

## Лекция № 13

Тема:

Промышленные типы неметаллических полезных ископаемых: химическое и агрономическое сырье (минеральных солей, фосфоритов, флюорита, магнезита, брусита, цеолитов

Каждый промышленный тип месторождения имеет свои специфические особенности:

- *состав и типы руд,*
- *форму, размеры и условия залегания рудных тел,*
- *вмещающие породы и их оклорудные изменения,*
- *возраст оруденения,*
- *структура рудного поля и др.*

Эти особенности могут быть наиболее прочно усвоены только при изучении конкретных примеров **генетических типов по известным месторождениям.**

Промышленные классификации месторождений многочисленны, разнообразны, но в значительной мере условны, так как базируются на различных принципах (иногда даже в одной классификации):

- **областях применения,**
- физических и химических **свойствах металлов,**
- **степени распространенности** месторождений и др.

В зависимости от **свойств металлов**, определяющих направления промышленного использования, месторождения металлических полезных ископаемых разделяют на следующие группы месторождений:

- 1) черных и легирующих металлов** (железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, кобальт, вольфрам, молибден);
- 2) цветных металлов** (алюминий, медь, цинк, свинец, олово, сурьма, висмут, ртуть);
- 3) благородных металлов** (золото, серебро, металлы платиновой группы (платина, палладий, иридий, родий, рутений, осмий);
- 4) радиоактивных металлов** (уран, радий, торий);
- 5) редких и рассеянных металлов** (литий, бериллий, рубидий, цезий, гафний, скандий, галлий, рений, кадмий, индий, таллий, германий, селен, теллур, tantal, ниобий, цирконий);
- 6) редкоземельных элементов** (лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, иттрий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, голмий, эрбий, тулий, иттербий, лютей).

# **1. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых (общие сведения, классификация)**

**к НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОЛЕЗНЫМ ИСКОПАЕМЫМ** относятся такие минералы и горные породы, которые не являются источником получения металлов и не представляют собой минеральное топливо.

Термин «неметаллические (нерудные) полезные ископаемые» является достаточно условным , так как из них извлекают не только неметаллы (S,Se, P ), но и ряд металлов ( K, Mg, Na и др.).

Группа неметаллических полезных ископаемых гораздо обширнее группы металлических и горючих ископаемых.

К неметаллическим относят свыше 130 промышленных видов полезных ископаемых, которые используются в естественном виде или после предварительной переработки.

## **Разделение неметаллических полезных ископаемых на три группы основано в ней на ведущих полезных свойствах и главных направлениях промышленного применения:**

- 1) индустриальное сырье: *драгоценные, поделочные и технические камни* – алмаз, рубин, сапфир, изумруд, гранаты, малахит, агаты и др.; *пьезооптическое и электротехническое сырье* – пьезокварц, исландский шпат, оптический кварц, оптический флюорит, мусковит, флогопит; *тепло- и звукоизоляционные, кислото- и щелочеупорные, а также огнеупорные материалы и добавочное сырье для металлургии* – графит, асbestos хризотиловые и амфиболовые, тальк, магнезит, флюорит, барит, витерит; *природные сорбенты* – цеолиты, бентониты и др.
- 2) химическое и агрономическое сырье: *минеральные соли* – калийные, калийно-магниевые, поваренная, сульфат натрия, природная сода; *фосфатное сырье* – апатит и фосфориты; серное и борное сырье.

3) минеральное сырье для промышленности строительных материалов: для производства заполнителей легких бетонов и теплоизоляционных материалов – пемза, вулканические и известковые туфы, диатомиты, трепелы, опоки, перлит, вермикулит; строительный и облицовочный камень – магматические, осадочные и метаморфические горные породы; сырье для получения вязущих материалов – карбонатные породы, гипс и ангидрит; строительный песок и песчано-гравийные материалы; керамическое сырье – глины и каолины, полевые шпаты, пегматиты; стекольное сырье; породы для каменного литья; минеральные пигменты.

