

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Нури Валантина Нурхасана на тему: «Фазовые равновесия и растворимость в системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C», представленную на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия.

Исследование многокомпонентных систем сопряжено со многими трудностями, главными из которых являются большие материальные затраты и времени при экспериментировании. Другими сложностями исследования являются идентификация равновесных твёрдых фаз и невозможность отображения обнаруженных закономерностей с помощью геометрических фигур реального трехмерного пространства.

В связи с этим, существует необходимость в поиске и применении новых методов исследования многокомпонентных систем, позволяющих получить подробную информацию о закономерностях фазовых равновесий в многокомпонентных системах. Это необходимо не только для определения закономерностей, регулирующих состояния фазовых равновесий и растворимости в них, но и крайне важно для установления оптимальных концентрационных и температурных условий переработки полиминерального природного и сложного технического сырья.

Обоснованность полученных оригинальных результатов достаточно высока и подкреплена необходимым объемом экспериментального материала, соответствием основным принципам физико-химического анализа, соблюдением правила фаз Гиббса. Выполнена экспериментально-теоретическая работа, вносящая существенный вклад в развитие физической и неорганической химии.

Диссидентом получены следующие новые научные результаты:

- методом трансляции исследованы фазовые равновесия в пятикомпонентной системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и составляющих её четырёхкомпонентных системах: $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaHCO}_3-\text{NaF}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4-\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2-\text{CaF}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C;
- определены все возможные фазовые равновесия на геометрических образах исследованных систем. Установлено, что для исследуемой пятикомпонентной системе характерно наличие следующего количества геометрических образов, соответственно для 0 и 25 °C: дивариантные поля - 12 и 18; моновариантные кривые – 10 и 16; нонвариантные точки - 3 и 5;
- впервые построены полные замкнутые диаграммы фазовых равновесий пятикомпонентной системы $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и составляющих её четырехкомпонентных систем: $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaHCO}_3-\text{NaF}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4-\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2-\text{CaF}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C;
- все построенные методом трансляции диаграммы фазовых равновесий фрагментированы по областям кристаллизации индувиальных

твёрдых фаз (для уровня четырехкомпонентного состава) и совместной кристаллизации двух фаз (для уровня пятикомпонентного состава);

- впервые исследована растворимость в нонвариантных точках четырёхкомпонентных систем $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 °C, $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaF}_2 - \text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C и на основании полученных данных построены их диаграммы растворимости;

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена использованием современных методов физико-химического анализа.

Теоретическая значимость диссертационной работы Нури Валантина Нурхасана состоит из поиска новых методов исследования многокомпонентных систем и прогнозирования их строения. Применение этих методов позволяет получить максимум информации о закономерностях фазовых равновесий в многокомпонентных системах при наименьшем затрате материальных ресурсов и времени.

Выбор темы диссертационной работы, кроме научно-теоретического значения полученных результатов, обоснован еще тем, что система $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ является составной частью более сложной шестикомпонентной системы из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, фторидов натрия и кальция, закономерности фазовых равновесий в которой определяют условия комплексной переработки жидких отходов производства алюминия.

Цель работы – заключается в установлении состояния фазовых равновесий в пятикомпонентной системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ составляющих её четырёхкомпонентных системах при 0 и 25 °C, построении их замкнутых фазовых диаграмм методом трансляции и определении растворимости в обнаруженных этим методом некоторых нонвариантных точках.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе Нури Валантина Нурхасан решены следующие задачи:

- анализом существующих методов исследования многокомпонентных систем и сопоставлением их с методом трансляции обосновано применение последнего для исследования пятикомпонентной системы $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$;

- анализировано состояние изученности исследуемой пятикомпонентной системы и составляющих её четырёх – и трёхкомпонентных систем;

- на основании полученных данных прогнозированы состояния фазовых равновесий исследуемой пятикомпонентной системы, составляющих её четырёхкомпонентных систем и построены их полные замкнутые фазовые диаграммы;

- построенные диаграммы фрагментированы по областям кристаллизации отдельных твёрдых фаз (для уровня четырёхкомпонентного состава) и совместной кристаллизации двух фаз (для уровня пятикомпонентного состава).

Диссертация состоит из введения, четырёх основных глав, заключения, выводов и списка цитированной литературы из 112 наименований, изложена на 121 страницах компьютерного набора, включает 38 рисунка и 36 таблиц. Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, также отражена научная новизна, практическая значимость, публикации, апробация работы, личный вклад автора.

