

L. Soliev¹, M.T. Dzhumaev², B.B. Dzhabborov*Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni
121 Prospect Rudaki, Dushanbe, 734003, Tajikistan*¹*e-mail: Soliev.lutfullo@yandex.com*²*e-mail: Jumaev_m@bk.ru*

Solubility and phase equilibria in the Na, Ca || CO₃, HCO₃–H₂O system at 0 °C

The information on phase equilibria in the Na,Ca || CO₃, HCO₃–H₂O system at 0 °C, predicted earlier by the translation method, has been obtained experimentally. Dependences of the concentration parameters reflecting phase equilibria are presented in the form of geometric patterns on the solubility diagram for the system studied. The diagram of solubility of the investigated system at 0 °C is constructed for the first time, in which the contours of the crystallization fields of individual phases are outlined, the conditions for their co-crystallization in the form of curves and points are determined.

Keywords: solubility; phase equilibria; liquid phase; chemical analysis; crystallo-optical analysis; phase diagram.

Received: 05.10.2017; accepted: 16.10.2017; published: 20.10.2017.

Л. Солиев¹, М.Т. Джумаев², Б.Б. Джабборов*Таджикский государственный педагогический
университет им. С. Айни,**пр-т Рудаки, 121, 734003, Душанбе, Таджикистан*¹*e-mail: Soliev.lutfullo@yandex.com*²*e-mail: Jumaev_m@bk.ru*

Растворимость и фазовые равновесия в системе Na, Ca || CO₃, HCO₃–H₂O при 0 °C

Экспериментальным путем получены сведения о фазовых равновесиях в системе Na,Ca || CO₃, HCO₃–H₂O при 0 °C, прогнозированные ранее методом трансляции. Параметры концентрационных зависимостей, отражающие фазовые равновесия, представлены в виде геометрических образов исследованной системы. Впервые построена диаграмма растворимости исследованной системы при 0 °C, в которой очерчены контуры полей кристаллизации отдельных фаз, определены условия их совместной кристаллизации в виде кривых и точек.

Ключевые слова: растворимость; равновесие; жидкая фаза; химический анализ; кристаллооптический анализ; диаграмма; геометрические образы.

© Soliev L., Dzhumaev M. T., Dzhabborov B. B., 2017

Introduction

The studied four-component Na, Ca || CO_3 , HCO_3 - H_2O system is an integral part of the more complex six-component Na, Ca || SO_4 , CO_3 , HCO_3 , F- H_2O system. The phase diagram of the latter system provides the conditions for the utilization of liquid wastes in the aluminum production. Sewage from the cryolite regeneration departments of aluminum plants contains fluorides, carbonates, hydrogen carbonates and sulfates of sodium and calcium [1, 2]. The processes of salt crystallization and salt dissolution in aqueous solutions of these wastes are determined by the regularities of phase equilibria in the six-component Na, Ca || SO_4 , CO_3 , HCO_3 , F- H_2O system, as well as in five- and four-component its constituent systems.

Experimental

Following reagents were used as starting materials: NaHCO_3 («chemically pure» grade), Na_2CO_3 («pure» grade); CaCO_3 («pure» grade), and $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ («chemically pure» grade). Experiments were performed using so-called «saturation method» [6].

Based on the available reference data [4, 5] the mixtures of precipitates with saturated solutions that corresponded to the non-variant points from the three-component systems: Na_2CO_3 - NaHCO_3 - H_2O ; Na_2CO_3 - CaCO_3 - H_2O ; NaHCO_3 - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ - H_2O and CaCO_3 - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ - H_2O constituting the four-component system under investigation have been prepared first. Then using afore mentioned translation approach [3] that transfers the non-variant points from the three-component section to the four-component section the prepared saturated solutions with the correspondent equilibrium

The present work has aimed to study the solubility in the Na, Ca || CO_3 , HCO_3 - H_2O system at 0 °C in order to establish the concentration parameters of geometrical images and separation of the crystallization fields of individual equilibrium solids in the phase diagrams. The phase equilibria of the investigated system were established by the translation method earlier [3], and its phase diagram was constructed.

