

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

1 (69)

ЯНВАРЬ – МАРТ 2020 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2020

Л. СОЛИЕВ, М. Т. ЖУМАЕВ

Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни,
Душанбе, Таджикистан.

ФАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ ПРИ 25°C

Аннотация. Обсуждены результаты определения возможных фазовых равновесий на геометрических образах пятикомпонентной взаимной водно-солевой системе из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов натрия и кальция при 25 °С последующим построением её диаграммы фазового комплекса. Закономерности, определяющие строение фазового комплекса данной системы, нужны как для получения научных данных, используемых в виде справочного материала и для того, чтобы создавать оптимальные условия утилизации жидких отходов промышленного производства алюминия, содержащих сульфатные, карбонатные и гидрокарбонатные соли натрия и кальция. Установлено, что для исследуемой системы при 25°C характерно наличие 28 дивариантных полей двунасыщения, 28 моновариантных кривых тринасыщения и 11 нонвариантных точек четырехнасыщения. На основе полученных данных впервые построена диаграмма фазового комплекса исследуемой системы при 25°C.

Ключевые слова: метод трансляции, фазовый комплекс, система, компоненты, диаграмма, геометрические образы, нонвариантные точки, моновариантные кривые, дивариантные поля.

Введение. Закономерности фазовых равновесий в системе $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ представляют не только научный интерес, но и необходимы для создания оптимальных условий галургической переработки природного минерального сырья и промышленных отходов, содержащих сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты натрия и кальция. Как показывает анализ [1] эта система при 25°C никем не исследовалась. Ранее [2, 3] методом трансляции она была исследована нами при температуре 0 и 50°C.

МЕТОДЫ

Фазовые равновесия в системе $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C исследованы методом трансляции [4, 5], который вытекает из принципа совместимости элементов строения n и $n+1$ компонентных систем в одной диаграмме [6, 7]. Согласно методу трансляции, добавление последующего компонента в n -компонентную систему и перехода ее в $n+1$ компонентное состояние сопровождается трансформацией геометрических образов n -компонентной системы. Трансформированные геометрические образы транслируются на уровне $n+1$ компонентного состава и согласно своим топологическим свойствам и по правилам фаз Гиббса они формируют геометрические образы (поля, кривые, точки) $n+1$ компонентной системы.

Более подробно применение метода трансляции для прогнозирования и построения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых систем рассмотрено в работе [4]. Ранее [8,9] этим методом были исследованы и другие многокомпонентные системы.

Пятикомпонентная система $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ включает следующие четырёхкомпонентные системы: $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$; $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$; $\text{Na,Ca//CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$. Фазовые равновесия неинвариантных точек в этих четырёхкомпонентных системах частично определены методом растворимости [1, 10] и полностью методом трансляции [11-15]. Неинвариантные точки четырёхкомпонентных систем с характерными для них равновесными твёрдыми фазами, скомпонованы в таблице 1. Они использованы нами для прогнозирования фазовых равновесий и построения фазового комплекса исследуемой системы методом трансляции.

Таблица 1 — Фазовый состав осадков неинвариантных точек системы $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырёхкомпонентного состава

Неинвариантные точки	Равновесие твёрдые фазы	Неинвариантные точки	Равновесие твёрдые фазы
Система $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$		Система $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$	
E_1^4	Мб + Нх + Тр	E_7^4	Гб + Мб + С · 10
E_2^4	Мб + Тр + С · 10	E_8^4	Гб + Гл + С · 10
Система $\text{Na,Ca//SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$		E_9^4	Гб + Гп + Сц
E_3^4	Гб + Мб + Нх	E_{10}^4	Гб + Гл + Сц
E_4^4	Гб + Нх + СаГ	Система $\text{Na,Ca//CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$	
E_5^4	Гб + Гп + СаГ	E_{11}^4	Гл + Тр + С · 10
Система $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$		E_{12}^4	Гл + Сц + СаГ
E_6^4	Гп + Сц + СаГ	E_{13}^4	Нх + Тр + СаГ
		E_{14}^4	Гл + Тр + СаГ

В таблице 1 и далее E обозначает неинвариантную точку, где верхний индекс указывает на её кратность (компонентность системы), а нижний индекс – на её порядковый номер. Приняты следующие условные обозначения твердых фаз: Мб – мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; СаГ – кальций гидрокарбонат $\text{Ca(HCO}_3)_2$; Гб – глауберит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$; Гп – гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Нх – нахколит NaHCO_3 ; Тр – трона $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Гл – гейлюссит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; Сц – кальцит CaCO_3 ; С · 10 – $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе данных таблицы 1 построена диаграмма фазовых равновесий (фазовый комплекс) системы $\text{Na,Ca}/\text{SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырехкомпонентного состава, солевая часть которой в виде «развертки» четырехгранной призмы, приведена на рисунке 1.

