивация которых требует значительных материальных затрат.
- Известно, что при сжигании угля (по сравнению с процессами горения жидкого и газообразного топлива) получают больше токсичных выбросов.
- За счет экспорта нефти и газа (около 20 млрд в год) из России зарубежные страны сократили потребление угля, что позволило им уменьшить ежегодные выбросы вредных веществ в атмосферу более чем на 20 млн т, в том числе, млн т:
 - твердых частиц — на 10
 - и соединений серы — на 8.

Сырьевые ресурсы возобновляемых источников энергии

Из возобновляемых источников энергии наибольшее распространение получила гидроэнергетика, запасы которой оцениваются в 30 млрд кВт ч.

- Из них только около 25 % могут быть реализованы по техническими экономическим условиям.

Наибольшими запасами гидроресурсов обладают Китай, Россия, США и Бразилия.

В нашей стране освоено около 10 % таких ресурсов, в США и Канаде — около 50 %, во Франции и в Швейцарии почти 90 %.

Всего в мире освоено около 5 % гидроресурсов.

В России основные гидроресурсы расположены в экономически отсталых районах Сибири и Дальнего Востока.

Создание в таких районах крупных ГЭС экономически и экологически неоправданно

Сырьевые ресурсы возобновляемых источников энергии

- ГЭС бывают самых разных мощностей — от 3 кВт до 12 ГВт.

Малыми называют гидроэлектростанции мощностью **менее 1 МВт**.

- Например, в Китае за последние 15 лет было построено 60 тыс. малых ГЭС общей мощностью 3 ГВт. Это мероприятие значительно ускорило развитие сельскохозяйственных районов страны.

Мощность крупных ГЭС может достигать **12 ГВт и более**.

- В мире насчитывают около 100 ГЭС мощностью более 1 ГВт, из них 29 ГЭС вошли в эксплуатацию в течение 10 последних лет и 36 гидроэлектростанций находятся в стадии строительства, остальные вступили в строй до 1970 г.
- Строительство ГЭС приводит к негативным экологическим последствиям из-за воздействия на гидрогеологический режим рек и затопления значительных плодородных территорий.

Сырьевые ресурсы возобновляемых источников энергии

- Солнечную энергию можно концентрировать за счет использования фотопреобразующих или термоэлектрических систем. Однако современные технологии являются дорогими и сложными в связи с высокой материалоемкостью оборудования. Стоимость электроэнергии, получаемой на солнечных электростанциях, в 5 — 10 раз выше по сравнению с традиционными способами.
- Технология устройства ветроагрегатов в настоящее время совершенствуется. Наиболее вероятно, что в ближайшем будущем будут использоваться ветроустановки мощностью 5 — 100 кВт. Они могут быть востребованы в основном в сельской местности.
- Геотермальные источники энергии базируются на использовании природной теплоты Земли. Температура земной коры на глубине 50 км составляет 700 — 800 °C, на глубине 500 км - 1 500 -2000°C, в центре Земли — 2 200 — 2 500 °C.
- Однако геотермальная теплота в верхней части земной коры рассеяна.
- Ресурсы, пригодные для промышленного использования, сконцентрированы в отдельных небольших месторождениях. Мощность наиболее крупных геотермальных электростанций составляет, МВт: в Италии — 360, США — 500, Новой Зеландии — 190, Японии — 30. В нашей стране запасы геотермальной энергии невелики, они обнаружены только на Камчатке и Курильских островах. В настоящее время действует Мутновская геотермальная электростанция на Камчатке мощностью 50 МВт

