

ХИМИЯ

Научная статья

УДК 541.123.31:546.786'33:546.264'33:532.773

Гетерогенное равновесие и ряд физико-химических свойств насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 30 °С

Аслан Асланбиевич Кяров¹, Радина Аслановна Мукожева², Мадзера Кадиловна Виндижева³,
Заур Анатольевич Черкесов⁴, Мария Мухамедовна Шогенова⁵

^{1,2,3,4,5}Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, Россия

¹aslankyarov700@mail.ru

²karashaeva@mail.ru

³madzera_vin@yahoo.com

Аннотация. Изучена растворимость в системе $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 30 °С. Показано, что в системе не образуются химические соединения и твердые растворы, но при увеличении содержания вольфрамата натрия в насыщенном растворе карбоната натрия происходит дегидратация декагидрата карбоната натрия с превращением в $\beta\text{-Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Определены плотность, динамическая вязкость и удельная электропроводность насыщенных растворов системы, рассчитаны изотермы, мольного объема, кинематической вязкости, ионной силы, эквивалентной и приведенной электропроводности, а также кажущегося мольного объема суммы солей в растворах. Отмечается четко выраженная корреляция в изменениях этих свойств и растворимости в системе.

Ключевые слова: растворимость, физико-химические свойства, вольфраMAT натрия, карбонат натрия

Для цитирования: Кяров А.А., Мукожева Р.А., Виндижева М.К., Черкесов З.А., Шогенова М.М. Гетерогенное равновесие и ряд физико-химических свойств насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 30 °С // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2026. Т. 16, № 2. С. 80–86.

CHEMISTRY

Original article

Phase equilibrium and specific properties of suspended solves in the $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 30 °C

Aslan A. Kyarov¹, Radina A. Mukozheva², Madzera K. Vindizheva³, Zaur A. Cherkesov⁴, Mariya M. Shogenova⁵

^{1,2,3,4,5}Kabardino-Balkarian State University, Kabardino-Balkarian Republik, Nal'chik, Russia

¹aslankyarov700@mail.ru

²karashaeva@mail.ru

³madzera_vin@yahoo.com

Abstract. The solubility in the $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 30 °C has been studied. It is shown that chemical compounds and solid solutions are not formed in the system, but with increasing content of sodium tungstate in saturated sodium carbonate solution dehydration of sodium carbonate decahydrate with transformation into $\beta\text{-Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$ occurs. The density, dynamic viscosity and specific electrical conductivity of satu-

rated solutions of the system have been determined, and the isotherms, molar volume, kinematic viscosity, ionic strength, equivalent and reduced electrical conductivity, and apparent molar volume of the sum of salts in the solutions have been calculated. A well-defined correlation in the changes of these properties and solubility in the system is noted.

Keywords: solubility, physical and chemical properties, sodium tungstate, sodium carbonate

For citation: Kyarov A.A., Mukozheva R.A., Vindizheva M.K., Cherkesov Z.A., Shogenova M.M. Heterogeneous equilibrium and a number of physical and chemical properties of saturated solutions in the $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 30 °C. *Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University*. 2026; 16(2):80–86. (In Russ.).

Введение

В связи с необходимостью создания прочной научной основы технологии регенерации соды из автоклавных растворов методом дробной кристаллизации в последнее время все больший практический интерес проявляется к исследованию политермы растворимости и свойств насыщенных растворов в системах $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$.

Пиллотон и Кроули [1] впервые изучили низкотемпературную область (от 20° до –8°) политермы растворимости и плотность насыщенных растворов в этой системе. На основе результатов этих исследований Пиллотон предложил способ извлечения соды из растворов, содержащих вольфрамат, молибдат и другие соли натрия.