# Месторождения флюорита, магнезита, брусита, цеолитов

## Месторождения флюорита

- **Флюорит** (плавиковый шпат) по химическому составу представляет собой фтористый кальций **CaF<sub>2</sub>**. Используется он как сырье для получения плавиковой кислоты и других соединений фтора, в том числе искусственного криолита (3NaF AlF<sub>3</sub>), необходимого в производстве алюминия.
- В металлургической промышленности флюорит применяется в качестве флюса для снижения температуры плавления и разжижения шлаков; в стекольной промышленности флюорит ускоряет варку стекла и увеличивает его прозрачность, стеклам и эмалям он придает молочно-белый цвет. В качестве оптического флюорита рассматриваются прозрачные бездефектные кристаллы размером не менее 6х6х6 мм.
- Крупными считаются месторождения с запасами флюорита более 1 млн т, средними – 1–0,1 и мелкими – менее 0,1 млн т.

Промышленные месторождения плавикового шпата известны в 27 зарубежных странах. Общие запасы их руд с содержанием флюорита не менее 35 % оцениваются в 160 млн т. Крупными запасами располагают ЮАР, США, Мексика, Таиланд, Италия, Канада, Испания, Франция, КНР.

Ведущими странами по его производству являются Мексика, Франция, Испания, Таиланд, Италия, ЮАР, США, Канада.

*В Казахстане* наиболее крупным является месторождение **Таскайнар** в Южном Казахстане, представленное стратиформными залежами кальцит-флюоритовых и кварц-флюоритовых руд.

Более мелкими по масштабам являются жильные кварц-кальцит-флюоритовые месторождения **Куланкетпес, Мынарал, Восточно-Каражальное**, а также флюорит-баритовые (**Бадамское** и др.).

## Месторождения магнезита и брусита

Магнезит – карбонат магния  $MgCO_3$  – встречается в виде кристаллических агрегатов и аморфных масс. Брусит – гидроксид магния  $Mg(OH)_2$  – образует почти мономинеральные листоватые, волокнистые и зернистые агрегаты, называемые брусититами. Магнезиты и бруситы используются в промышленности в основном в виде продуктов термической обработки и реже в естественном виде.

*В Казахстане* запасы магнезита, пригодного для производства магнезиальных огнеупоров, разведаны на четырех месторождениях: *Сарыкуболды, Кенеспай, Масьяновское, Кентерлауское.*

Магнезиты известны в Кемпирсайском рудном районе в рудных полях хромитовых месторождений. На месторождении *Миллионном* запасы магнезита 5 млн т, в том числе “чистого” магнезиального сырья 1 млн т, прогнозные ресурсы – 14,1 млн т.

## **Месторождения цеолита.**

Цеолиты – каркасные водные алюмосиликаты натрия, кальция. По происхождению цеолиты гидротермальные, экзогенные и метаморфогенные образования известные своей способностью отдавать и вновь поглощать воду в зависимости от температуры и влажности.

В эту группу входит более 40 минералов, из которых только отдельные (шабазит, эрионит, морденит, филлипсит) обладают полезными свойствами и формируют промышленные концентрации.

Природные цеолиты – это новый тип полезных ископаемых, нашедший применение в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве с 1960-х годов.

Важнейшие области применения цеолитов следующие: очистка отходящих газов промышленных предприятий от оксидов серы, городских и сточных вод от аммонитного азота, вод нефтепереработки, питьевого и технического водоснабжения, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, увеличение производительности животноводства.

***В Казахстане*** два разведанных месторождения (***Чанканай в Алматинской обл. и Тайжузген в ВКО***). По размерам месторождения относятся к разряду средних. В Южном Казахстане предварительно оценены месторождения *Алтын-Эмельское* (41 млн т) и *Каржантауское*.

# **Химическое сырье**

## **Месторождения минеральных солей**

- Минеральными солями называют водорастворимые хлориды, сульфаты и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов, а также соединения смешанного состава. Наиболее важную практическую роль играют следующие минералы: **галит  $\text{NaCl}$ , сильвин  $\text{KCl}$ .**

### ***В Казахстане:***

***Калийные соли.*** Основные разведанные запасы и прогнозные ресурсы калийных солей приходятся на Северный Прикаспий и Актобинское Приуралье. В Северном Прикаспии балансом учтено около 8 млн. т двуокиси калия. Прогнозные ресурсы (Р1–Р3) около 500 млн. т (*Индер, Шалкарское, Сатимола и др.*).

По Актобинскому Приуралью суммарные балансовые запасы (включая С2) составляют около 100 млн т (*Жилянское месторождение*).

**Поваренная соль** ( $\text{NaCl}$ ), **сульфат натрия** (тенаардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), **и природная сода** ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ).