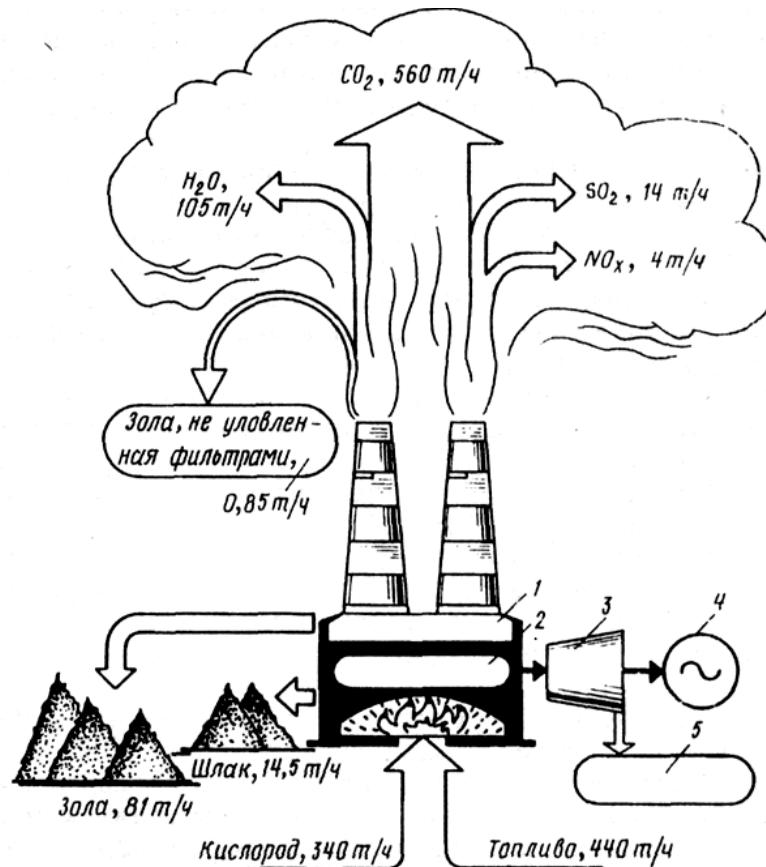
Тепловые электростанции (ТЭС)

- Химические реакции, которые используются при горении органического топлива (угля, газа), можно записать так:
- $C + O_2 = CO_2 + Q;$ $2H_2 + O_2 = 2H_2O + Q$
- *Товарным продуктом ТЭС являются электрическая и тепловая энергии.*
- Материальные ресурсы, затрачиваемые на производство электроэнергии, целиком превращаются в отходы и выделяются в окружающую среду в виде твердых и газообразных продуктов — золы, пыли, оксидов углерода, серы, азота, паров воды.

Тепловые электростанции (ТЭС)

- **Диоксид углерода и пары воды** являются основными газовыми отходами при производстве тепловой и электрической энергии при сжигании органического топлива.
- Поступая в атмосферу, они включаются в природные циклические процессы и поглощаются растениями для синтеза органических веществ и регенерации кислорода.
- Однако этот процесс не восстанавливает существовавшего в природе равновесия, так как темпы использования человеком органического топлива на несколько порядков превышают возможности растительного мира.
- **В этой связи происходит увеличение концентрации диоксида углерода и других парниковых газов в атмосфере, что приводит к усилиению парникового эффекта.**
- В следствие этого отмечены признаки техногенного влияния на климат (**глобальное потепление**), которые сопровождаются увеличением негативных природных катаклизмов (засухи, наводнения, лесные пожары и т.д.)

Материальный баланс современной угольной ТЭС



1 – электрофильтр, 2 – парогенератор, 3 – турбина, 4 – генератор,
5 – конденсатор

Выбросы вредных веществ в атмосферу ТЭС

- Ежегодно объем выбросов вредных веществ в атмосферу энергетическими Пред приятиями России составляет **около 6 млн т.**

Основные загрязняющие вещества :

- **пыль (31 %),**
- **диоксид серы (42 %),**
- **оксиды азота (23,5 %), сажа**, а также высокотоксичные ингредиенты :
- **оксид ванадия(V2 O 5)**
- **бенз(а)пирен.**
- Электроэнергетика оказывает заметное влияние на состояние атмосферного воздуха России. Она обеспечивает **1/ 4 всех выбросов в России** от стационарных источников и более **1/ 3 выбросов твердых веществ.**
- Особенno существенна доля отрасли по выбросам оксида ванадия (**V2 O 5**) — **2/ 3 общего объема.**

Водопотребление и водоотведение ТЭС

- Энергетика является отраслью промышленности, потребляющей огромное количество свежей воды. Ежегодно используется **около 30 млрд м³ воды.**
- Большая часть воды тратится на выработку теплоты и энергии. Такая вода должна проходить предварительные стадии обессоливания или умягчения для освобождения от примесей и растворенных солей.
- Часть воды расходуется на охлаждение различных агрегатов.
- Оборотное водоснабжение позволяет экономить **65 — 70% воды.**
- На электростанциях на различных технологических стадиях образуются сточные воды. Они отличаются по составу и требуют специальных методов очистки.
- Со сточными водами в водные объекты сбрасываются загрязняющие вещества: **взвешенные частицы, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, соли тяжелых металлов.**

Сточные воды энергетических предприятий

- Энергетическая промышленность является крупнейшим потребителем воды.
- ТЭС мощностью 2 400 МВт только для установок обессоливания расходует около **300 т/ч воды**.
- При работе энергетических установок образуется большое количество сточных вод различного состава.
- Промышленные стоки разделяют по категориям и **подвергают локальной очистке**.