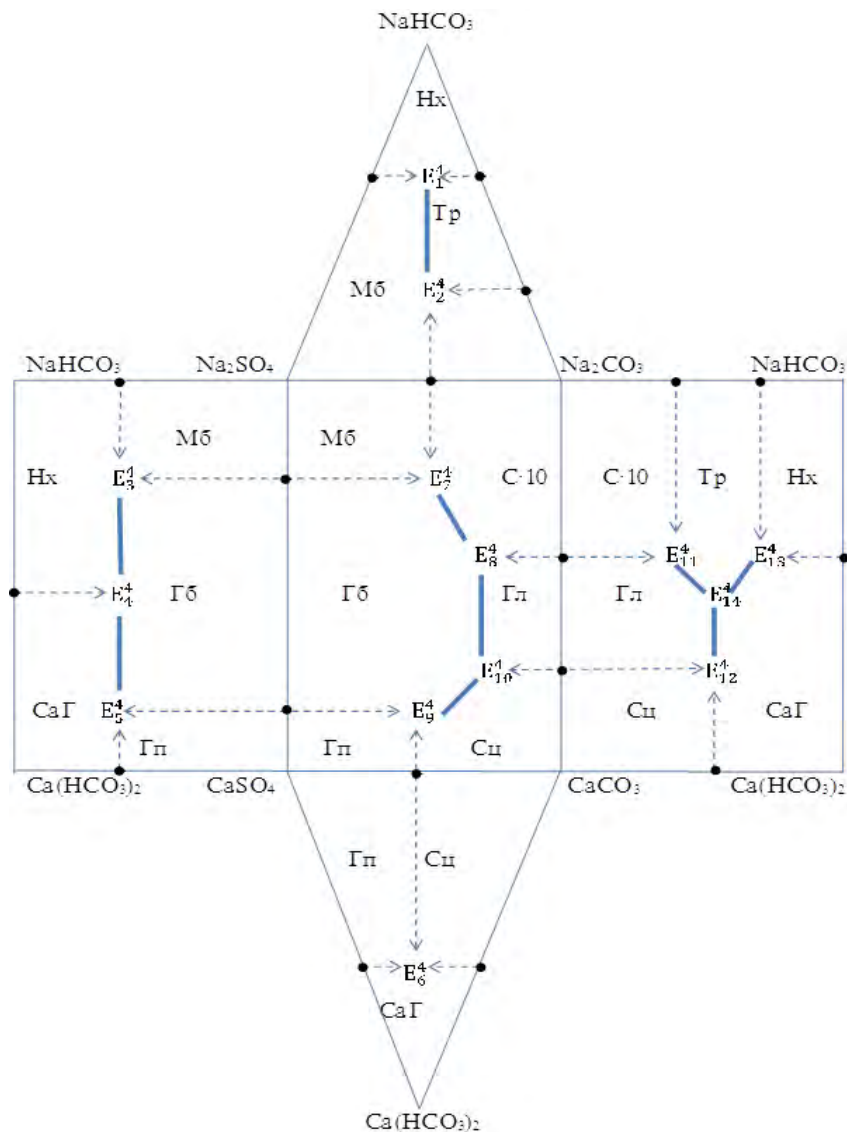


Рисунок 1 – «Развёртка» солевой части диаграммы фазовых равновесий системы $\text{Na,Ca}/\text{SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырехкомпонентного состава

После ее унификации (объединения идентичных полей кристаллизации разноименных четырехкомпонентных систем) получим схематическую диаграмму [16] фазовых равновесия системы $\text{Na, Ca//SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырехкомпонентного состава, которая представлена на рисунке 2.