В Казахстане выявлены многочисленные месторождения ископаемых (каменных) солей и месторождения в соленых озерах. Значительные запасы каменной соли заключены в ядрах соляных куполов Прикаспия и купольных структурах Шу-Сарысуйской впадины.

Наиболее крупное ***Индерское (Белая Ростошь)*** месторождение каменной соли приурочено к своду Индерского соляного купола.

Балансом содовое сырье учтено только на месторождении ***Белая Ростошь (каменная соль и писчий мел)***.

**Бораты.** (минералы: Котоит  $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)_2$ , Суанит  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_6$  Людвигит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Fe}, \text{Al})\text{BO}_5\text{O}_2$ , Датолит  $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$  и др. Ученные балансом запасы боратов приходятся на два крупных месторождения – ***Индерское и Сатимола***.

# Месторождения фосфатного сырья

- Основное промышленное значение как фосфатное сырье имеют **апатиты и фосфориты**.

Апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$ , (F, Cl, OH) – распространенный минерал, но основное промышленное значение имеют его концентрации в щелочных и ультраосновных щелочных породах и в связанных с ними постмагматических образованиях.

- Фосфориты – это осадочные горные породы (глинистые, карбонатные, смешанные), содержащие фосфаты, близкие по составу фторапатиту. Фосфориты обогащены такими элементами-примесями, как уран, редкие земли, стронций; реже они содержат ванадий, титан, цирконий, золото и др.

Подавляющая масса фосфатного сырья используется для производства фосфорных и комбинированных удобрений. Фосфатное сырье используется также в химической промышленности для производства фосфора, фосфорной кислоты и ее солей, синтетических моющих средств и в медицине.

Запасы фосфатного сырья зарубежных странах превышают 100 млрд т. Из них на долю фосфоритов (20–45 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) приходится 99 % запасов и лишь 1 % на долю апатитов (до 10 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Крупнейшие месторождения находятся в Марокко, Египте, Алжире, Тунисе, Сирии, Уганде, США. В СНГ запасы фосфатного сырья составляют около 15 млрд т, в том числе 2 млрд.т в комплексных железорудных и редкометалльных месторождениях.

**В Казахстане** месторождения фосфоритов сосредоточены в двух крупных бассейнах: Малокаратауском (микрозернистые фосфориты) и Актобинском (желваковые фосфориты).

**Малокаратауский бассейн** объединяет 14 промышленных месторождений (*Шолактау, Аксай, Коксу, Жанатас, Кокжон* и др.) с балансовыми запасами 550 млн т. Прогнозные ресурсы бассейна оцениваются в 2 млрд т.

**Актобинский бассейн** объединяет 9 месторождений (*Чилисайское, Алгинское, Богдановское, Коктобинское* и др.), суммарные балансовые запасы которых составляют 125 млн т пятиокиси фосфора. Большая часть этих запасов (90 млн т) сосредоточена на Чилисайском месторождении.

- **Месторождения серного сырья**

Среднее содержание серы в земной коре 0,03 %. Лишь небольшая часть ее встречается в природе в самородном виде.

Другими источниками этого элемента являются сульфиды металлов, сульфаты (гипс и ангидрит), сероводород природных горючих газов, сернистые нефти, битуминозные песчаники.

Серу получают попутно при коксохимическом производстве и металлургической переработке руд цветных металлов.

Природная самородная сера бывает кристаллической и аморфной. При температуре 114–119°C она плавится, превращаясь в подвижную жидкость. Это свойство используют при обогащении серных руд и при добыче серы методом подземного расплавления.

Основное количество серного сырья (70–90 %) используется для получения серной кислоты; она применяется при производстве фосфорных, азотных и калийных удобрений, различных химикатов, служит для очистки нефтепродуктов, получения красок и пигментов, синтетических волокон, взрывчатых веществ, моющих средств, пластмасс. Кроме того, сера и ее соединения используются в целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой и текстильной промышленности, в сельском хозяйстве – как удобрение и как средство для борьбы с вредителями.

*В Казахстане* известны два небольших и недостаточно изученных месторождения: *Подгорненское* в восточной части Прикаспийской впадины и *Ульген-Бурултау* в Шу-Сарысуйской впадине. Большие ресурсы серы содержатся в серосодержащих газах заводов цветной металлургии республики и нефтяных месторождениях Прикаспия.