Сточные воды энергетических предприятий

В энергетической промышленности выделяют следующие 4 категории сточных и отработанных вод:

- **«горячие» стоки** — воды, полученные после охлаждения оборудования;
- сточные воды, содержащие **повышенные концентрации неорганических солей**;
- **нефте- и маслосодержащие стоки**;
- **отработанные растворы сложного состава, содержащие неорганические и органические примеси.**

Разберем более подробно методы очистки и утилизации различных категорий сточных вод.

Методы очистки и утилизации «горячих» сточных вод ТЭС

- «Горячие» стоки ТЭК не имеют механических или химических загрязнителей, но их температура **на 8—10 °С превышает температуру воды в природном водоеме.**
- Мощность крупнейших электростанций России составляет от 2 400 до 6 400 М Вт. Средний расход охлаждающей воды и количество отводимой с этой водой теплоты, приходящейся на 1 0 0 0 МВт установленной мощности, составляет для ТЭС 30 м³/ч и 4 500 ГДж/ч
- (для АЭС, соответственно, 50 м³/ч и 7 300 ГДж/ч).
- При сбросе такого количества воды в природные водоемы температура в них повышается, что приводит к снижению концентрации растворенного кислорода. В водоемах нарушаются процессы самоочищения воды, что приводит к гибели рыбы.

Методы очистки и утилизации «горячих» сточных вод ТЭК

- Согласно нормативным документам Российской Федерации, при сбросе горячих вод в водоемы температура в них не должна повышаться более чем на **3 К** по сравнению с температурой воды самого жаркого месяца года.
- Дополнительно установлен верхний предел допустимой температуры. Максимальная температура воды в природных водоемах не должна быть выше **28 °C**.
- В водоемах с холодолюбивыми рыбами (лососевые и сиговые) температура не должна превышать **20 °C** летом и **8 °C** зимой.

Методы очистки и утилизации «горячих» сточных вод ТЭС

Аналогичные запреты действуют и в западных странах.

- Так, в США допустимый подогрев воды в природных водоемах не должен превышать **1,5 К**. По федеральному закону США максимальная температура сбросной воды должна быть не более **34 °C** для водоемов с теплолюбивыми рыбами и **20 °C** – для водоемов с холодолюбивыми рыбами.
- Во многих странах ограничивают верхний предел температуры сбросной воды.
- В западноевропейских странах максимальная температура воды при сбросе ее в реку не должна быть выше **28 – 33 °C**.

Методы очистки и утилизации «горячих» сточных вод ТЭС

- Для предотвращения вредного теплового воздействия на естественные водные объекты используют два пути:
 - строят **отдельные проточные водохранилища**, в которые сбрасывают теплую воду, обеспечивая интенсивное перемешивание сбросной воды с основной массой холодной воды;
 - **применяют циркуляционные оборотные системы с промежуточным охлаждением нагретой воды.**

Схема обратного охлаждения воды

- Особенность: организация замкнутого контура циркуляции воды.
- После охлаждения в градирне 5 вода насосом 4 вновь подается в конденсатор.
- В случае необходимости предусмотрен забор воды из природного источника насосом 3.
- Оборотные системы водоснабжения с испарительным охлаждением циркуляционной воды позволяют в 40 – 50 раз уменьшить потребности электростанций в свежей воде из внешних источников.

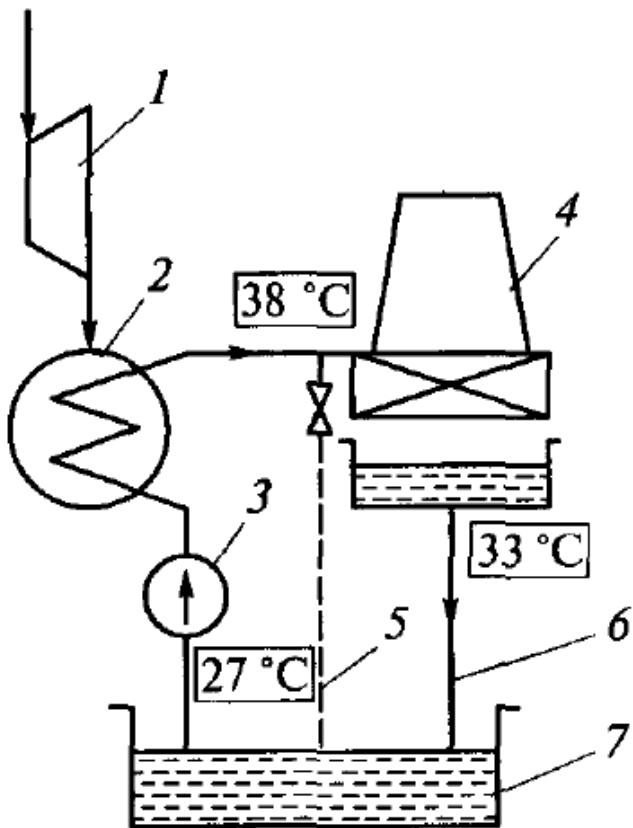


Схема прямоточного охлаждения воды:

1 — турбина; 2 — конденсатор; 3 — циркуляционный насос; 4 — водоохлаждающее устройство; 5 — зимний сброс; 6 — летний сброс; 7 — источник водоснабжения

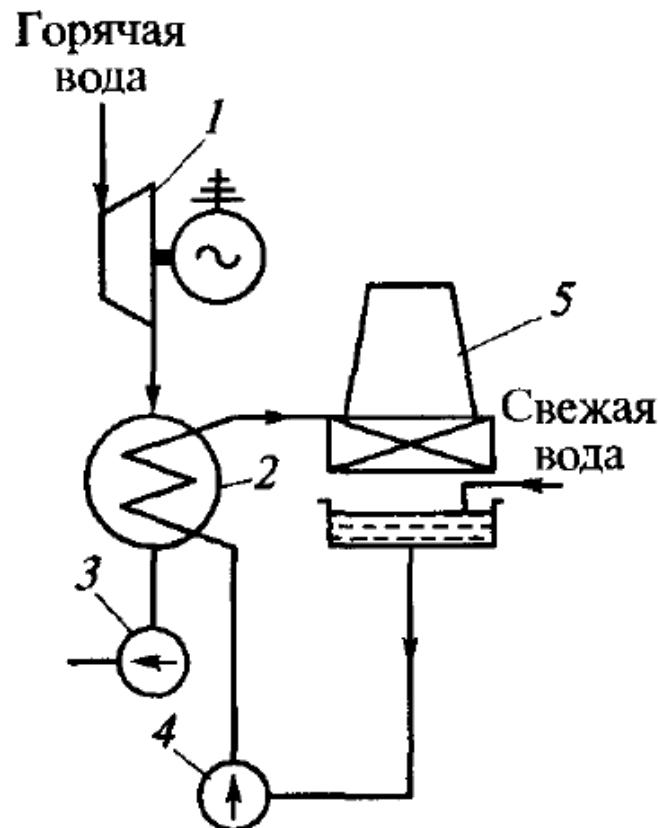


Схема оборотного охлаждения воды:

1 — турбина; 2 — конденсатор; 3, 4 — циркуляционный насос; 5 — водоохлаждающее устройство

Твердые отходы ТЭС

Образование твердых отходов зависит от вида применяемого топлива.

- Специфической особенностью энергетических топлив, сжигаемых в России, является **их высокая зольность**.
- Например, зольность Экибастузского угля **в пять раз**, а северо-западных сланцев **в десять раз выше** средней приведенной зольности углей, потребляемых в США.
- По данным различных источников ежегодный выход золошлаковых отходов (ЗШО) в нашей стране оценивается в **38 — 65 млн т**, из них на долю шлака приходится **10 — 15 %**.
- Объемы выхода твердых продуктов при сжигании угля весьма значительны, поэтому золоотвалы занимают огромные площади, в настоящее время — **около 20 тыс. га**, на которых накоплено более **2 млрд т ЗШО**.

Твердые отходы ТЭК

Средняя зольность отечественных углей составляет 28 % ([для сравнения, в развитых странах мира — менее 10 %](#)). Это достигается за счет того, что в большинстве стран **70—80%** угля подвергается предварительному обогащению, в то время как в нашей стране обогащается лишь **5 — 1%** общего количества добываемого угля.

- В результате выход золы на каждый выработанный киловатт-час в России составляет в среднем **140 г.**
- Для сравнения в развитых странах — **35 — 40 г**, т.е. в **3,5 — 4 раза меньше.**
- Свойства и состав золы зависят от вида применяемого топлива и методов его сжигания.

Состав твердых отходов ТЭС

- Осадочные породы земной коры на 80—85 % состоят из кремния и алюминия. Железо, кальций, магний, калий, натрий и титан составляют остальные 15 — 20%.
- Все эти элементы первоначально присутствуют в топливе в виде минеральных включений и в процессе горения переходят в золу, шлак или пыль, которая удаляется вместе с газом.
- Состав золы от сжигания твердых топлив, добываемых на территории России, колеблется в широких пределах, что не позволяют определить единого направления в ее использовании и переработке.