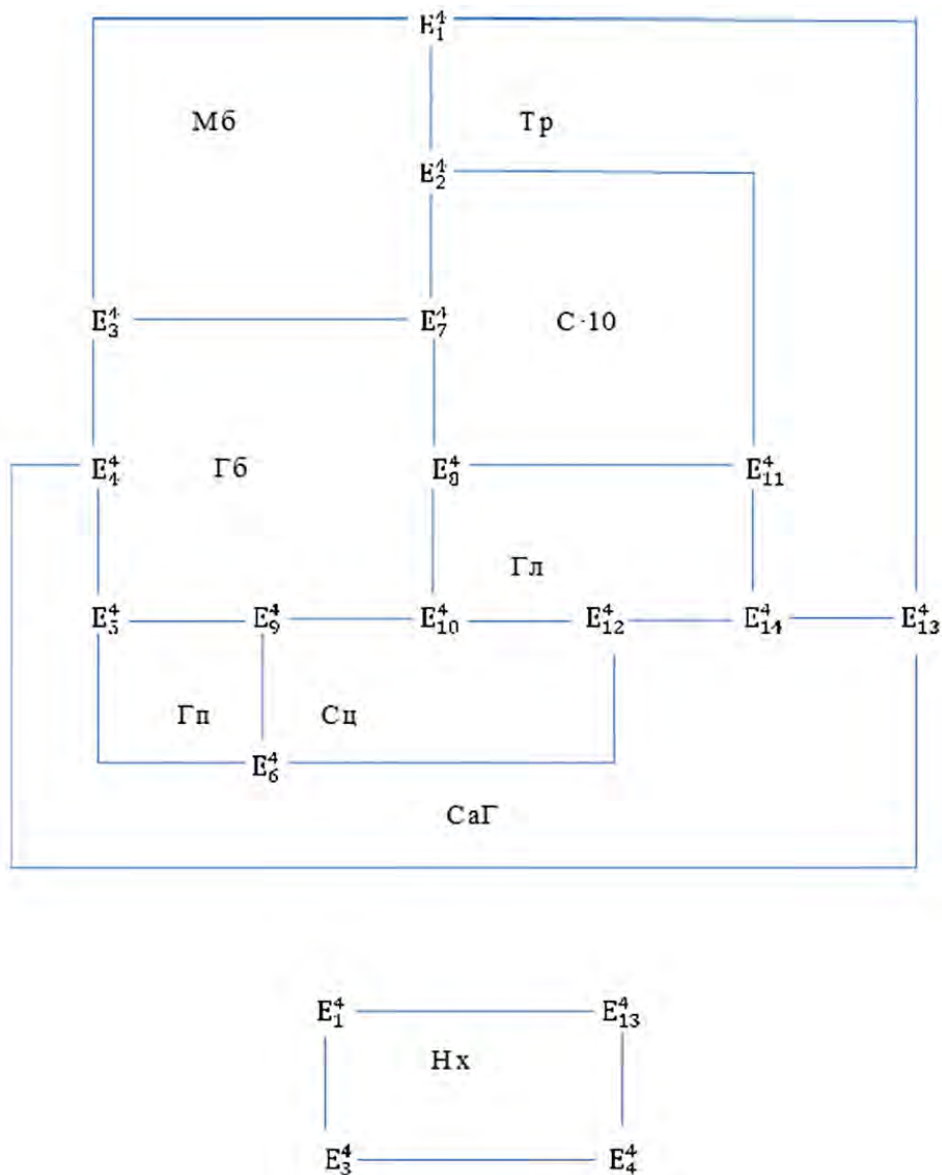
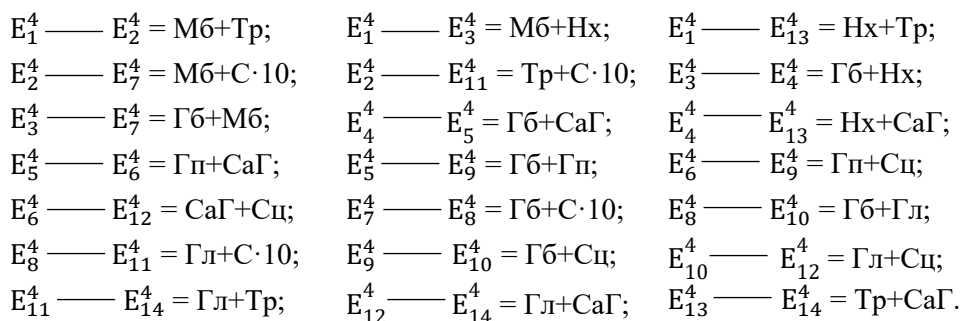
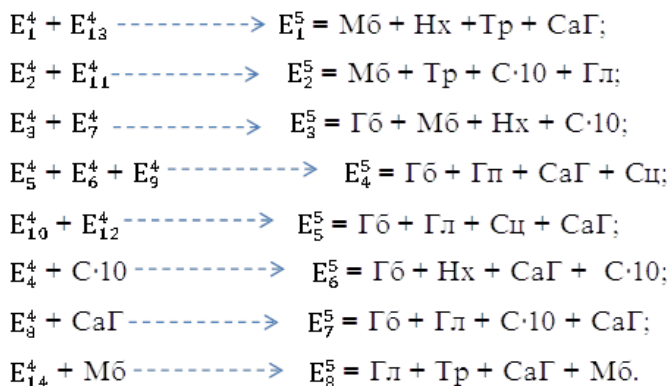