The equilibrium solid phases in the studied system at 0 °C are: calcite CaCO_3 denoted further as (Cc); hydrogenated sodium carbonate $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ denoted further as (C10); geylussite $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ denoted further as (Gl); nahcolit NaHCO_3 denoted further as (Nh) and calcium bicarbonate $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ denoted further as (Cbc) [4, 5].

solid precipitates were kept in a thermostat at 0 °C under stirring until equilibration. Thermal stabilization was performed inside a LT-TWC/22 ultra-thermostat. Stirring was performed using a PD-09 magnetic stirrer for 50–120 h. Temperature was maintained with an accuracy of ± 0.1 °C using a contact thermometer. The crystallization of solids was monitored with a POLAM-R311 microscope. After equilibrium in the system was achieved, equilibrium solid phases were photographed with a Sony-DSC-S500 digital camera.

A Buchner funnel with an ash-free filter paper (Blue Band) connected to a vacuum pump has been used for separation of the liquid phase and solid phase. The precipitate after filtration was washed with 96 % ethanol and then dried at 120 °C. A chemical analysis of products was performed according to the standard techniques [7–9].

Results and discussion

The results of crystal-optical analysis of equilibrium solid phases (micrographs), employing the method described in [10], are shown in Fig. 1. The results of chemical analysis for the saturated solutions are listed in Table 1.

Based on the obtained result the solubility diagram for the Na, Ca || CO₃, HCO₃-H₂O system at 0°C has been constructed (Fig. 2). The location of non-variant points on the diagram, which are belonging to the three-component section (E_n³) and to the four-component section (E_n⁴), where n – is the point number, were determined by the center of mass method [11].

Fig. 2 represents the general part (a) and the salt part (b) of the solubility diagram for the Na, Ca || CO₃, HCO₃-H₂O

system at 0 °C, illustrating the mutual arrangement and relative sizes of the crystallization fields of the correspondent equilibrium phases.

As can be seen from Fig. 2, the crystallization fields of calcite CaCO₃ (Cc) and calcium bicarbonate Ca(HCO₃)₂ (CHC) occupy a considerable area in the diagram that indicate low solubility of these salts at the studied condition. A comparison of obtained results for the solubility value in the Na, Ca || CO₃, HCO₃-H₂O system at 0 °C, studied in the present work, and at 25 °C reported earlier [12] shows the general tendency of its decrease with the decrease of temperature.

The description of the geometric images (fields, curves, and points) that have shown in Fig. 2 is listed in Table 2.

Table 1

The solubility values for the nodal (non-variant) points in the Na, Ca || CO₃, HCO₃-H₂O system at 0 °C

Point	The composition of liquid phases, wt %					The phase composition of precipitates
	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃	CaCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	H ₂ O	
e ₁	6.570	–	–	–	93.4300	C10
e ₂	–	6.490	–	–	93.5100	Nh
e ₃	–	–	0.0031	–	99.9969	Cc
e ₄	–	–	–	0.144	99.8560	Cbc
E ₁ ³	5.60	4.610	–	–	89.790	C10 + Nh
E ₂ ³	12.00	–	0.0048	–	87.9952	C10 + Gl
E ₃ ³	4.30	–	0.0046	–	95.6954	Gl + Cc
E ₄ ³	–	4.890	–	0.109	95.001	Nh + Cbc
E ₅ ³	–	–	0.0014	0.083	99.9156	Cc + Cbc
E ₁ ⁴	6.167	2.443	0.0065	–	91.3835	C10 + Nh + Gl
E ₂ ⁴	5.904	–	0.0057	0.308	93.7823	Cc + Gl + Cbc
E ₃ ⁴	5.510	5.896	–	0.190	88.4040	Nh + Cbc + Gl