Состав золы

Оксиды	Содержание в золе, %	Оксиды	Содержание в золе, %
SiO_2	10—68	CaO	2—65
Al_2O_3	10—40	MgO	0—10
TiO_2	0,5—1,5	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0—7
Fe_2O_3	4—30	SO_3	0,1—10

- Как показывают данные таблицы, в процессе горения свойства и состав минеральной части топлива меняются — одни компоненты переходят в газовую фазу и удаляются в атмосферу, другие остаются **в золе и шлаке** и определяют их свойства и токсичность.

Твердые отходы ТЭК

- В угле находятся также микроэлементы, которые при горении **переходят в золу, шлак или удаляются в виде пыли.**
- Суммарное содержание микроэлементов в пересчете на золу не превышает 1 %, но их концентрация оказывается выше, чем в среднем в окружающей среде.
- Например, в золе подмосковного угля содержание лития, бериллия, ванадия, мышьяка, цинка, свинца, сурьмы и кадмия превышает фоновое (для некоторых элементов — в десятки раз).
- Содержание марганца, фтора, никеля, меди, кобальта и стронция, как правило, находится на уровне фоновых значений.
- В золу переходит **79 — 96,4%** валового содержания микроэлементов в топливе.

Утилизация золы ТЭС

- Летучая зола большинства топлив может быть использована как наполнитель углеводородных вяжущих веществ при устройстве дорожных покрытий.
- В западных странах имеются установки, в которых летучая зола в процессе горения улавливается и направляется на переплав в топки с жидким шлаком.
- Такие ТЭС не имеют отходов летучей золы, поскольку она полностью превращается в шлак.
- Масштабы использования золы определяются ее составом и свойствами.
- В зависимости от вида топлива состав золы может быть различным. Товарные качества золы зависят от метода золоудаления
- Золы многих энергетических топлив содержат мало оксида кальция. Использование таких зол требует дополнительных технических решений, поэтому их применение в народном хозяйстве ограничено.
- Их используют при производстве аглопористого гравия — в качестве искусственных пористых заполнителей, при производстве железобетонных конструкций — в качестве заменителя цемента.

Утилизация твердых отходов ТЭС

- Шлак можно считать самым чистым видом из всех твердых отходов, получаемых в процессе горения топлива.
- Шлаки используют в различных отраслях народного хозяйства без предварительной очистки;
- *Отходы энергетической промышленности в виде шлаков*, выход которых в России и странах ближнего зарубежья составляет около 70 млн т в год, близки по составу к металлургическим шлакам и применяют в строительстве.
- На основе золы и шлаков ТЭС можно выпускать более 15 видов строительных материалов.
- Использование твердых отходов энергетической промышленности в разных странах составляет, %: в Германии — 80, во Франции — 65, в Великобритании — 53, в Бельгии — 44, в России — 10.