Рисунок 2 – Схематическая диаграмма фазовых равновесий (фазовый комплекс) системы $\text{Na, Ca//SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырехкомпонентного состава, построенная методом трансляции

Диаграмма содержит геометрические образы (нонвариантные точки, моновариантные кривые, дивариантные поля) исследуемой системы и характерные им равновесные твердые фазы на уровне четырехкомпонентного состава. Фазовый состав осадков четверных нонвариантных точек приведен в таблице 1, а дивариантных полей указан на рисунке. Фазовый состав осадков моновариантных кривых, проходящих между четверными нонвариантными точками, таков:



«Сквозная» и «односторонняя» трансляция [4] нонвариантных точек уровня четырёхкомпонентного состава на уровень пятикомпонентного состава приводит к образованию следующих пятерных нонвариантных точек:



Построенная на основании полученных данных диаграмма фазовых равновесий системы $\text{Na,Ca//SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне пятикомпонентного состава показывает, что поля кристаллизации, образованные при трансляции моновариантных кривых уровня четырехкомпонентного состава, с характерными для них равновесными твердыми фазами: $\text{Мб} + \text{Нх}$; $\text{Мб} + \text{С} \cdot 10$; $\text{Нх} + \text{СаГ}$; $\text{Гл} + \text{С} \cdot 10$ и $\text{Гл} + \text{СаГ}$, не замкнуты. Для их замыкания методом «промежуточной» трансляции [4] находили следующие пятерные нонвариантные точки с равновесными твердыми фазами: $E_9^5 = \text{Мб} + \text{Нх} + \text{СаГ} + \text{С} \cdot 10$; $E_{10}^5 = \text{Мб} + \text{С} \cdot 10 + \text{Гл} + \text{Нх}$; $E_{11}^5 = \text{Гл} + \text{С} \cdot 10 + \text{СаГ} + \text{Мб}$.

Совмещенная диаграмма фазовых равновесий системы $\text{Na, Ca}/\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ на уровнях четырёх-пятикомпонентного составов при 25°C , построенная с учетом всех типов трансляции, приведена на рисунке 3.