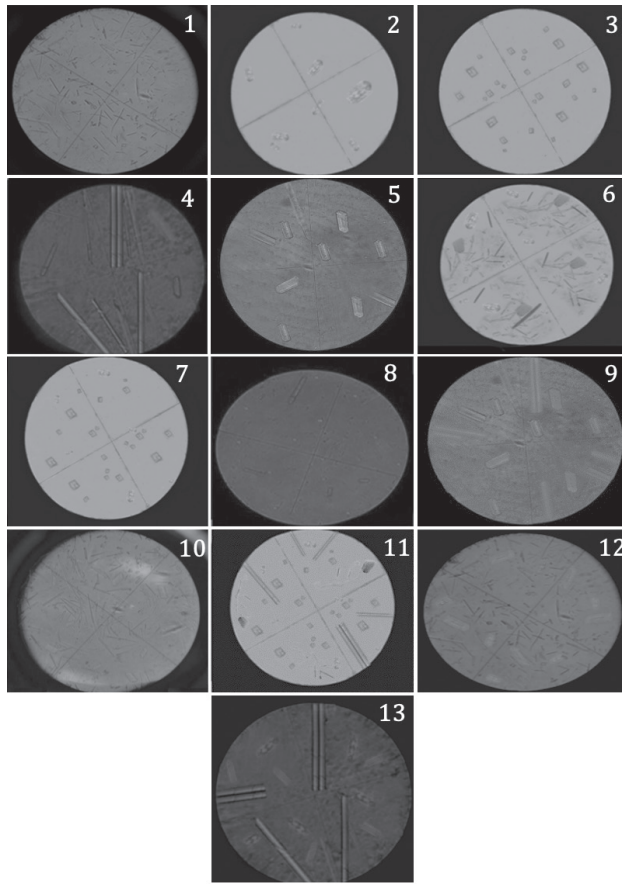


Fig. 1. Micrographs of equilibrium solid phases in the Na, Ca || CO_3 , HCO_3 - H_2O system at 0 °C: 1 - C10, 2 - Gl, 3 - Cc, 4 - Cbc, 5 - Nh, 6 - C10 + Gl, 7 - Gl + Cc, 8 - Cc + Cbc, 9 - Cbc + Nh, 10 - C10 + Nh, 11 - Cc + Gl + Cbc, 12 - C10 + Gl + Nh, 13 - Nh + Gl + Cbc

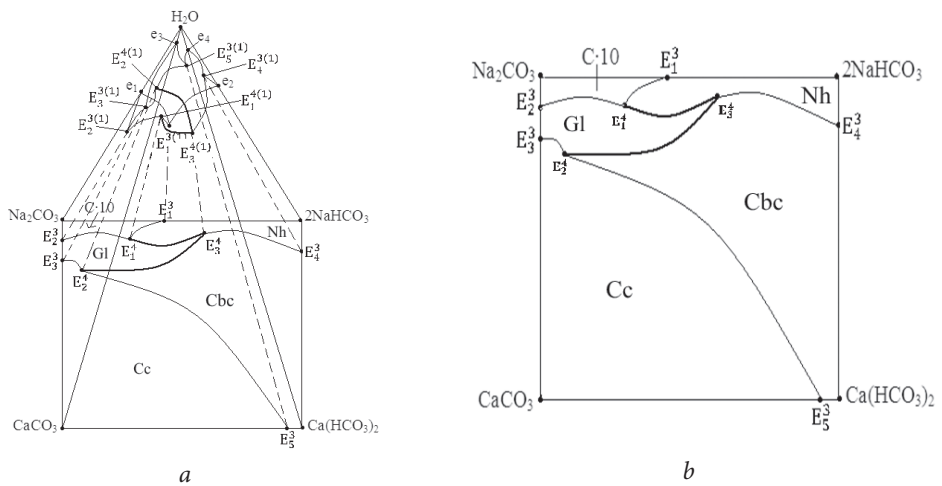


Fig. 2. Solubility diagram for the Na, Ca || CO_3 , HCO_3 - H_2O system at 0 °C: (a) general part and (b) salt part