Утилизация твердых отходов ТЭС

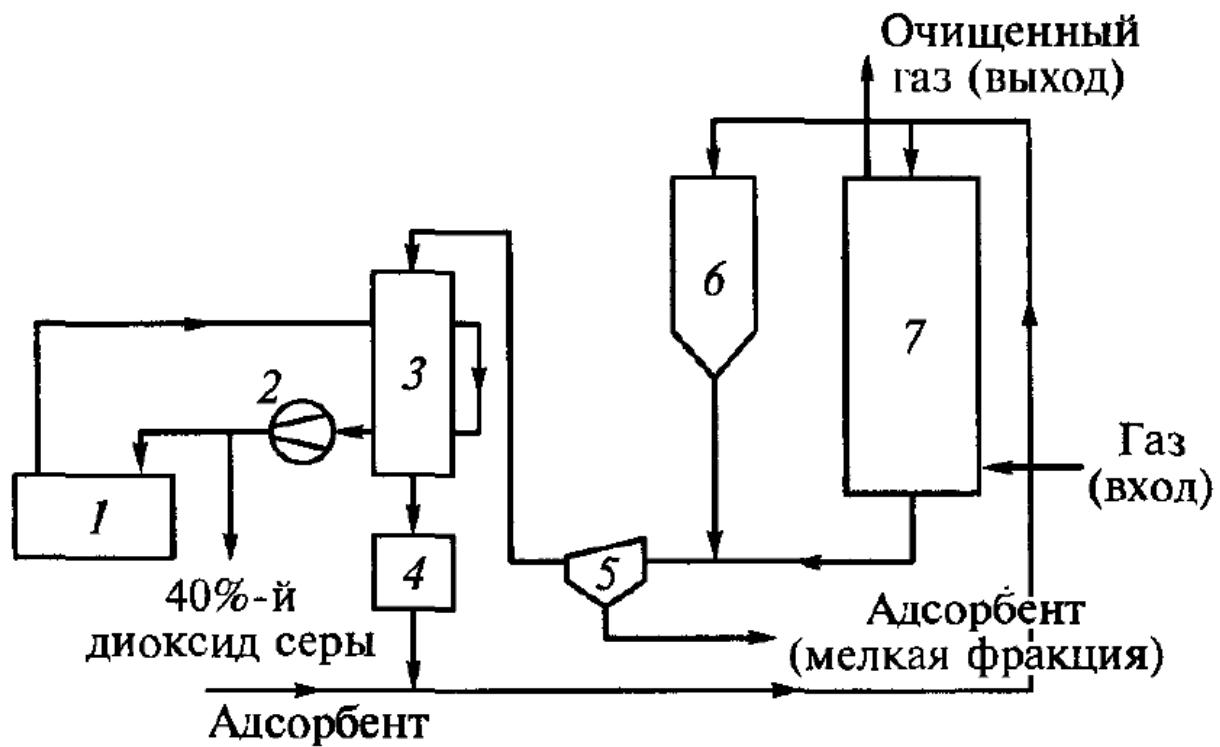
- В настоящее время наибольшее применение в качестве вторичного сырья находит зола, полученная при сжигании сланцев, углей Канско-Ачинского месторождения и торфа.
- Эта зола содержит значительное количество оксида кальция и используется для известкования почв, производства аглопористого гравия, наполнителя в цементобетонных смесях. Такая зола практически без переработки может быть использована для улучшения кислых почв.
- При внесении золы в кислые почвы значительно повышается урожайность **ячменя, ржи и овса**.
- Поставка золы с ТЭС осуществляется железнодорожными вагонами-цистернами с автоматическим режимом процессов загрузки и выгрузки.
- Масштабы использования золы определяются ее составом и свойствами. В зависимости от вида топлива состав золы может быть различным.

Физико-химические способы очистки отходящих газов ТЭС от оксидов серы

Лекция № 8

Очистка дымовых газов электростанций от SO₂

- Очистка дымовых газов электростанций имеет особенности, связанные с большими объемами отходящих газов — $5 \cdot 10^6$ — $6 \cdot 10^6$ м³/ч, а также с малой концентрацией в них соединений серы - 0,1 - 0,2%.
- Физико-химические методы очистки газов от соединений серы подразделяют на:
 - Адсорбционные;
 - Абсорбционные;
 - Каталитические.



Функциональная схема очистки серосодержащих газов по методу Рейнлюфт:

1 — подогреватель газа; 2 — смеситель; 3 — десорбер; 4 — холодильник; 5 — сито;
6 — хранилище адсорбента; 7 — адсорбер

Адсорбционные методы

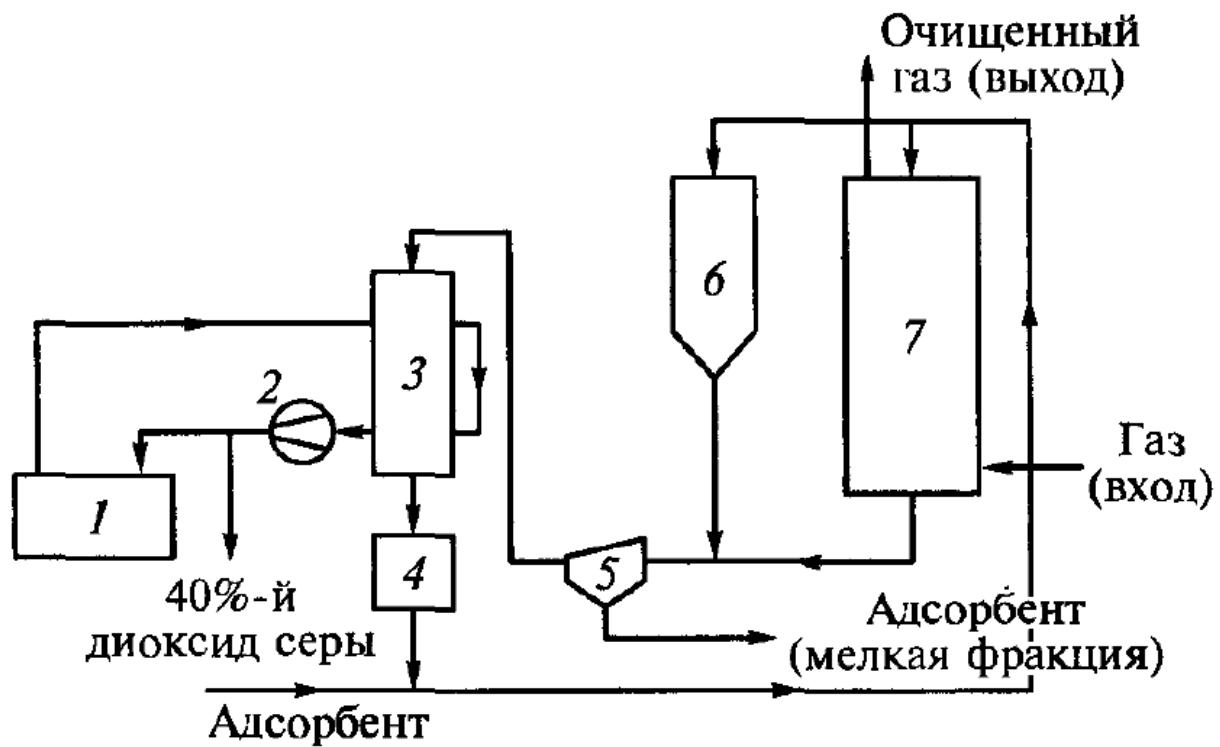
(очистки от диоксида серы)