С целью выявления ранее не известных и потому нереализованных возможностей значительного повышения эффективности известных способов и разработки новых способов извлечения соды из растворов нами проводится исследование политермы растворимости и свойств насыщенных растворов в системах Na_2WO_4 (Na_2MoO_4)– $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ в широких интервалах состава и температуры (от –8° до 110°). Изучены изотермы растворимости и свойств насыщенных растворов в системе при 25, 40, 75 и 100° [2–12], в результате чего выявлена пограничная (эвтоническая) кривая вторичной кристаллизации кристаллогидратов карбоната и молибдата натрия. Однако для установления границ областей кристаллизаций кристаллогидратов карбоната натрия в системе необходимо изучить фазовое равновесие в этой системе при других температурах, в особенно важных для практики пределах 5–35°, в частности при 30°.

Экспериментальная часть

Для исследования системы в качестве исходных веществ брались дважды перекристаллизованные карбонат и вольфрамат натрия марки «х.ч.» и дважды дистиллированная вода. Исследование растворимости в системе, анализ жидкой фазы и «остатков», определение свойств; насыщенных растворов и состава твердых фаз системы проводились по методике [2–3]. Полное равновесие в системе достигалось в зависимости от состава через 8–26 часов непрерывного перемешивания растворов с осадками.

Результаты исследования растворимости в системе, представленные в *таблице 1* и на *рисунке 1*, показывают, что в этой системе эвтонического типа происходят частичная дегидратация декагидрата карбоната натрия и его превращение в $\beta\text{-Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$ при увеличении содержания вольфрамата натрия в насыщенном растворе карбоната натрия до 10,25 и более масс. % Na_2WO_4 .

Таблица 1 – Растворимость в системе $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 30 °C

Номер точки	Состав жидкой фазы, масс. %		Состав «остатка», масс. %		Твердая фаза
	Na_2CO_3	Na_2WO_4	Na_2CO_3	Na_2WO_4	
1	28,44	–	36,2	–	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$
2	27,42	3,18	32,42	1,53	то же
3	27,0 9	4,22	33,23	1,85	то же
4	26,80	5,09	36,07	0,36	то же
5	26,22	7,13	30,70	4,12	то же
6	25,76	7,87	32,37	3,15	то же
7	25,38	9,39	34,50	2,02	то же

8	25,20	10,25	34,44	4,47	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O} + \beta \text{Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$
9	24,54	11,63	37,64	4,46	$\beta \text{Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$
10	23,66	13,49	40,45	3,20	то же
11	23,23	14,31	39,00	4,26	то же
12	22,84	15,16	37,75	5,31	то же
13	22,14	17,25	37,45	11,21	$\beta \text{Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{WO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
14	21,99	17,38	31,21	21,78	то же
15	21,84	17,51	14,66	55,57	то же
16	18,79	21,06	3,43	76,68	$\text{Na}_2\text{WO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
17	17,47	22,71	2,40	79,29	то же
18	13,95	26,68	3,71	72,05	то же
19	8,58	32,89	1,25	80,16	то же
20	5,08	37,00	0,62	82,79	то же
21	–	42,88	–	82,35	то же

В соответствии с числом образующихся в системе твердых фаз ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$, $\beta \text{Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{WO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) изотерма растворимости (рисунок 1) делится переходной точкой (Р) и эвтонической точкой (Е) на три ветви (АР, РЕ и ЕВ), представляющие слабо отрицательные кривые, очень мало отклоняющиеся (особенно ветви АР и ЕВ) от прямых линий.

Положение переходной точки Р (25,20 масс. % Na_2CO_3 и 10,25 масс. % Na_2WO_4) на изотерме растворимости системы определено по результатам химического анализа жидкой фазы и «остатка» одного состава системы и по точке пересечения ветвей АР и РЕ изотермы растворимости, подтверждено микрофотографическим исследованием структуры твердых фаз (ромбические кристаллы $\beta \text{Na}_2\text{CO}_3 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и моноклинные – $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$).