Table 2

Description of the geometric images contents in Fig. 2

Notation of the geometric images	Content
e_1	Solubility of sodium carbonate in water
e_2	Solubility of sodium bicarbonate in water
e_3	Solubility of calcium carbonate in water
e_4	Solubility of calcium bicarbonate in water
E_1^3	Co-crystallization point for C10 + Nh in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
E_2^3	Co-crystallization point for C10 + Gl in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
E_3^3	Co-crystallization point for Gl + Cc in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
E_4^3	Co-crystallization point for Nh + Cbc in the $\text{NaHCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ system
E_5^3	Co-crystallization point for Cc + Cbc in the $\text{CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ system
E_1^4	Co-crystallization point for Nh + C10 + Gl in the Na, Ca $\text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
E_2^4	Co-crystallization point for Gl + Cc + Cbc in the Na, Ca $\text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
E_3^4	Co-crystallization point for Gl+Cbc+Nh in the Na, Ca $\text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_1^3 - E_1^4$	Co-crystallization curve for C10 + Nh in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_2^3 - E_1^4$	Co-crystallization curve for C10 + Gl in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_3^3 - E_2^4$	Co-crystallization curve for Cc + Gl in the $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_4^3 - E_3^4$	Co-crystallization curve for Cbc + Nh in the $\text{NaHCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_5^3 - E_2^4$	Co-crystallization curve for Cc + Cbc in the $\text{CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ system
$E_1^3 \text{Na}_2\text{CO}_3 E_2^3 E_1^4 E_1^3$	C10 crystallization field
$E_1^3 \text{NaHCO}_3 E_4^3 E_3^4 E_1^4 E_1^3$	Nh crystallization field
$E_2^3 E_1^4 E_3^4 E_2^3 E_2^3$	Gl crystallization field
$E_3^3 \text{CaCO}_3 E_5^3 E_2^4 E_3^3$	Cc crystallization field
$E_5^3 E_2^4 E_3^3 E_4^3 \text{Ca(HCO}_3)_2 E_5^3$	Cbc crystallization field

Введение

Исследуемая четырехкомпонентная система $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ является составной частью более сложной шестикомпонентной системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3, \text{F-H}_2\text{O}$ состояния фазовых равновесий, в которой определяют условия утилизации жидких отходов алюминиевого производства. Сточные воды отделений регенерации криолита алюминиевых заводов содержат фториды, карбонаты, гидрокарбонаты и сульфаты натрия и кальция [1–2]. Процессы кристаллизации и растворения солей в водных растворах этих отходов определяются закономерностями фазовых равновесий в шестикомпонентной системе $\text{Na, Ca} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3, \text{F-H}_2\text{O}$, составляющих ее пяти – и четырехкомпонентных систем.

Экспериментальная часть

Для опытов были использованы следующие реактивы: NaHCO_3 (х.ч.); Na_2CO_3 (ч); CaCO_3 (ч); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (х.ч.). Опыты проводили по следующей схеме согласно методу донасыщения [6].

Исходя из данных литературы [4, 5], нами предварительно были приготовлены смеси осадков с насыщенными растворами, соответствующими неинвариантным точкам составляющих исследуемую четырехкомпонентную систему трехкомпонентных систем: $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$; $\text{NaHCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$. Затем, исходя из схемы трансляции неинвариантных точек уровня трехкомпонентного состава на уро-

В настоящей работе рассмотрены результаты исследования системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C методом растворимости с целью установления концентрационных параметров положения ее геометрических образов и соотношения полей кристаллизации индивидуальных равновесных твердых фаз. Ранее [3] методом трансляции были установлены фазовые равновесия исследуемой системы и построена ее фазовая диаграмма.

Равновесными твердыми фазами исследуемой системы при 0°C являются: CaCO_3 – кальцит (Сц); $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – С-10; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – гейлюссит (Гл); NaHCO_3 – нахколит (Нх) и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – кальций гидрокарбонат (СаГ) [4, 5].

Для опытов были использованы насыщенные растворы, с соответствующими равновесными твердыми фазами, перемешивая термостатировали при 0°C до достижения равновесия.

Термостатирование проводили в ультратермостате LT-TWC/22. Перемешивание смеси осуществляли с помощью магнитной мешалки PD-09 в течение 50–120 ч. Температура поддерживалась с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$ с помощью контактного термометра. За кристаллизацией твердых фаз наблюдали с помощью микроскопа «ПОЛАМ-Р 311». После достижения равновесия в системе равновесные твердые фазы сфотографировали цифровым фотоаппаратом

«SONY-DSC-S500». Достижение равновесия устанавливалось по неизменности фазового состава осадков. Отделение жидкой и твердой фаз осуществляли с помощью вакуумного насоса через обеззоленную (синяя лента)

фильтровальную бумагу на воронке Бюхнера. Осадок после фильтрации промывали 96 %-м этиловым спиртом и высушивали при 120 °С. Химический анализ продуктов проводили по известным методикам [7–9].

Результаты и обсуждение

Результаты кристаллооптического анализа [10] равновесных твердых фаз (микрофотографии) представлены на рис. 1, а результаты химического анализа насыщенных растворов приведены в табл. 1.