- Диоксид серы и другие примеси адсорбируются из отходящих газов на активных углесодержащих материалах
- Оксиды серы сорбируются в адсорбере 7, заполненном частицами сорбента размером 3 — 30 мм.
- Концентрация пылевых частиц в отходящих газах в течение длительного времени не должна превышать $2\text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$.
- После насыщения адсорбент транспортируется в хранилище 6. Далее он проходит через сито 5.
- Часть пылевидных частиц отделяется и сжигается. Более крупный адсорбент перемещается в десорбер 3.

Адсорбционные методы

(очистки от диоксида серы)

- Диоксид серы и другие примеси адсорбируются из отходящих газов на активных углесодержащих материалах
- Оксиды серы сорбируются в адсорбере 7, заполненном частицами сорбента размером 3 — 30 мм.
- Концентрация пылевых частиц в отходящих газах в течение длительного времени не должна превышать $2 \text{ г} * \text{м}^{-3}$.
- После насыщения адсорбент транспортируется в хранилище 6. Далее он проходит через сито 5.
- Часть пылевидных частиц отделяется и сжигается. Более крупный адсорбент перемещается в десорбер 3.



Функциональная схема очистки серосодержащих газов по методу Рейнлюфт:

1 — подогреватель газа; 2 — смеситель; 3 — десорбер; 4 — холодильник; 5 — сито;
6 — хранилище адсорбента; 7 — адсорбер

Абсорбционные методы.

Известковый метод

- *Известковый метод* является одним из самых разработанных абсорбционных методов.
- Впервые был применен в 30-х годах XX в. в Великобритании.
- В настоящее время широко используется в США, Японии, Швеции, Германии.
- В России также имеются установки подобного типа.

Абсорбционные методы.