## **Месторождения минеральных солей**

Минеральными солями называют воднорастворимые хлориды, сульфаты и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов, а также соединения смешанного состава. Наиболее важную практическую роль играют следующие минералы: галит  $\text{NaCl}$ , сильвин  $\text{KCl}$ , бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , карналлит  $\text{KClMgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , каинит  $\text{KClMgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , эпсомит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , лангбейнит  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ , природная сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и др.

Мировые ресурсы каменной соли составляют 10 трлн т, добыча превышает 170 млн т; она сосредоточена в СНГ, КНР, США, Великобритании, ФРГ, Индии, Польше, Германии. Мировые ресурсы калийных солей достигают 67 млрд т (в пересчете на  $\text{K}_2\text{O}$ ), подтвержденные запасы – 5,3 млрд т. Основные месторождения расположены в СНГ, Канаде, Германии, Израиле, Иордании и США. Мировая добыча калийных солей составляет более 100 млн т и в наибольшем объеме ведется в СНГ, Канаде, Германии, Франции, США. Разработка месторождений каменной и калийных солей осуществляется подземным способом и частично подземным выщелачиванием.

Цена калийных солей колеблется от 70 до 80 \$/т.

## *Ресурсы Казахстана*

*Калийные соли.* Основные разведанные запасы и прогнозные ресурсы калийных солей в Казахстане приходятся на Северный Прикаспий (преимущественно хлористые калийные соли) и Актобинское Приуралье (преимущественно сульфатные калийные соли). В Северном Прикаспии балансом учтено лишь около 8 млн т двуокиси калия. Прогнозные ресурсы ( $P_1-P_3$ ) около 500 млн т (*Индер, Шалкарское, Сатимола* и др.). По Актобинскому Приуралью суммарные балансовые запасы (включая  $C_2$ ) составляют около 100 млн т (*Жилянское месторождение*).

*Бораты.* Ученные балансом запасы боратов галогенного типа приходятся на два крупных месторождения – *Индерское* и *Сатимола*.

*Поваренная соль, сульфат натрия и природная сода.* В Казахстане выявлены многочисленные месторождения ископаемых (каменных) солей и месторождения в соленых озерах. Значительные запасы каменной соли заключены в ядрах соляных куполов Прикаспия и купольных структурах Шу-Сарысуйской впадины. Наиболее крупное *Индерское* (*Белая Ростошь*) месторождение каменной соли приурочено к своду Индерского соляного купола. Балансом содовое сырье учтено только на месторождении *Белая Ростошь* (*каменная соль и писчий мел*).

- Основное промышленное значение как фосфатное сырье имеют апатиты и фосфориты. Апатит – минерал переменного состава с общей формулой  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$ . Членами изоморфного ряда апатита являются фтор-, хлор- и гидроксилапатиты. В качестве примесей присутствуют стронций, барий, магний, редкие земли и др. Апатит – распространенный минерал, но основное промышленное значение имеют его концентрации в щелочных и ультраосновных щелочных породах и в связанных с ними постмагматических образованиях.
- Фосфориты – это осадочные горные породы (глинистые, карбонатные, смешанные), содержащие фосфаты, близкие по составу фторапатиту. Фосфориты обогащены такими элементами-примесями, как уран, редкие земли, стронций; реже они содержат ванадий, титан, цирконий, золото и др.

- Подавляющая масса фосфатного сырья используется для производства фосфорных и комбинированных удобрений. Фосфатное сырье используется также в химической промышленности для производства фосфора, фосфорной кислоты и ее солей, синтетических моющих средств, в черной металлургии для получения феррофосфора и в медицине.
- Крупными считаются месторождения фосфатного сырья с запасами более 200 млн т, средними – от 200 до 50, мелкими – менее 50 млн т.
- Запасы фосфатного сырья зарубежных странах превышают 100 млрд т. Из них на долю фосфоритов (20–45 %  $P_2O_5$ ) приходится 99 % запасов и лишь 1 % на долю апатитов (до 10 %  $P_2O_5$ ). Крупнейшие месторождения находятся в Марокко, Египте, Алжире, Тунисе, Сирии, Уганде, США. В СНГ запасы фосфатного сырья составляют около 15 млрд т, в том числе 2 млрд т в комплексных железорудных и редкометальных месторождениях, а на долю апатитовых руд приходится более 40 % промышленных запасов фосфатного сырья. Добыча фосфатного сырья в зарубежных странах превысила 100 млн т. Основными добывающими странами (70 %, добычи) являются США и Марокко.