На основании полученных данных построена диаграмма растворимости системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0 °С, которая представлена на рис. 2. Положение неинвариантных точек уровня трехкомпонентного (E_n^3)

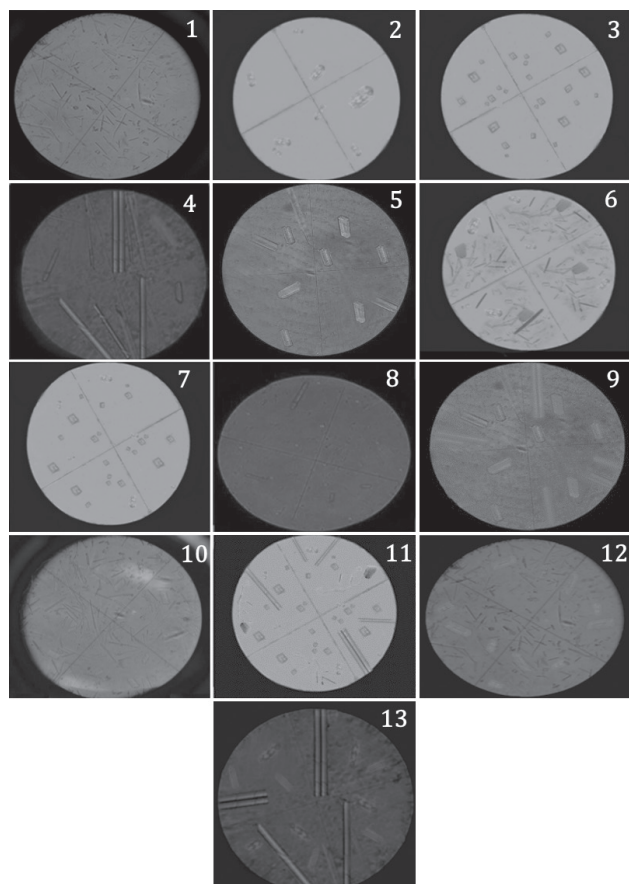


Рис. 1. Микрофотографии равновесных твердых фаз системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0 °С: 1 – C10; 2 – Gl, 3 – Cc; 4 – Cbc; 5 – Nh; 6 – C10 + Gl; 7 – Gl + Cc; 8 – Cc + Cbc; 9 – Cbc + Nh; 10 – C10 + Nh; 11 – Cc + Gl + Cbc; 12 – C10 + Gl + Nh; 13 – Nh + Gl + Cbc

Таблица 1

Растворимость в узловых (инвариантных) точках системы
 $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C

№ точек	Состав жидкой фазы, мас. %					Фазовый состав осадков
	Na_2CO_3	NaHCO_3	CaCO_3	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	H_2O	
e_1	6,570	–	–	–	93,4300	Нх
e_2	–	6,490	–	–	93,5100	Сц
e_3	–	–	0,0031	–	99,9969	СаГ
e_4	–	–	–	0,144	99,8560	С-10 + Нх
E_1^3	5,60	4,610	–	–	89,790	С-10 + Гл
E_2^3	12,00	–	0,0048	–	87,9952	Гл + Сц
E_3^3	4,30	–	0,0046	–	95,6954	Нх + СаГ
E_4^3	–	4,890	–	0,109	95,001	Сц + СаГ
E_5^3	–	–	0,0014	0,083	99,9156	С-10 + Нх + Гл
E_1^4	6,167	2,443	0,0065	–	91,3835	Сц + Гл + СаГ
E_2^4	5,904	–	0,0057	0,308	93,7823	Нх + СаГ + Гл
E_3^4	5,510	5,896	–	0,190	88,4040	Нх + Сбс + Гл