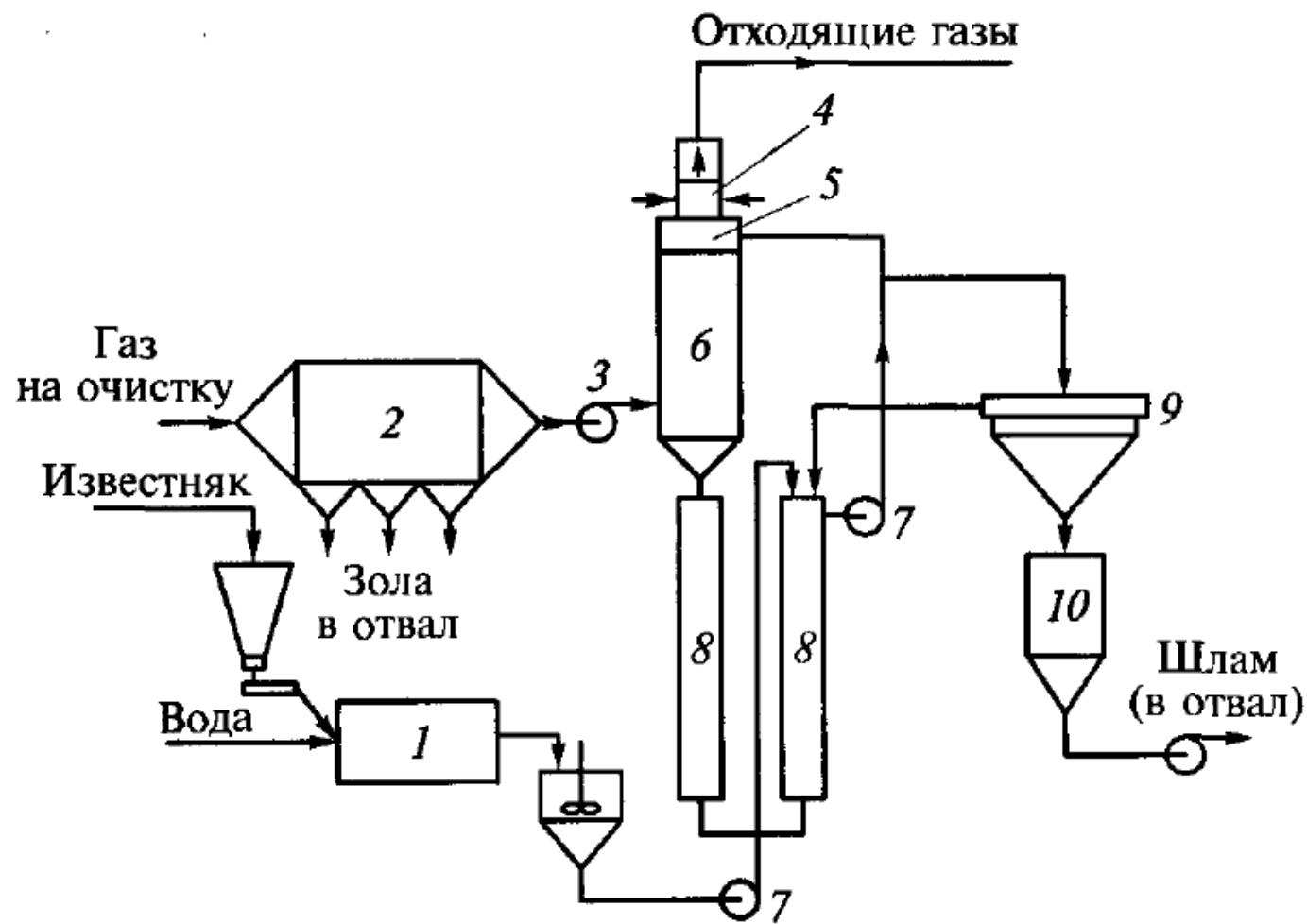
Известковый метод

- Метод основан на взаимодействии гидроксида или карбоната кальция с сернистой кислотой, которая образуется при растворении в воде диоксида серы.
- Процесс описывается реакциями:
- $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Абсорбционные методы

Известковый метод

- Известковый метод используют для топлива с содержанием серы 1 — 4%.
- Степень десульфуризации достигает 90 — 95 %.
- Основные преимущества метода состоят в низких капиталовложениях, составляющих 15 — 20 % стоимости энергетической установки, а также в малых эксплуатационных затратах.
- Недостаток метода — получение отходов в виде пульпы, содержащей соединения, **растворимые в почвенных водах**.
- Наиболее вероятной областью использования отходов является **производство строительных материалов**.
- Однако предварительно отходы должны быть обезвожены и высушены, что является дорогостоящими операциями.



Технологическая схема очистки дымовых газов от оксида серы(IV) известняковым методом:

1 — установка для приготовления суспензии известняка; 2 — золоуловитель; 3 — дымосос; 4 — подогреватель; 5 — брызгоуловитель; 6 — скруббер; 7 — циркуляционный насос; 8 — емкость; 9 — сгуститель; 10 — емкость для шлама

Абсорбционные методы

Известковый метод

- Отходящие газы поступают в золоуловитель 2, в котором очищаются от твердых частиц золы. Затем газы направляют в скруббер 6 для очистки от диоксида серы.
- Скруббер орошается водой, содержащей мелко размолотый известняк.
- Далее газы поступают в брызгоуловитель 5, освобождаются от брызг, подогреваются 4 и выбрасываются в атмосферу.
- К раствору, который вытекает из скруббера, добавляют свежую известковую суспензию для нейтрализации кислоты.
- После этого жидкость выдерживают в емкости 8 некоторое время для завершения процесса кристаллизации сульфита кальция и вновь направляют в скруббер на орошение.
- С течением времени в жидкости накапливаются кристаллы сульфита и сульфата кальция.
- Когда концентрация твердых частиц достигнет 10—15%, часть суспензии выводят из цикла и отправляют в золоотвал.