В **первой главе** диссертационной работы – обзоре литературы Нури Валантена Нурхасаном на должном уровне проанализированы и рассмотрены имеющиеся в литературе данные по основным методам исследования многокомпонентных систем, состоянии изученности пятикомпонентной системы $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$, составляющих её четырёх- и трехкомпонентных систем. Особое внимание уделено закономерностям фазовых равновесий в химических системах, являющейся теоретической основой всех технологических процессов, связанных с переработкой природного и технического сырья. Автором установлено, что пятикомпонентная система $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ не исследована вообще и для исследования фазовых равновесий в пятикомпонентной системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ использован метод трансляции. Анализ литературных данных по изученным системам показало, что они исследованы в разных интервалах температур. Учитывая природных условий (зимой и летом) испарения жидких отходов алюминиевой промышленности Нури Валантена Нурхасаном исследованы фазовые равновесия $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ методом трансляции при 0 и 25 °C. На основе обзора литературы диссидентом сделаны соответствующие корректные выводы о целесообразности проведения целенаправленных исследований по теме диссертации.

Во **второй главе** диссертации приведены результаты исследования пятикомпонентной системы $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$, составляющих её четырёхкомпонентных систем методом трансляции при 0 °C.

Методом трансляции исследованы фазовые равновесия в пятикомпонентной системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и составляющих её четырёхкомпонентных системах: $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaHCO}_3-\text{NaF}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4-\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2-\text{CaF}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C.

Установлено, что для системы $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 °C на уровне четырёхкомпонентного состава характерно наличие 6 дивариантные полей (поля кристаллизации индувидуальных твёрдых фаз), 16 моновариантных кривых (кривые совместной кристаллизации двух фаз) и 8 нонвариантных точек (точки совместной кристаллизации трех фаз).

Построенная диаграмма, в дальнейшем послужило основой (матрицей) для нанесения на ней элементов строения исследуемой системы на уровне пятикомпонентного состава.

Для прогнозирования фазовых равновесий в пятикомпонентной системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 °C методом трансляции

использованы данные о фазовых равновесиях в нонвариантных точках четырёхкомпонентных систем.

Третья глава диссертационной работы посвящена прогнозированию фазовых равновесий на геометрических образах и построению диаграммы пятикомпонентной системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и составляющих её четырёхкомпонентных систем методом трансляции при 25°C .

Согласно основным принципам физико-химического анализа с повышением температуры возможна частичная или полная дегидратация кристаллогидратов и образование новых смешанных или двойных солей, которые могут повлиять на строение диаграммы фазовых равновесий исследуемой системы.

Поэтому докторантом изучены фазовые равновесия системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ и её составляющих четырёхкомпонентных подсистем типа $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaHCO}_3 - \text{NaF} - \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaF}_2 - \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na,Ca//HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ методом трансляции при 25°C .

Методом трансляции найдены нонвариантные точки уровня четырёхкомпонентного состава пятикомпонентной системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C и на основании данных результатов построена диаграмма фазовых равновесий системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырёхкомпонентного состава.

Установлено, что для системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырёхкомпонентного состава характерно наличие 8 дивариантных полей (поля кристаллизации индивидуальных твёрдых фаз), 18 моновариантных кривых (кривые совместной кристаллизации двух фаз) и 12 нонвариантных точек (точки совместной кристаллизации трех фаз).

Для прогнозирования фазовых равновесий в пятикомпонентной системе $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C методом трансляции использованы, полученные данные о фазовых равновесиях в нонвариантных точках четырёхкомпонентных систем. На основе данных расчетов построена схематическая диаграмма фазовых равновесий пятикомпонентной системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C . Все построенные методом трансляции диаграммы фазовых равновесий фрагментированы по областям кристаллизации индивидуальных твёрдых фаз (для уровня четырёхкомпонентного состава) и совместной кристаллизации двух фаз (для уровня пятикомпонентного состава).

Четвёртая глава диссертационной работы посвящена экспериментальному изучению растворимости в нонвариантных точках четырёхкомпонентных систем: $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0°C , $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaF}_2 - \text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C .

Экспериментальное определение положения нонвариантных точек, установленных методом трансляции, осуществляется в работе двумя путями. Первый путь, называется «методом донасыщения». Сущность метода заключается в том, что раствор, отвечающий нонвариантной

точке n – компонентной системе, постепенно донасыщается последующей твёрдой фазой, характерной для $n + 1$ компонентной системы.

