

**Исследование продуктов гидротермальной кристаллизации в многокомпонентных фосфатных системах с катионами щелочных и переходных металлов**

**Научный руководитель – Якубович Ольга Всеволодовна**

*Верченко Полина Александровна*

*Студент (бакалавр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра кристаллографии и кристаллохимии, Москва, Россия

*E-mail: yapoletta@mail.ru*

Минералы - природные неорганические соединения - как правило, содержат в своем составе большое количество примесных химических элементов. Аналоги минералов, синтезированные в лаборатории, обладают фазовой стабильностью, свойственной природным фазам, что является основной причиной их использования в промышленности. Целенаправленный синтез минеральных аналогов дает возможность получать химически «чистые» соединения и новые «минералогически вероятные» кристаллические фазы. Свойства выращенных в лаборатории «минералов» зависят от их химического состава и кристаллической структуры. Согласно исследованиям фосфатных месторождений, было установлено, что наибольшее видовое разнообразие фосфатов представлено в пегматитах и гидротермалитах. Именно поэтому был выбран метод гидротермального синтеза, моделирующий природные гидротермы и пегматиты, для получения синтетических аналогов фосфатов. Физические условия проведения эксперимента соответствовали преимущественно среднетемпературным гидротермам. В качестве основных компонентов шихты, помимо фосфора, присутствовали катионы щелочных металлов и атомы d-элементов. Дополнительные анионы Cl<sup>-</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup> выполняли функцию минерализаторов и регулировали значение pH среды. За время работы было проанализировано 7 опытов по гидротермальному синтезу, предоставленные О.В. Димитровой и А.С. Волковым. Продукты кристаллизации были разделены на фазы под бинокулярным микроскопом. В целях определения химического состава синтезированных соединений и изучения морфологии кристаллов был проведен качественный рентгеноспектральный анализ на сканирующем электронном микроскопе. Методом монокристалльной рентгеновской дифрактометрии на четырёхкружном дифрактометре Xcalibur-S-CCD (Mo-K $\alpha$ -излучение) были определены симметрия и параметры элементарных ячеек полученных соединений. По совокупным результатам этих исследований фазы были идентифицированы с помощью базы структурных данных ICSD. В результате экспериментов по гидротермальному синтезу получены структурные аналоги фосфатных минералов пегматитов: литиофилита LiMnPO<sub>4</sub> и его Со-аналога LiCoPO<sub>4</sub>, литиофосфата Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Ni-содержащего аналога фосфоэленбергерита Na<sub>2</sub>Ni<sub>6</sub>[HPO<sub>4</sub>][PO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>(OH)<sub>3</sub>. Синтезированы также «минералогически вероятные» фосфаты NaCoPO<sub>4</sub>, Co<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>8</sub> и LiZnPO<sub>4</sub> со структурным типом, производным от кристобалита. В опыте, поставленном с пирофосфатом натрия в качестве основного реагента, в кислых условиях (pH=3) образовался дифосфат марганца Mn<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. В двух фосфатованадатных системах в слабощелочных условиях (pH=7-8) получены ванадил-фосфаты Na<sub>0,5</sub>(VO)(PO<sub>4</sub>)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub> и (K,Na)VO(H<sub>2</sub>O)(PO<sub>4</sub>). В смешанной системе с тремя катионами переходных металлов Zn, Mn и V произошло разделение катионов по фазам с образованием фосфатов LiZnPO<sub>4</sub>, LiMnPO<sub>4</sub> и ванадил-фосфата (K,Na)VO(H<sub>2</sub>O)(PO<sub>4</sub>). Две фазы, предположительно Ni-аналог фосфоэленбергерита Na<sub>2</sub>Ni<sub>6</sub>[HPO<sub>4</sub>][PO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>(OH)<sub>3</sub> и K,Na-ванадилфосфат (K,Na)VO(H<sub>2</sub>O)(PO<sub>4</sub>), получены впервые; планируется их дальнейшее исследование.