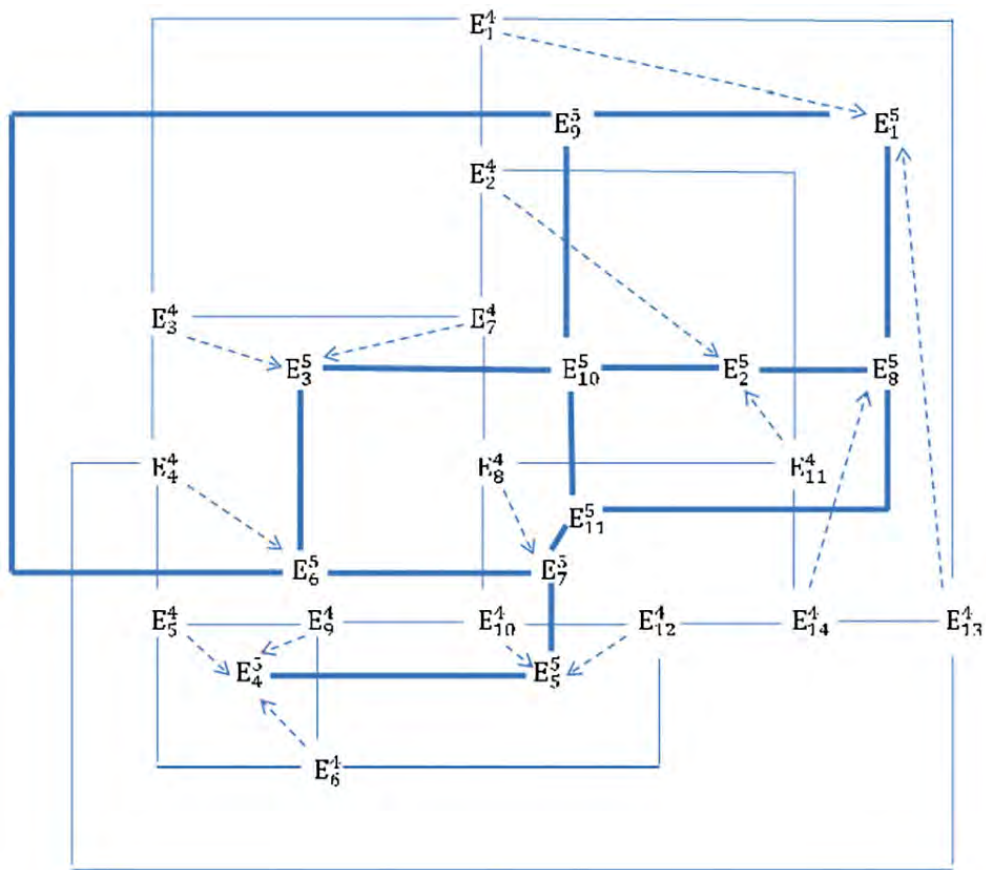


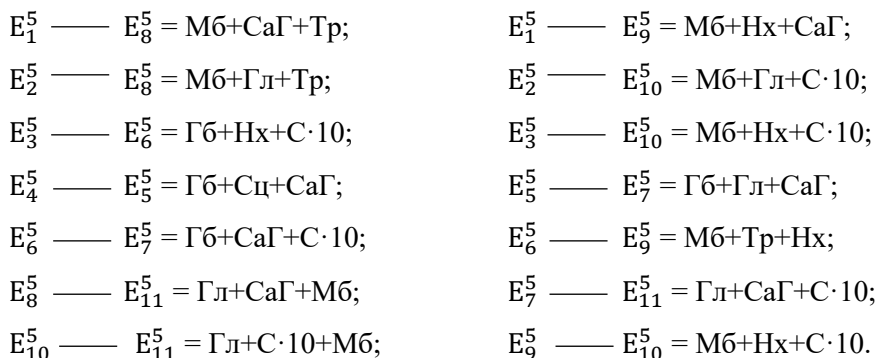
Рисунок 3 — Совмещенная диаграмма фазовых равновесий (фазовый комплекс) системы $\text{Na, Ca}/\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C на уровне четырёх-пятикомпонентного составов, построенная методом трансляции

На рисунке 3 тонкие сплошные линии обозначают моновариантные кривые уровня четырёхкомпонентного состава. Равновесные твёрдые фазы, характерные для этих кривых, приведены выше.

Пунктирные линии со стрелками обозначают моновариантные кривые уровня пятикомпонентного состава. Они образованы в результате трансляции четверных невариантных точек на уровень пятикомпонентного состава и поэтому равновесные твёрдые фазы, характеризующие эти моновариантные кривые, идентичны равновесным твёрдым фазам невариантных точек

соответствующих четверных систем. Стрелки на этих кривых указывают на направления трансляции.

Полужирные линии также обозначают моновариантные кривые уровня пятикомпонентного состава. Они проходят между пятерными неинвариантными точками и характеризуются следующим фазовым составом осадков:



В таблице 2 приведены равновесные твёрдые фазы и контуры дивариантных полей системы Na,Ca//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O при 25⁰C. Из 25 дивариантных полей, характерных для исследованной системы при 25⁰C, 21 поле образовано в результате трансляции моновариантных кривых уровня четырёхкомпонентного состава на уровень пятикомпонентного, четыре поле, с равновесными твёрдыми фазами Гл+Мб, Мб+СаГ, С·10+СаГ и Нх+С·10, образованы как результат оконтуривания поверхности системы пятерными неинвариантными точками и проходящими между ними моновариантными кривыми.

Таблица 2 – Равновесные твёрдые фазы и контуры дивариантных полей системы Na,Ca//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O при 25⁰C

Равновесные твёрдые фазы полей	Контур полей на диаграмме (рисунок 3)	Равновесные твёрдые фазы полей	Контур полей на диаграмме (рисунок 3)
1	2	3	4
Мб+Тр	$E_1^4 \text{ ---} \rightarrow E_1^5 \text{ — } E_8^5$ $E_2^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_2^5$	Гб+СаГ	$E_4^4 \text{ ---} \rightarrow E_6^5 \text{ — } E_7^5$ $E_5^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_4^5 \text{ — } E_5^5$
Мб+Нх	$E_1^4 \text{ ---} \rightarrow E_1^5 \text{ — } E_9^5$ $E_3^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_3^5 \text{ — } E_{10}^5$	Нх+СаГ	$E_4^4 \text{ ---} \rightarrow E_6^5 \text{ — } E_9^5$ $E_{13}^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_1^5$
Нх+Тр	$E_1^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_1^5$ $E_{13}^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_1^5$	Гл+СаГ	$E_5^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_4^5$ $E_6^4 \text{ - - - - -} \rightarrow E_4^5$