Второй путь состоит в том, что конгломерат равновесных твёрдых фаз с насыщенными фазами раствора и характерный для транслируемой нонвариантной точки n – компонентной системы, смешивают с другой транслируемой нонвариантной точкой. Эти точки на уровне $n + 1$ компонентного состава пересекаются в виде соответствующих моновариантных кривых с образованием нонвариантной точки уровня $n + 1$ компонентного состава.

Полученную смесь в обоих случаях термостатируют при данной температуре до достижения равновесия. Достижения равновесия контролировался периодическим отбором жидкой фазы на химический анализ и визуально с помощью микроскопа за состоянием равновесных твердых фаз. После достижения равновесия анализировано состав насыщенного раствора равновесного с твердыми фазами осадка и установлены координаты нонвариантной точки $n+1$ компонентного уровня исследуемой системы. На основании полученных результатов построены соответствующие диаграммы растворимости $n+1$ компонентной системы.

Сделанные автором выводы соответствуют содержанию диссертации.

При всех достоинствах диссертация имеет ряд недостатков:

1. В работе для идентификации твердых фаз, кроме кристаллооптического анализа желательно было бы использовать и данные РФА.
2. Следовало бы более подробно описать методику используемых химических анализов.
3. В экспериментах используется чистые вещества. Как это согласуется с переработкой природного сырья и отходов производства, когда их состав слишком сложный.
4. В тексте диссертации и автореферата имеются грамматические и технические ошибки.

Указанные недостатки не снижают высокую оценку научной и практической значимости диссертационного исследования, его актуальности и аргументированность полученных результатов.

Личное участие автора состояло в нахождении способов решения поставленных задач, применении экспериментальных и расчётных методов для достижения немеченой цели, обработке, анализе и обобщении полученных экспериментальных и расчётных результатов работы, также их публикации, формулировке основных положений и выводов диссертационной работы.

Полученные диссидентом результаты опубликованы в 23 научных работах, из которых 13 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской

Федерации, а также в материалах 10 международных и республиканских конференций.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Структура, содержание, а также оформление списка цитируемой литературы, соответствуют ГОСТу Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. - 2012».

Диссертационная работа «Фазовые равновесия и растворимость в системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 - неорганическая химия написана Нури Валантена Нурхасаном самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе Нури Валантена Нурхасана в неорганическую химию.

В диссертационной работе содержатся рекомендации по практическому применению полученных результатов в многокомпонентных водно-солевых системах, при комплексной переработке полиминерального природного и сложного технического сырья. Такой подход является экономически оправданным, поскольку одним из важнейших направлений исследований в настоящее время является разработка безотходных и малоотходных ресурсосберегающих технологических процессов. Диссертационная работа Нури Валантена Нурхасана соответствует пункту 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства России от 24.09.2013 г. № 842.

Основные научные результаты диссертационной работы Нури Валантена Нурхасана опубликованы в рецензируемых научных изданиях, что соответствует требованиям пункта 11 «Положения о присуждении ученых степеней».

В диссертационной работе Нури Валантена Нурхасана цитирование оформлено корректно, ссылки на авторов, источники заимствования, соавторов оформлены в соответствии с критериями, установленными пунктом 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Диссертационная работа Нури Валантена Нурхасана «Фазовые равновесия и растворимость в системе $\text{Na},\text{Ca}/\text{SO}_4,\text{HCO}_3,\text{F}-\text{H}_2\text{O}$ при 0 и 25 °C», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи в области изучения фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых системах, имеющей существенное значение для физической и неорганической химии, что соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении

ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия.

Адрес: 735700, Республика Таджикистан, г. Худжанд, проспект Мавлонбекова 1, Худжандский государственный университет им. академика Б.Гафурова
тел: (992 92) 764 54 30, E-mail: mukhidin.saburov@mail.ru

Официальный оппонент:
Кандидат химических наук, по
специальности 02.00.01 –
неорганическая химия,
доцент, руководитель Департамента
по учебной части Худжандского
государственного университета
им. академика Б. Гафурова

Сабуров Мухидин
Икромович



Подлинность подписи Сабурова
Мухидина Икромовича заверяю.
начальник ОК ХГУ им. акад.
Б.Гафурова

Ашрапова Заррина



Дата: «_____» 2016 г.