

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи

**Галиахметова Надежда Александровна**

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОКСИДОВ В ВИСМУТ-, ГЕРМАНИЙ  
СОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМАХ**

Направление 04.06.01 – «Химические науки»  
Специальность 02.00.04 – «Физическая химия»

Научно-квалификационная работа

Научный руководитель:

Денисов В.М. \_\_\_\_\_

Соискатель:

Галиахметова Н.А. \_\_\_\_\_

Красноярск 2022

## АННОТАЦИЯ

### НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Научная квалификационная работа по теме «Термодинамические свойства сложных многокомпонентных оксидов в висмут-, германий содержащих системах» содержит 92 страницы текстового документа, 28 рисунков, 24 таблицы, 1 приложение, ссылки на 162 использованных литературных источника.

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ, ГЕРМАНАТЫ, ТЕПЛОЕМКОСТЬ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, структура, апатитоподобные соединения, ванадаты висмута, ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Целью данной работы является получение термодинамических свойств сложных многокомпонентных оксидов в висмут-, германий содержащих системах.

1. Впервые получены германаты  $\text{CaSm}_2\text{Ge}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{EuBiGeO}_5$  и  $\text{GdBiGeO}_5$ , апатитоподобные соединения  $\text{Pb}_{10-x}\text{M}_x(\text{GeO}_4)_{2+x}(\text{VO}_4)_{4-x}$ , где М - Bi ( $x = 1, 2, 3$ ) или РЗМ: La ( $x = 1, 3$ ), Nd ( $x = 1, 2, 3$ ); Gd ( $x = 0.5, 1$ ) и определены их параметры элементарной ячейки.

2. Уточнена кристаллическая структура  $\text{BiGeO}_5$ ,  $\text{BiRGeO}_5$  (R= Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Y),  $\text{BiVO}_4$ ,  $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{V}_2\text{O}_{23}$ ,  $\text{CaR}_2\text{Ge}_3\text{O}_{10}$  (R= Pr, Nd),  $\text{CaY}_2\text{Ge}_4\text{O}_{12}$  и  $\text{CaY}_2\text{Ge}_3\text{O}_{10}$ .

3. Впервые исследована температурные зависимости теплоемкости  $C_p = f(T)$  ванадатов  $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{V}_2\text{O}_{23}$ , германатов  $\text{BiGeO}_5$ ,  $\text{BiRGeO}_5$  (R= Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Y),  $\text{CaR}_2\text{Ge}_3\text{O}_{10}$  (R= Pr, Nd, Sm),  $\text{CaY}_2\text{Ge}_4\text{O}_{12}$ ,  $\text{CaY}_2\text{Ge}_3\text{O}_{10}$  и свинцовых ванадато - германатов  $\text{Pb}_{10-x}\text{M}_x(\text{GeO}_4)_{2+x}(\text{VO}_4)_{4-x}$  (M= Bi, La, Nd;  $x=0-3$ ; Gd,  $x=0.5, 1.0$ ).

4. Уточнено влияние температуры на высокотемпературную теплоемкость висмут содержащих оксидов  $\text{BiVO}_4$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  и  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ .

5. Установлено наличие экстремумов на зависимостях  $C_p = f(T)$  в области 725,2 и 852,8 К для  $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ , что соответствует структурным фазовым переходам второго рода, и подтвержден структурный переход при 531,7 К для  $\text{BiVO}_4$ .

6. Показано, что имеется корреляция между значениями удельной теплоемкости при 298 К и составами систем  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{GeO}_2$  и  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{V}_2\text{O}_5$ . По полученным данным оценена теплоемкость для  $\text{Bi}_2\text{Ge}_3\text{O}_9$ .

7. Показано, что значения удельной теплоемкости при 298К коррелируют с ионными радиусами редкоземельных элементов  $\text{R}^{3+}$  для германатов  $\text{BiRGeO}_5$  в пределах соответствующих тетраэдр редкоземельных металлов.

8. По экспериментальным данным температурной зависимости теплоемкости проведен расчет термодинамических функций (изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) для всех полученных сложнооксидных висмут-, германий содержащих соединений.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи

Галиахметова Надежда Александровна

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОКСИДОВ В ВИСМУТ-, ГЕРМАНИЙ  
СОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМАХ**

Направление 04.06.01 – «Химические науки»  
Специальность 02.00.04 – «Физическая химия»

Научно-квалификационная работа

Научный руководитель:

Денисов В.М.



Соискатель:

Галиахметова Н.А.



Красноярск 2022