<i>Продолжение таблицы 2</i>			
1	2	3	4
Мб+С·10	$\begin{array}{ccc} E_2^4 & \text{---} \rightarrow & E_2^5 \text{---} E_9^5 \\ & & \\ E_7^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \end{array}$	Гб+Гп	$\begin{array}{ccc} E_5^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \\ & & \\ E_9^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \end{array}$
Тр+С·10	$\begin{array}{ccc} E_2^4 & \text{---} \rightarrow & E_2^5 \\ & & \\ E_{11}^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \end{array}$	Гп+Сц	$\begin{array}{ccc} E_6^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \\ & & \\ E_9^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \end{array}$
Гб+Нх	$\begin{array}{ccc} E_3^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \\ & & \\ E_4^4 & \text{---} \rightarrow & E_6^5 \end{array}$	Сц+СаГ	$\begin{array}{ccc} E_3^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \\ & & \\ E_{12}^4 & \text{---} \rightarrow & E_5^5 \end{array}$
Гб+Мб	$\begin{array}{ccc} E_3^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \\ & & \\ E_7^4 & \text{---} \rightarrow & E_7^5 \end{array}$	Гб+С·10	$\begin{array}{ccc} E_7^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \text{---} E_6^5 \\ & & \\ E_8^4 & \text{---} \rightarrow & E_7^5 \end{array}$
Гб+Гл	$\begin{array}{ccc} E_8^4 & \text{---} \rightarrow & E_7^5 \\ & & \\ E_{10}^4 & \text{---} \rightarrow & E_5^5 \end{array}$	Гл+Тр	$\begin{array}{ccc} E_{11}^4 & \text{---} \rightarrow & E_2^5 \\ & & \\ E_{14}^4 & \text{---} \rightarrow & E_8^5 \end{array}$
Гл+С·10	$\begin{array}{ccc} E_8^4 & \text{---} \rightarrow & E_7^5 \text{---} E_{11}^5 \\ & & \\ E_{11}^4 & \text{---} \rightarrow & E_2^5 \text{---} E_{10}^5 \end{array}$	Тр+СаГ	$\begin{array}{ccc} E_{13}^4 & \text{---} \rightarrow & E_1^5 \\ & & \\ E_{14}^4 & \text{---} \rightarrow & E_8^5 \end{array}$
Гб+Сц	$\begin{array}{ccc} E_9^4 & \text{---} \rightarrow & E_4^5 \\ & & \\ E_{10}^4 & \text{---} \rightarrow & E_5^5 \end{array}$	Гл+СаГ	$\begin{array}{ccc} E_{12}^4 & \text{---} \rightarrow & E_5^5 \text{---} E_7^5 \\ & & \\ E_{14}^4 & \text{---} \rightarrow & E_8^5 \text{---} E_{11}^5 \end{array}$
Гл+Сц	$\begin{array}{ccc} E_{10}^4 & \text{---} \rightarrow & E_5^5 \\ & & \\ E_{12}^4 & \text{---} \rightarrow & E_3^5 \end{array}$	Гл+Мб	$\begin{array}{ccc} E_2^5 & \text{---} & E_8^5 \\ & & \\ E_{10}^5 & \text{---} & E_{11}^5 \end{array}$
Мб+СаГ	$\begin{array}{ccc} E_2^5 & \text{---} & E_8^5 \text{---} E_1^5 \\ & & \\ E_{10}^5 & \text{---} & E_9^5 \end{array}$	Нх+С·10	$\begin{array}{ccc} E_6^5 & \text{---} & E_9^5 \\ & & \\ E_3^5 & \text{---} & E_{10}^5 \end{array}$
СаГ+С·10	$\begin{array}{ccc} E_6^5 & \text{---} & E_3^5 \text{---} E_{10}^5 \\ & & \\ E_7^5 & \text{---} & E_{11}^5 \end{array}$		

Заключение. Таким образом, установлено, что для системы Na, Ca//SO₄, CO₃, HCO₃-H₂O при 25⁰С на уровнях четырёхкомпонентного (А) и пятикомпонентного (Б) составов характерно наличие следующего количества геометрических образов:

Уровень компонентности	А	Б
Нонвариантные точки	14	11
Моновариантные кривые	21	28
Дивариантные поля	9	25