- В Казахстане месторождения фосфоритов сосредоточены в двух крупных бассейнах: Малокаратауском (микрозернистые фосфориты) и Актобинском (желваковые фосфориты). *Малокаратауский бассейн* объединяет 14 промышленных месторождений (*Шолактау, Аксай, Коксу, Жанатас, Кокжон* и др.) с балансовыми запасами 550 млн т. Прогнозные ресурсы бассейна оцениваются в 2 млрд т. *Актобинский бассейн* объединяет 9 месторождений (*Чилисайское, Алгинское, Богдановское, Коктобинское* и др.), суммарные балансовые запасы которых составляют 125 млн т пятиокиси фосфора. Большая часть этих запасов (90 млн т) сосредоточена на Чилисайском месторождении. Прогнозные ресурсы бассейна оцениваются в 104 млн т  $P_2O_5$ .
- Прогнозные ресурсы апатитовых руд оцениваются в 147 млн т.

- Фосфоритоносный бассейн Каратай включает большое число месторождений. Бассейн сложен известняками, доломитами, кремнистыми породами протерозоя, палеозоя и кайнозоя. В состав фосфоритоносной свиты общей мощностью около 75 м входят доломиты, фосфориты, фосфатно-карбонатные и фосфатно-кремнистые породы. Число пластов фосфоритов в ее разрезе варьирует от одного до семи, мощность – от первых метров до 17 м. Пласти залегают под углами 30–60°, местами вертикально (рисунок 4). Руды мелкозернистые, реже встречаются фосфоритовые конгломераты и желваковые фосфориты. Содержание  $P_2O_5$  изменяется от 10 до 35 %.