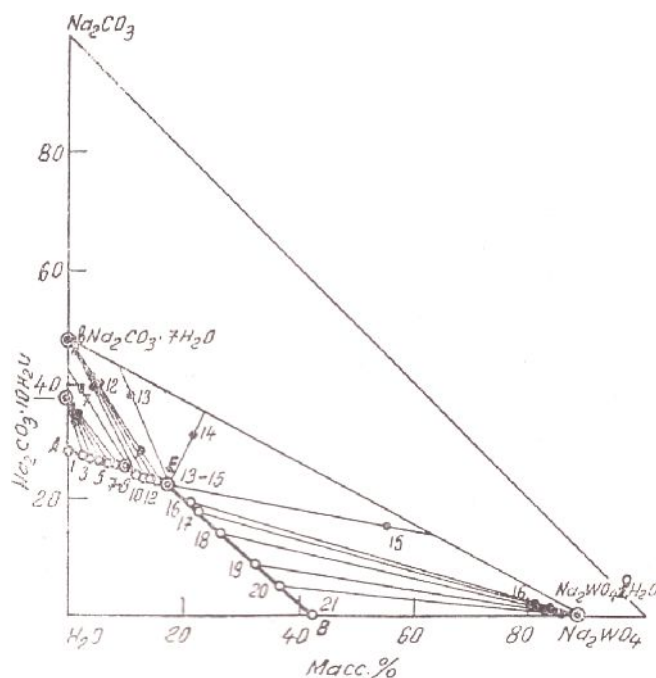


Рисунок 1 – Изотерма (30°) растворимости в системе Na_2WO_4 – Na_2CO_3 – H_2O

В эвтонике (21,99 масс. % Na_2CO_3 и 17,38 масс. % Na_2WO_4) не происходит ликвации твердых фаз по плотности, как это наблюдалось при 25° [2]. Положение эвтонической точки на изотерме растворимости (более близкое расположение к Na_2CO_3) показывает, что карбонат натрия обладает значительно

большим высаливающим действием, чем вольфрамат натрия. Это можно объяснить тем, что CO_3^{2-} , обладая большей, чем ионы WO_4^{2-} , склонностью к гидратации, значительно более прочно связывается с молекулами воды ближайшего окружения, поэтому внедрение их в насыщенный раствор вольфрамата натрия приводит к усилению взаимодействия между ионами Na^+ и WO_4^{2-} вследствие возникающего дефицита молекул воды ближайшего окружения и, следовательно, к уменьшению растворимости Na_2WO_4 . С другой стороны, присутствие ионов WO_4^{2-} и их конкурирующее влияние, в свою очередь, приводят к уменьшению устойчивости гидратированных ионов CO_3^{2-} .

Вследствие этого, в присутствии 10,25 и более масс. % Na_2WO_4 в насыщенном растворе системы при 30° твердая фаза $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ становится неустойчивой и переходит в менее гидратированный β $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, тогда как в отсутствие Na_2WO_4 в чистом насыщенном водном растворе карбоната натрия такое превращение происходит только при $35,2^\circ$.

Экспериментально определены плотность (ρ), динамическая вязкость (η) и удельная электропроводность (χ) насыщенных растворов системы. На основе полученных данных рассчитаны следующие параметры: мольный объем (V_Σ), кинематическая вязкость (γ), ионная сила (I), эквивалентная (λ) и приведенная ($\lambda\eta$) электропроводность растворов и кажущийся мольный объем суммы солей ($V_{\Sigma c}$) в этих растворах. Кроме того, для определения характера и степени взаимодействия солевых компонентов в насыщенных растворах системы нами были рассчитаны парциальные величины плотность (ρ_p), мольный объем (V_p) растворов и кажущийся мольный объем суммы солей ($V_{\Sigma c.p}$) путем аддитивного сложения (таблица 2, рисунок 2).

