**Илюха Н.Г., Цихановская И.В., Александров А.В., Барсова З.В.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ХИМИЧЕСКОЙ КОНДЕНСАЦИИ ДЛЯ СИНТЕЗА ЧАСТИЧЕК МАГНЕТИТА – ОБЪЕКТОВ МАГНИТНЫХ ПИЩЕВЫХ КОЛЛОИДОВ И СУСПЕНЗИЙ**

В работе доказана целесообразность использования метода химической конденсации как метода синтеза наночастичек магнетита - магнитной составляющей пищевых коллоидов и суспензий. Апробацию метода проводили установлением термодинамических характеристик реакции получения магнетита, исследованием функциональных параметров полученных наночастичек. Синтезированные методом химической конденсации наночастички магнетита (d = 9-15 нм) имеют небольшую толщину приповерхностного слоя δ~0,84 нм и высокое значение величины намагниченности насыщения (340 кА/м).

Цель работы оценить возможности метода химической конденсации как метода синтеза наночастичек магнетита для их использования в комплексных пищевых и диетических добавках с магнитными свойствами [1 - 3].

Реакцию синтеза проводили методом химической конденсации из водных растворов солей двух и трехвалентного железа в щелочной среде:

 Fe2+ + 2Fe3+ + 8OH- = Fe3O4 ↓ + 4H2O (1)

Учитывая возможность образования других слабых электролитов в условиях щелочной среды, предусматривали образование гидроксидов Fe(ОН)2, Fe(ОН)3, FeО(ОН) по реакциям:

 Fe2++2ОН-=Fe(ОН)2↓ (2)

 Fe3++3ОН-=Fe(ОН)3↓ (3)

 Fe3++3ОН-= FeО(ОН)↓+ Н2ОБ (4)

Для обоснования хода реакции в направлении получения магнетита были рассчитаны термодинамические характеристики всех возможных процессов с учетом их исходных значений (табл. 1) и условий проведения реакции.

С учетом исходных концентраций электролитов, были рассчитаны термодинамические характеристики процессов, которые проходят по реакциям (1) – (4) и их константы равновесия. Результаты расчеты приведены в табл. 2.

Исследованные реакции (1) - (4) являются экзотермическими процессами (табл. 2). Сравнивая величины изменения энергии Гиббса и энтропии, можно увидеть, что процесс, который отвечает реакции образования магнетита (1) характеризуется самой большой вероятностью прохождения. Рассчитанные термодинамические величины для этого процесса имеют самые большие относительные значения по сравнению с реакциями (2), (3) и (4). Довольно высокое значение величины константы равновесия реакции (1) показывает удовлетворительность подобранных условий синтеза, которые позволяют сдвинуть равновесие обратимого процесса в сторону образования конечного продукта.

**Таблица 1**

**Термодинамические величины ( при 298ºК) и произведение растворимости [4]**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Агрегатное состояние | ∆Gºутв, кДж/моль | ∆Нºутв, кДж/моль | ∆Sº, Дж/(моль·К) | ПР |
| Fе3О4 | кристаллический | -1027,7 | -1117,90 | 151,46 |  |
| Н2О | жидкость | -262,8 | -286,02 | 69,94 |  |
| Fe(ОН)2 | кристаллический | -493,0 | -573,21 | 92,47 | 4,8·10-16 |
| Fe(ОН)3 | кристаллический | -716,6 | -844,33 | 96,20 | 3,8·10-38 |
| Fe2+ | водный раствор | -84,9 | -87,86 | -113,4 |  |
| Fe3+ | водный раствор | -10,5 | -47,70 | -293,3 |  |
| ОН- | водный раствор | -157,3 | -230,02 | -10,54 |  |
| FeО(ОН) | кристаллический | -490,4 | -558,98 | 67,36 | 7,0·10-40 |

**Таблица 2**

**Расчетные термодинамические характеристики исследованных реакций**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № реакции | ∆Gºх.р.,кДж/моль | ∆Нºх.р., кДж/моль | КР | ∆Sреак,Дж/(моль·К) |
| 1 | -760,10 | -238,56 | 10133 | 1210,48 |
| 2 | -93,46 | -25,31 | 1016 | 226,95 |
| 3 | -234,19 | -106,57 | 1041 | 421,12 |
| 4 | -270,76 | -107,24 | 1047 | 462,22 |

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. Магнитные жидкости. – М.: Химия, 1989. – 239 с.
2. ГОСТ 8.377 – 80. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. – Москва, 1980. – Введ. 01.07.1981. – 21 с.
3. Ольховик Л.П. Еволюція магнітних властивостей високоанізотропного феримагнетика BaFe12O19 при переході від макро- до нанокристала: дис. … докт. фіз.-мат. наук: 01.04.11 / Л.П. Ольховик. – Харків, 2006. – 328 с.
4. Рябин В. А., Остроумов М. А., Свит Т. Ф. Термодинамические свойства веществ. Справочник. – Л.: Химия, 1977. – 392 с.