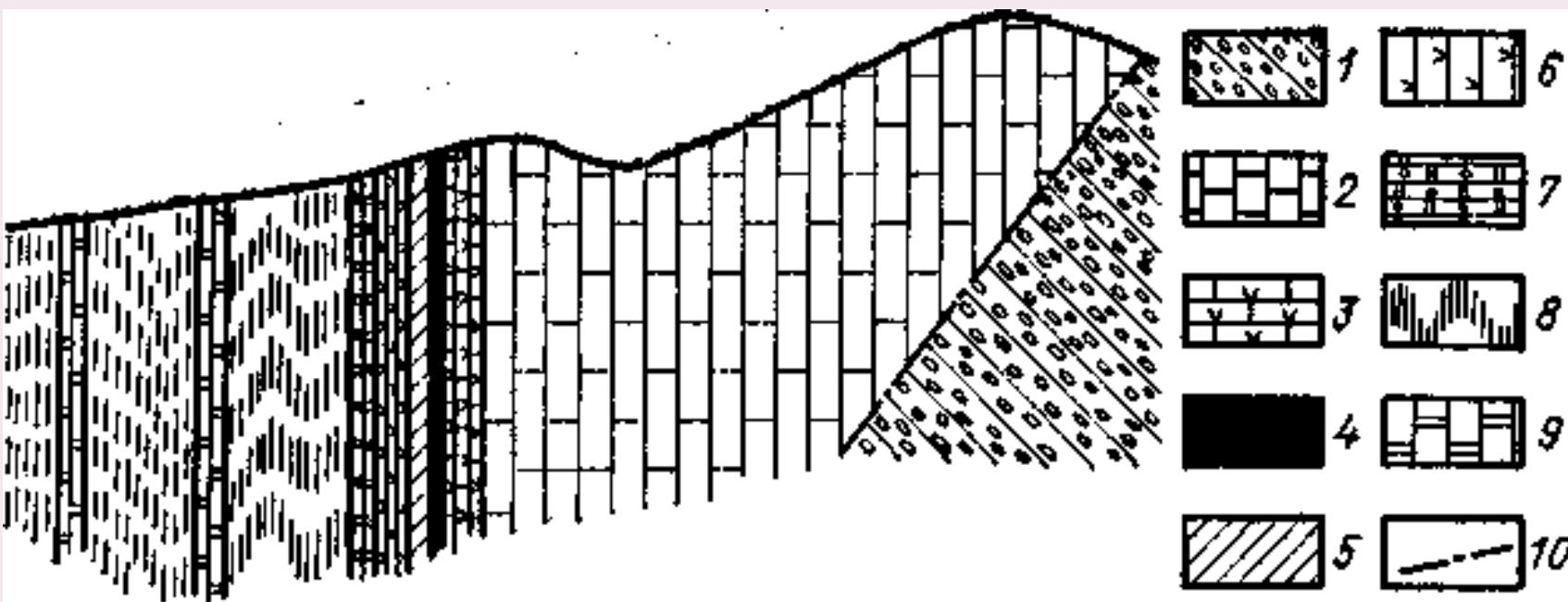


Рисунок 4 - Геологический разрез центральной части фосфоритового месторождения Шолактау (по Б.М.Гиммельфарду и А.С.Соколову): 1 – верхнедевонские конгломераты; 2–3 – нижнесилурийские–среднекембрийские породы: 2–известняки и доломиты, 3–горизонт «бурых известняков»; –7 – среднекембрийские образования: 4–6–фосфоритная серия (пачки: 4–главная фосфоритовая, 5–fosfatno-kremniyevaya и нижняя фосфоритовая, 6–kremnevaya), 7–горизонт «нижних доломитов»; 8–9–нижнекембрийские отложения: 8–кремнистые породы, 9–первый и второй горизонты доломитов; 10–разрывные нарушения

**Определенная доля фосфатного сырья заключена в фосфатно-глауконитовых песках (Западный Казахстан и Павлодарское Прииртышье). Запасы и прогнозные ресурсы последних составляют сотни млн т. Фосфатно-глауконитовые руды являются высококачественным сырьем для получения комбинированных минеральных удобрений.**

- **Месторождения серного сырья**
- Среднее содержание серы в земной коре 0,03 %. Лишь небольшая часть ее встречается в природе в самородном виде. Другими источниками этого элемента являются сульфиды металлов, сульфаты (гипс и ангидрит), сероводород природных горючих газов, сернистые нефти, битуминозные песчаники. Серу получают попутно при коксохимическом производстве и металлургической переработке руд цветных металлов. Природная самородная сера бывает кристаллической и аморфной. При температуре 114–119°C она плавится, превращаясь в подвижную жидкость. Это свойство используют при обогащении серных руд и при добыче серы методом подземного расплавления.
- Основное количество серного сырья (70–90 %) используется для получения серной кислоты; она применяется при производстве фосфорных, азотных и калийных удобрений, различных химикатов, служит для очистки нефтепродуктов, получения красок и пигментов, синтетических волокон, взрывчатых веществ, моющих средств, пластмасс. Кроме того, сера и ее соединения используются в целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой и текстильной промышленности, в сельском хозяйстве – как удобрение и как средство для борьбы с вредителями.

Общие запасы самородной серы в зарубежных странах составляют около 650 млн т, подтвержденные – около 350 млн. т. Они сосредоточены в Ираке, США, Чили, Мексике, Японии, Италии, Иордании. Запасы пирита – 1,9 млрд т – связаны с месторождениями Саудовской Аравии, Испании, Японии, Индии, Канады, Норвегии. Около 70 % общих запасов серы, содержащейся в нефти и горючих газах (1,25 млрд т), приходится на месторождения стран Ближнего Востока и Казахстана. Крупные ресурсы серы выявлены в месторождениях ископаемых углей (22 млрд т), гипса и ангидрита (7 млрд т), битуминозных песков (2 млрд т).

Мировая добыча серы превышает 54 млн т. Зарубежом из общего объема производства серы (около 39 млн т) 22,8 %, получено из месторождений самородной серы (США, Мексика, Иран), 11 % – из пирита (Испания, Япония, Италия, ЮАР), 44,4 % – из газов и нефти (Канада, США, Франция), 15,6 % – из металлургических газов (Канада, США, Австралия, Япония, Финляндия).

Цена технической серы варьирует от 100 до 140 \$/т.

**В Казахстане** известны два небольших и недостаточно изученных месторождения: *Подгорненское* в восточной части Прикаспийской впадины и *Ульген-Бурултау* в Шу-Сарысуйской впадине. Большие ресурсы серы содержатся в серосодержащих газах заводов цветной металлургии республики и нефтяных месторождениях Прикаспия.

*Спасибо за внимание*