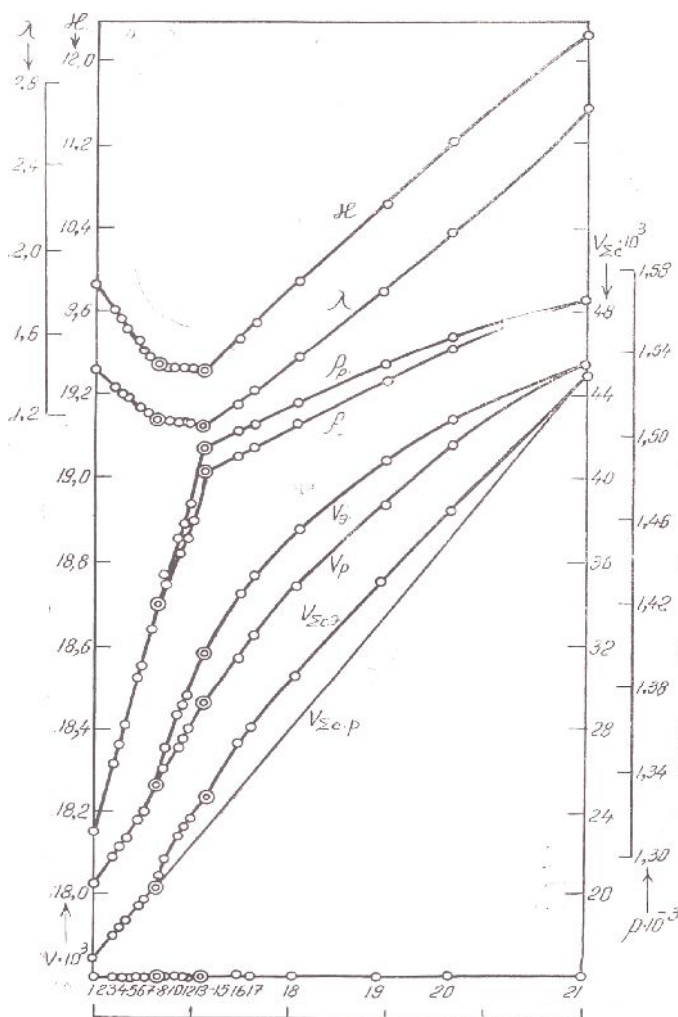


Рисунок 2 – Изотермы (30°) плотности (ρ и ρ_p), мольного объема (V_Σ и V_p), удельной (χ) и эквивалентной (λ) электропроводности насыщенных растворов и кажущегося мольного объема суммы солей ($V_{\Sigma c}$ и $V_{\Sigma c.p}$) в этих растворах системы $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$

