

УДК 552.52: 541.193

Самедов А. М., д. т. н., проф., Мацюк Н. С., студ., НТУУ «КПИ», г. Киев

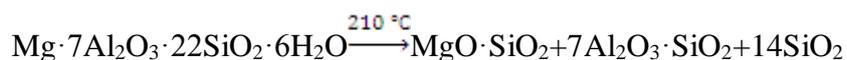
## О ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОТ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

От плохо изолированных промышленных печей и тепловых сооружений через фундаменты просачивается высокая температура (более 60 °С) на грунтовое основание и нагревают грунтовую воду до перегретого пара, растворяет соли и несет с собой ионы обладающие каталитическими свойствами во внутривещное пространство горной породы. Водный раствор, несущий с собой химически активные катализаторы, которые реагируют на тепловые эффекты, обладает высокой теплоемкостью и энтальпией диссоциации быстро разлагающихся минералов из состава горных пород. Такими минералами являются некоторые породообразующие минералы, такие как *полевые шпаты (натриевые или калиевые), слюды, карбонаты, сульфаты и железисто-магнезиальные минералы*. Водяной раствор в перегретой форме, относится к гидротермальным условиям, которые действуют на многие горные породы как щелочная среда, а в присутствии кислоты HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и т. д., вызывают химические эрозии в каменных материалах. Например 10-% водная эмульсия соляной кислоты HCl вызывает в известняках CaCO<sub>3</sub> и доломитах CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> быстрое «скипение» и разложение с обильными выделениями газа CO<sub>2</sub> по следующей реакции:



Многие горные породы, такие как *монтмориллонитовые глины Al<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>·(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, сапонит MgO·7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·22SiO<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, мусковит K<sub>2</sub>O·3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, бейделит (гидроксил) Al<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>9</sub>·(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, природный гипс CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, лимонит FeO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, вермикулит (Mg, Fe)<sub>3</sub>·(Si, Al)<sub>4</sub>·O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, каолинит Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O* и т. д., содержат в составе химически связанные воды, в которых при высокой температуре, эти воды из перечисленных горных пород, удаляются за счет испарения и происходит термическая диссоциация, изменяется модификация и фаза, а также образуются новые виды минералов.

Например, при нагревании *сапонита* до 210°C образуется минерал *клиноенстатит* Mg·SiO<sub>2</sub>, *силлиманит* 7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>, *кварц* SiO<sub>2</sub> и *водяной пар* 2H<sub>2</sub>O↑ по химической реакции:



(α-модификация)+6H<sub>2</sub>O↑(пар)

Под давлением паров воды с добавками K, Na, Ca, Mg при 250÷500 °С в течении 3 часов *каолинит* разлагается образуя разнообразные *слоистые силикаты-слюды, монтмориллониты*, смешаннослойные образования; происходит *трансформация двухслойной структуры в трехслойную* без существенного разрушения тетраэдрических и октаэдрических сеток.

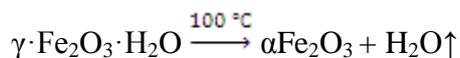
При гидротермальных условиях в горных породах могут быть фазовые переходы, взаимные преобразования и трансформация в другие виды минералов.

Например, *слюда*→ *корунд*→ *полевой шпат* + H<sub>2</sub>O и *слюда* + *кварц*→ *андалузит* + *полевой шпат* + H<sub>2</sub>O и т. д.

При гидротермальных условиях с температурой 410°C из состава *мусковита* KAl<sub>2</sub>[AlSi<sub>2</sub>O<sub>10</sub>]·(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O испаряется химически связанная вода и образуются новые минералы – *лейцит* K<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·4SiO<sub>2</sub>, *кианит* 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>3</sub> и *перегретый водяной пар* H<sub>2</sub>O↑ по реакции:



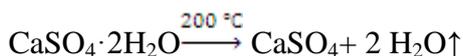
При гидротермальных условиях нагрева 100 °С *лимонит* теряет химически связанную воду, и окись железа активизируется, изменяет свои модификации от  $\gamma$ -модификации переходит к  $\alpha$ -модификации  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и выделяется водяной пар по химической реакции:



Природный двухводный гипс при нагревании до 110 °С превращается в *полуводный активный гипс* и выделяется водяной пар по химической реакции:

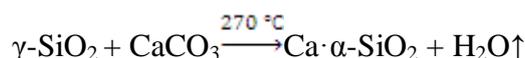


а при 200 °С теряет воду полностью и превращается в продукт *ангидрида* по реакции:



Разные горные породы содержат разное количество химически связанной воды. Например, максимальная гигроскопичность каолиновой глины лишь немного превышает 1%, а монтмориллионитовой может приближаться к 40%.

Под действие гидротермальных условий, некоторые минералы scomпонируются, изменяют свои модификации, претерпевают к взаимодействующим химическим реакциям и образуют новые соединения. Например, при нагревании до 270°С *кварца*  $\gamma$ -модификации с *известняком*  $\text{CaCO}_3$ , нагретый кварцевый песок изменяют свои  $\gamma$ -модификации  $\gamma\text{-SiO}_2$  и дает продукт *однокальциевый силикат*  $\alpha$ -модификацией, как твердеющий минерал и газ  $\text{CO}_2\uparrow$  по химической реакции:



Таким образом, гидротермальные условия создают фазовые превращения у многих горных пород.

Из вышеприведенного можно сделать следующие выводы:

1. Гидротермальные условия, высокая температура, давления внешней сферы резко изменяют физико-механические свойства грунтов.
2. При гидротермальных условиях у многих горных пород протекают фазные изменения (один вид горной породы начинает переходить в другой).
3. Гидротермальные условия и температура окружающей среды изменяют модификации многих горных пород и активируют их к химическому соединению, например, многие горные породы являются в виде  $\gamma$ -модификации (инертным материалом) при воздействии гидротермальных условий и высоких температур, они активируются и переходят к  $\beta$ - или  $\alpha$ -модификациям и могут химически соединиться с другими минералами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Злочевская Р. И. Связанная вода в глинистых грунтах. М.: Изд-во МГУ, 1969.
2. Никольская Н. К., Котов Н. В., Франк-Каменецкий В. А., Гойло Э. А. Гидротермальные преобразования каолинита в железосодержащих средах при повышенных  $P_{\text{H}_2\text{O}}$ -Т-параметрах. –Вестник ЛГУ. Геология, география 1985, №14.-С.8÷14.
3. Кисельева И. А., Остапенко Г. Т., Огородова Л. П. и др. Равновесие между андалитом, кианитом, силлиманитом и муллитом. – Геохимия, 1983, №9, с.1247÷1256.
4. Шведенков Г. Ю., Шведенкова С. В., Дашевский Ю. А., Калинин Д. В. О фазовых равновесиях в системе мусковит-парагонит-щелочные полевые шпаты- $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CO}_2$ . –Геология и геофизика, №1, с.80÷86.
5. Шведенков Г. Ю., Белянкина Е. Д. Роль слюд в геохимическом круговороте вещества. – Изв. АН-СССР, сер.геол., 1983; №1, с 76÷84.