Уменьшение числа нонвариантных точек с 14 на уровне четырёхкомпонентного состава до 11 на уровне пятикомпонентного состава связано с взаимным сочетанием (математически) четверных нонвариантных точек, или взаимным пересечением (графически) моновариантных кривых, образованных при трансформации и последующей трансляцией этих четверных нонвариантных точек на уровень пятикомпонентного состава и образованием пятерных нонвариантных точек. Увеличение числа моновариантных кривых с 21 на уровне четырёхкомпонентного состава до 28 на уровне пятикомпонентного связано с тем, что 14 из них образованы в результате трансляции четверных нонвариантных точек, а еще 14 проходят между пятерными нонвариантными точками. Увеличение числа дивариантных полей с 9 на уровне четырёхкомпонентного состава до 25 на уровне пятикомпонентного состава связано с тем, что 21 из них образованы при трансляции моновариантных кривых уровня четырёхкомпонентного состава и ещё 4 как результат оконтурования поверхности системы пятерными нонвариантными точками и проходящими между ними моновариантными кривыми.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. – Т. II, кн. 1-2. – СПб.: Химиздат, 2004. – 1247 с.
- [2] Soliev L., Jumaev M.T. Phase equilibria in the Na,Ca/SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O system at 0°C // *Chimica Techno Acta.* – 2019. – Vol. 6, № 1. – P. 24-30.
- [3] Soliev L., Jumaev M.T. Phase equilibrium of Na,Ca||SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O systems at 50°C // *Applied solid state chemistry.* – 2018. – № 4(5). – P. 192-198.
- [4] Солиев Л. Деп. в ВИНТИ АН СССР 20.12.87г., № 8990-В 87.
- [5] Горощенко Я.Г., Солиев Л. // *Журн. неорган. химии.* – 1987. – Т. 32, № 7. – С. 1676.
- [6] Горощенко Я.Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем. – Киев: Наукова думка, 1978. – 490 с.
- [7] Горощенко Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем. – Киев: Наукова думка, 1982. – 264 с.
- [8] Tursunbadalov Sh., Soliev L. Phase Equilibria in the quinary Na,K/SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O system at 75°C // *Journal of Solution Chemistry.* – 2015. – Vol. 44, Issue 8. – P. 1626-1639.
- [9] Tursunbadalov Sh., Soliev L. Phase Equilibria in multicomponent water-salt system // *Journal of chemical engineering data.* – 2016. – Vol. 61, Issue 7. – P. 2209-2220.
- [10] Солиев Л., Джумаев М.Т., Тураев Р.О., Махмадов Х.Р. Растворимость системы Na₂SO₄-Na₂CO₃-NaHCO₃-H₂O при 50°C // *Химический журнал Казахстана.* – 2017. – № 4(60). – С. 29-35.
- [11] Солиев Л., Джумаев М.Т., Нури В., Авлоев Ш.Х. Фазовые равновесия системы Na,Ca||SO₄,HCO₃-H₂O при 25°C // *Вестник Тадж. нац. ун-та. Серия естественных наук.* – 2012. – № 1/3(85). – С. 221-224.
- [12] Солиев Л., Джумаев М.Т., Икбол Г., Низомов И. Фазовые равновесия в системе Na,Ca||CO₃,HCO₃-H₂O при 25°C // *Доклады АН Республики Таджикистан.* – 2012. – Т. 55, № 3. – С. 220-224.

- [13] Усмонов М.Б. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,Ca||SO₄,CO₃,F-H₂O при 0 и 25⁰C: Автореф. дис. ... к.х.н. – Душанбе, 2015. – 24 с.
- [14] Валантино Н. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,Ca||SO₄,HCO₃,F-H₂O при 0 и 25⁰C: Автореф. дис. ... к.х.н. – Душанбе, 2016. – 25 с.
- [15] Гуломикбол Г. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,Ca||CO₃,HCO₃,F-H₂O при 0 и 25⁰C: Автореф. дис. ... к.х.н. – Душанбе, 2018. – 29 с.
- [16] Солиев Л. Схематические диаграммы фазовых равновесий многокомпонентных систем // Журн. неорган. химии. – 1988. – Т. 33, № 5. – С. 1305.

