**«Синтез аналогов намибита в гидротермальных системах**

**на основе фосфора и ванадия»**

*Гаврилова Е. О., студентка 3 курса кафедры кристаллографии и кристаллохимии. Научный руководитель Шванская Л.В.*

Намибит - редкий минерал с химической формулой Cu(BiO)2(VO4)(OH), относящийся к классу ванадатов и образующийся в результате вторичного гидротермального изменения висмут содержащих полиметаллических жил и гранитных пегматитов. Образуется преимущественно в жилах кварца. Обычно представлен в виде мелких (до 1мм) призматических, чаще игольчатых кристаллов, нередко расщепленных, а также радиально-лучистых агрегатов и сферолитов.

Симметрия кристаллической структуры намибита триклинная, пр.гр. P, *a* = 6.210, *b* = 7.398, *с* = 7.471 Å, α = 90.10, β = 108.73°, γ = 107.47°, V = 308.22 Å3, Z = 2 (Frost et al., 2006). Ее основным структурным мотивом являются бесконечные цепочки попеременно наклонных октаэдров CuO6 связанных вершинами. Октаэдры искажены в соответствии с эффектом Яна-Тейллера. Такие цепочки вытянуты вдоль оси *с* кристаллической структуры намибита и декорируются тетраэдрами VO4 в шахматном порядке. Атомы Bi располагаются в пространстве между цепочками, тем самым связывая их с образованием трехмерной постройки. Соединения с подобными кристаллическими структурами представляют потенциальный интерес для изучения низкоразмерного магнетизма, поскольку в таких материалах магнитные обменные взаимодействия могут отсутствовать или быть бесконечно малыми вдоль двух направлений (Васильев А.Н. и др.). Ранее методом гидротермального синтеза был получен никель-фосфатный аналог намибита, Ni(BiO)2(PO4)(OH), однако, его физические свойства не были изучены(Aksenov et al., 2017).

Эксперименты по гидротермальному синтезу проводились в системах Cu(Ni)-V(P)-Bi-O при температурах 690-700 К. В качестве минерализаторов использовались карбонаты щелочных металлов, поскольку в природных условиях намибит часто встречается в ассоциациях с бейеритом, карбонатом висмута Ca(BiO)2(CO3)2. Коэффициент заполнения автоклава соответствовал давлению 480-500 атм. По данным РФА и МРСА в системах со стехиометрическими мольными соотношениями компонентов Ni:Bi:P=1:2:1 основной полученной фазой был Ni(BiO)2(PO4)(OH) структурного типа намибита. При увеличении содержания фосфора в системе, Ni:Bi:P=1:2:1, кристаллизовались фосфаты никеля Ni12(HPO4)6(PO4)2(OH)6 (стр. тип элленбергерита), Ni2P2O7, и висмута Bi14P4O31. В системах соответствующих химическому составу минерала, медно-ванадатных, были получены кристаллические фазы: Cu2VO4OH и *β*-Cu2V2O7 (аналог минерала цизита), а также куприт Cu2O. Помимо ванадатов и оксида меди были выделены зеленые игольчатые кристаллы потенциально новой фазы, не имеющей аналогов в структурной базе данных. Соединение по данным качественного микрорентгеноспектрального анализа содержит атомы висмута, ванадия и кислорода; по данным предварительного монокристального рентгеноструктурного анализа кристаллизуется в триклинной сингонии с параметрами эл. яч. *a* = 5.692(7), *b* = 8.486(12), *c* = 14.22(3) Å, углы: *α*=81.36(13), *β*=86.39(14), *γ*=88.51(11)°; *V*=677(2).

Исследование физических свойств Ni(BiO)2(PO4)(OH) в измерениях магнитной восприимчивости и теплоемкости в широком интервале температур 2 – 300 K подтвердило низкоразмерный характер его магнитного поведения. На кривых χ(T), измеренных в режимах FC и ZFC и *С*р(Т) не наблюдается острых аномалий, указывающих на установление дальнего магнитного порядка вплоть до минимальной температуры 2 К.

# Список литературы

Aksenov, S. M., Mironov, V. S., Borovikova, E. Y., Yamnova, N. A., Gurbanova, O. A., Volkov, A. S., Dimitrova, O. V., & Deyneko, D. V. (2017). Synthesis, crystal structure, vibrational spectroscopy and expected magnetic properties of a new bismuth nickel phosphate Ni(BiO)2(PO4)(OH) with a namibite-type structure. *Solid State Sciences*, *63*, 16–22. https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2016.11.003

Frost, R. L., Henry, D. A., Weier, M. L., & Martens, W. (2006). Raman spectroscopy of three polymorphs of BiVO4: Clinobisvanite, dreyerite and pucherite, with comparisons to (VO4) 3-bearing minerals: namibite, pottsite and schumacherite. *Journal of Raman Spectroscopy*, *37*(7), 722–732. <https://doi.org/10.1002/jrs.1499>

Васильев А.Н., Волкова О.С., Зверева Е.А., Маркина М.М. Низкоразмерный магнетизм. – М.: Физматлит, 2018.-304 с.