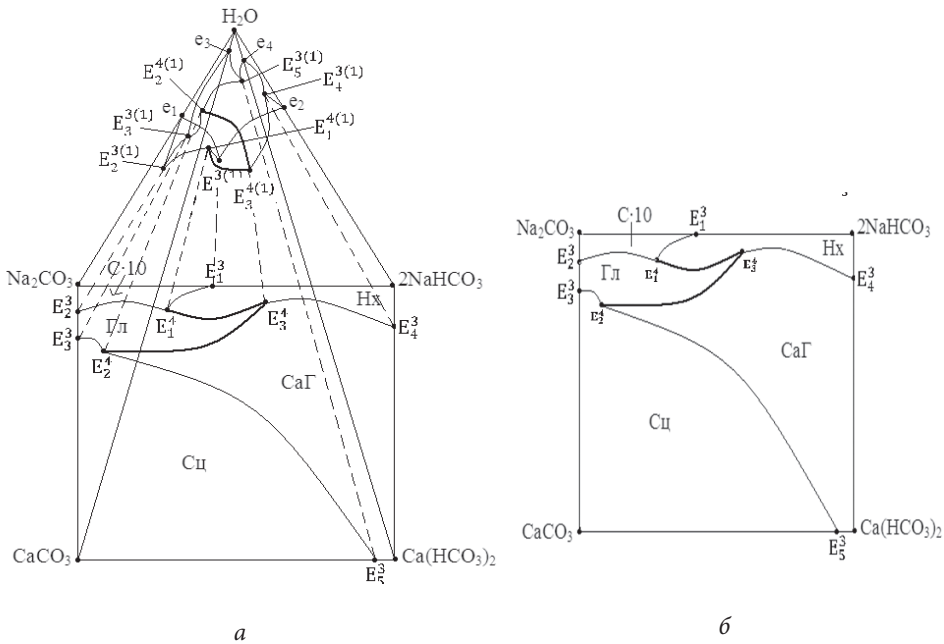


Рис. 2. Диаграмма растворимости системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C :
 а – общая; б – солевая часть

Описание содержания геометрических образов на рис. 2

Обозначение геометрических образов	Содержание
e_1	Растворимость карбоната натрия в воде
e_2	Растворимость гидрокарбоната натрия в воде
e_3	Растворимость карбоната кальция в воде
e_4	Растворимость гидрокарбоната кальция в воде
E_1^3	Точка совместной кристаллизации С·10 + Нх в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
E_2^3	Точка совместной кристаллизации С·10 + Гл в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
E_3^3	Точка совместной кристаллизации Гл + Сц в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
E_4^3	Точка совместной кристаллизации Нх + СаГ в системе $\text{NaHCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$
E_5^3	Точка совместной кристаллизации Сц + СаГ в системе $\text{CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$
E_1^4	Точка совместной кристаллизации Нх + С·10 + Гл в системе $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
E_2^4	Точка совместной кристаллизации Гл + Сц + СаГ в системе $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
E_3^4	Точка совместной кристаллизации Гл+СаГ+Нх в системе $\text{Na, Ca} \parallel \text{CO}_3, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
$E_1^3 - E_1^4$	Кривая совместной кристаллизации С·10 + Нх в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
$E_2^3 - E_1^4$	Кривая совместной кристаллизации С·10 + Гл в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
$E_3^3 - E_2^4$	Кривая совместной кристаллизации Сц + Гл в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$
$E_4^3 - E_3^4$	Кривая совместной кристаллизации СаГ + Нх в системе $\text{NaHCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$
$E_5^3 - E_2^4$	Кривая совместной кристаллизации Сц + СаГ в системе $\text{CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$
$E_1^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \text{ E}_2^3 \text{ E}_1^4 \text{ E}_1^3$	Поле кристаллизации С·10
$E_1^3 \text{ NaHCO}_3 \text{ E}_4^3 \text{ E}_3^4 \text{ E}_1^4 \text{ E}_1^3$	Поле кристаллизации Нх
$E_2^3 \text{ E}_1^4 \text{ E}_3^4 \text{ E}_2^3 \text{ E}_3^3$	Поле кристаллизации Гл
$E_3^3 \text{ CaCO}_3 \text{ E}_5^3 \text{ E}_2^4 \text{ E}_3^3$	Поле кристаллизации Сц
$E_5^3 \text{ E}_2^4 \text{ E}_3^4 \text{ E}_3^3 \text{ Ca(HCO}_3)_2 \text{ E}_5^3$	Поле кристаллизации СаГ

и четырехкомпонентного (E_n^4) составов, где n – номера точек, на диаграмме установлены по массцентрическому методу [11].