REFERENCES

- [1] Reference book of experimental data on solubility of the multicomponent water-salt systems. Vol. II, book 1-2. SPb.: Chimizdat, 2004. 1247 p.
- [2] Soliev L., Jumaev M.T. Phase equilibria in the Na,Ca//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O system at 0⁰C // *Chimica Techno Acta*. 2019. Vol. 6, № 1. P. 24-30.
- [3] Soliev L., Jumaev M.T. Phase equilibrium of Na,Ca||SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O systems at 50⁰C // *Applied solid state chemistry*. 2018. № 4(5). P. 192-198.
- [4] Soliev L. Dep. in SCREW up AS the USSR of 20.12.87, № 8990-B 87.
- [5] Goroshenko Ya.G., Soliev L. // *Russian Journal Inorganic Chemistry*. 1987. Vol. 32, № 7. P. 1676.
- [6] Goroshenko Ya.G. Physical and chemical analysis of the homogeneous and heterogeneous systems. Kyiv: Naukovadumka, 1978. 490 p.
- [7] Goroshenko Ya.G. Masscentrical method of image of the multicomponent systems. Kyiv: Naukovadumka, 1982. 264 p.
- [8] Tursunbadalov Sh., Soliev L. Phase Equilibria in the quinary Na,K₂//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O system at 75⁰C // *Journal of Solution Chemistry*. 2015. Vol. 44, Issue 8. P. 1626-1639.
- [9] Tursunbadalov Sh., Soliev L. Phase Equilibria in multicomponent water-salt system // *Journal of chemical engineering data*. 2016. Vol. 61, Issue 7. P. 2209-2220.
- [10] Soliev L., Jumaev M.T., Turaev R.O., Makhmadov Kh.R. Solubility of the Na₂SO₄-Na₂CO₃-NaHCO₃-H₂O system at 50⁰C // *Chemical journal of Kazakhstan*. 2017. № 4(60). P. 29-35.
- [11] Soliev L., Jumaev M.T., Nuri V., Avloev Sh.H. Phase equilibrium of the system Na,Ca||SO₄,HCO₃-H₂O at 25⁰C // An announcer is Tajik state university. Series of natural sciences. 2012. № 1/3(85). P. 221-224.
- [12] Soliev L., Jumaev M.T., Ikbol G., Nizomov I.M. Phase equilibrium in the system Na,Ca||CO₃,HCO₃-H₂O at 25⁰C // *Lectures.Academies of Sciences of Republic of Tajikistan*. 2012. Vol. 55, № 3. P. 220-224.
- [13] Usmonov M.B. Phase equilibrium and solubility in the system Na,Ca||SO₄, CO₃,F-H₂O at 0 and 25⁰C: Abstract of thesis of dissertation of Candidate of chemical sciences. Dushanbe, 2015. 24 p.
- [14] Valantino N. Phase equilibrium and solubility in the system Na,Ca||SO₄,HCO₃,F-H₂O at 0 and 25⁰C: Abstract of thesis of dissertation of Candidate of chemical sciences. Dushanbe, 2016. 25 p.
- [15] Gulomiqbol G. Phase equilibrium and solubility in the system Na,Ca||CO₃,HCO₃,F-H₂O at 0 and 25⁰C: Abstract of thesis of dissertation of Candidate of chemical sciences. Dushanbe, 2018. 29 p.
- [16] Soliev L. Is the Schematic diagrams of phase balance of the multicomponent systems // *Russian Journal Inorganic Chemistry*. 1988. Vol. 33, № 5. P. 1305.

Резюме

Л.Солиев, М.Т. Жұмаев

NA,Ca//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ
25⁰С ФАЗАЛЫҚ КОМПЛЕКСІ

Натрий және кальций сульфаттары, карбонаттары, гидрокарбонаттарынан тұратын бес компонентті өзара су-тұз жүйесінің 25⁰С ары қарай оның фазалық комплекстерінің диаграммаларын тұрғызу арқылы геометриялық үлгілері бойынша мүмкін болатын фазалық тепе-теңдіктерін анықтаудың нәтижелері талқыланады. Бұл жүйенің фазалық кешенінің құрылымын анықтайтын заңдылықтары, анықтамалық материал ретінде пайдаланылатын ғылыми мәліметтерді алу үшін және құрамында натрий мен кальцийдің сульфатты, карбонатты және бикарбонатты тұздары бар өнеркәсіптік алюминий өндірісінің сұйық қалдықтарын залалсыздандыру үшін оңтайлы жағдайлар жасау үшін де қажет. Зерттеліп жағқан жүйенің 25⁰С температурада 28 қаныққан екі диварианттық өрісі, 28 моновариантты үшқанығу қисықтары және 11 новариантты төртқанығу нүктелері бар екендігі анықталды. Алынған мәліметтер негізінде алдымен зерттелетін жүйенің 25⁰ С температурада фазалық диаграммасы жасалды.

Түйін сөздер: трансляция әдісі, фазалық комплекс, жүйе, компоненттер, диаграмма, геометриялық үлгілер, инвариантты нүктелер, моновариантты қисықтар, дивариантты өрістер.

Summary

L. Soliev, M. T. Jumaev

PHASE COMPLEX SYSTEM
Na,Ca//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O AT 25⁰C

The article discusses the results of determining possible phase equilibria on geometric images of a five-component reciprocal water-salt system of sulfates, carbonates, sodium and calcium bicarbonates at 25 °C, followed by the construction of its phase complex diagram. The laws governing the structure of the phase complex of this system are needed both to obtain scientific data used as reference material, and also to create optimal conditions for the disposal of liquid wastes from industrial production of aluminum containing sulfate, carbonate and bicarbonate salts of sodium and calcium. It has been established that the system under study at 250 °C is characterized by the presence of 28 divariant bi-saturation fields, 28 monovariant trisaturation curves, and 11 invariant four-saturation points. Based on the obtained data, the phase complex diagram of the studied system at 250 °C was first constructed.

Keywords: translation method, phase complex, system, components, diagram, geometric images, invariant points, monovariant curves, divariant fields.