На рис. 2 приведена «общая» (а) и «солевая» (б) части диаграммы растворимости системы Na, Ca || CO_3 , HCO_3 – H_2O при 0 °С, где отражены взаимное расположение и относительные размеры полей кристаллизации соответствующих равновесных фаз. Как следует из рис. 2, при 0 °С в исследуемой четырехкомпонентной системе поле кристаллизации Сц

(CaCO_3) и кальций гидрокарбонат CaГ ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) занимает ее значительную часть, что характеризует малую растворимость данной соли в приведенных условиях. Сопоставление полученных результатов по исследованию растворимости в системе Na, Ca || CO_3 , HCO_3 – H_2O при 0 °С и при 25 °С [12] в целом указывает на общую тенденцию уменьшения данного показателя с понижением температуры.

Описание содержания геометрических образов (поля, кривые, точки) рис. 2 приведены в табл. 2.

References

1. Morozova VA, Rzhechitskii EP. [Solubility in the NaF – Na_2SO_4 – NaHCO_3 – H_2O system at 0 °C]. *Zhurnal Prikladnoi Khimii [Journal of Applied Chemistry]*. 1976;49(5):1152–4. Russian.
2. Morozova VA, Rzhechitskii EP. [Solubility in the systems NaF – NaHCO_3 – H_2O , NaF – Na_2SO_3 – H_2O and NaF – Na_2CO_3 – H_2O at 0 °C]. *Zhurnal Neorganicheskoi Khimii [Russ J Inorg Chem]*. 1977;22(3):873–4. Russian.
3. Dzhumaev MT, Soliev L, Avloev ShKh, Ikbol G. Phase balance in the Na, Ca // CO_3 , HCO_3 – H_2O System at 0 °C. *Vestnik Tadjikckogo natsional'nogo universiteta (seriya estesvennikh nauk) [Bulletin of the Tajik National University (series of natural sciences)]*. 2013;1/1(102):153–6. Russian.
4. Spravochnik eksperimental'nykh dannykh po rastvorimosti mnogokomponentnykh vodno-solevykh system [Reference book on experimental data for solubility in multicomponent water-salt systems]. Vol. 1. Saint-Petersburg: Khimizdat, 2003. 1151 p. Russian.
5. Spravochnik eksperimental'nykh dannykh po rastvorimosti mnogokomponentnykh vodno-solevykh system [Reference book on experimental data for solubility in multicomponent water-salt systems]. Vol. II, Books. 1–2. Saint-Petersburg: Khimizdat, 2004. 1247 p. Russian.
6. Goroshchenko YaG, Soliev L, Gornikov Yu I. Opredelenie polozheniya nonvariantnykh toчек na diagrammakh rastvorimosti metodom donasyshcheniya [Determination of the invariant points' positions on solubility diagrams using the presaturation method]. *Ukrainskii Khimicheskii Zhurnal [Ukrainian Journal of Chemistry]*. 1987;53(6):568–71. Russian.
7. Kreshkov AP. Osnovy analiticheskoy khimii [Basics of Analytical Chemistry]. Vol. 2. Leningrad (USSR): Khimiya, 1970. 456 p. Russian.
8. Knipovich YuN, Morachevskii YuV, editors. Analiz mineral'nogo syr'ya [Analysis of mineral raw materials]. Leningrad: Goskhimizdat, 1959. 947 p. Russian.

9. Reznikov AA, Mulikovskaya EP, Sokolov IYu. Metody analiza prirodnykh vod [Methods of natural water analysis]. Moscow: Nedra, 1970. 488 p. Russian.
10. Tatarskii VB. Kristallooptika i immersionnyy metod analiza veshchestv [Crystal Optics and Immersion Method of Substances Analysis]. Leningrad (USSR): Izdatel'stvo LGU, 1948. 268 p. Russian.
11. Goroshchenko Ya G. Masstsentricheskiy metod izobrazheniya mnogokomponentnykh system [The Center of Mass Method for Multi-component Systems Imaging]. Kiev: Naukova Dumka, 1982. 264 p. Russian.
12. Dzhumaev MT, Soliev L, Dzhabborov BB, Ikbol G. Solubility in the Na, Ca || CO₃, HCO₃ – H₂O System at 25°C. *Russ J Inorg Chem.* 2017;62(9):1245–51. DOI:10.1134/S0036023617090169.

Cite this article as:

Soliev L, Dzhumaev MT, Dzhabborov BB. Solubility and phase equilibria in the Na, Ca || CO₃, HCO₃–H₂O system at 0°C. *Chimica Techno Acta.* 2017;4(3):191–201. DOI:10.15826/chimtech/2017.4.3.04.