Таблица 2 – Свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$

Номер точки	Состав солевой массы раствора, мол. %		Свойства										
	Na ₂ CO ₃	Na ₂ WO ₄	ρ ₃ ×10 ⁻³ , кг/м ³	ρ _Р ×10 ⁻³ , кг/м ³	V ₃ ×10 ³ , м ³ /кмоль	V _Р ×10 ³ , м ³ /кмоль	V _{Σ23} ×10 ³ , м ³ /кмоль	η×10 ³ , н.с./м ²	γ×10 ⁴ , м ² /с	χ _с , Ом ⁻¹ М ⁻¹	λ _с , Ом ⁻¹ М ² /кг-ЭКВ	λ _η , Ом ⁻¹ нс/кг-ЭКВ	I
1	109,0	—	1,3088	1,3008	18,018	18,018	16,895	6,66	5,09	9,86	1,494	9,35	10,536
2	95,98	4,02	1,3414	1,3412	18,087	18,089	17,978	7,13	5,32	9,58	1,325	9,45	10,846
3	94,68	5,32	1,3524	1,3522	19,111	18,114	18,345	7,27	5,38	9,51	1,302	9,47	10,953
4	93,59	6,41	1,6614	1,3612	18,133	18,134	18,676	7,46	5,48	9,44	1,283	9,52	11,035
5	91,07	8,93	1,3849	1,3808	18,182	18,184	19,384	7,75	5,60	9,30	1,236	9,58	11,286
6	90,07	9,93	1,2899	1,3895	18,197	18,202	19,597	7,88	5,67	9,24	1,232	9,62	11,251
7	88,23	11,77	1,4082	1,4084	18,245	18,241	20,255	8,11	5,76	9,14	1,196	9,66	11,466
8	87,21	12,79	1,4199	1,4205	18,266	18,263	20,522	8,22	5,79	9,11	1,177	9,67	11,614
9	85,40	14,60	1,4289	1,4326	18,348	18,300	21,669	8,41	5,89	9,06	1,169	9,83	11,622
10	82,94	17,03	1,4436	1,4501	18,434	18,351	22,837	8,64	5,99	9,04	1,163	10,05	11,656
11	81,82	18,18	1,4510	1,4572	18,452	18,374	23,089	8,71	6,00	9,03	1,162	10,15	11,661
12	80,68	19,32	1,4595	1,4636	18,475	18,399	23,384	8,83	6,05	9,03	1,158	10,25	11,695
13	78,06	21,94	1,4818	1,4915	18,581	18,460	24,703	9,20	6,21	9,02	1,137	10,46	11,896
14	77,82	22,18	1,4816	1,4926	18,583	18,463	24,752	9,22	6,22	9,01	1,140	10,51	11,851
15	77,97	22,43	1,4818	1,4908	18,580	18,467	21,733	9,21	6,22	9,01	1,144	10,53	11,809
16	71,21	28,79	1,4890	1,1008	18,719	18,572	27,098	8,01	5,38	9,34	1,260	10,09	11,121
17	68,09	31,91	1,4953	1,5052	18,769	18,622	28,026	7,41	4,956	9,48	1,309	9,70	10,860
18	59,18	40,82	1,5058	1,5166	18,877	18,743	30,434	6,05	4,018	9,91	1,479	8,95	10,048
19	41,97	58,03	1,5260	1,5340	18,040	18,910	34,968	4,48	2,936	10,62	1,804	8,08	8,830
20	27,57	72,43	1,5419	1,5469	19,138	19,076	38,434	3,71	2,416	11,22	2,093	7,76	8,042
21	—	100,0	1,5C41	1,5641	19,277	19,277	44,984	2,83	1,829	12,23	2,679	7,66	6,842

Заключение

Приведенные данные демонстрируют, что все перечисленные свойства насыщенных растворов системы закономерно отражают характер взаимодействия компонентов в системе, что подтверждается методом растворимости.

При увеличении растворимости в системе плотность и мольный объем насыщенных растворов, как правило, увеличивается. Величина этих свойств увеличивается последовательно по мере увеличения содержания Na_2WO_4 в насыщенных растворах. В области кристаллизации $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ эти свойства не отклоняются от аддитивности. Это указывает на то, что структура исходного насыщенного раствора Na_2CO_3 не изменяется заметно при увеличении в нем содержания Na_2WO_4 до переходной точки. За переходной точкой экспериментальные изотермы плотности (ρ), мольного объема (V_m) и кажущегося мольного объема суммы солей ($V_{\Sigma c}$) значительно отклоняются от рассчитанных по правилу смещения соответствующих изотерм этих свойств. Наибольшее отклонение (0,65 %) этих свойств от аддитивности достигается в эвтоническом растворе. Такое значительное (отрицательное для плотности и положительное для мольного объема) отклонение этих свойств от аддитивности можно объяснить сильным взаимно-разрыхляющим действием Na_2CO_3 и Na_2WO_4 на структуру их насыщенных растворов. Наиболее плотной структурой обладает насыщенный раствор Na_2CO_3 , что подтверждается значительно большим значением вязкости этого раствора ($6,66 \text{ нХс/м}^2$), чем вязкость насыщенного раствора Na_2WO_4 ($2,8 \text{ нХс/м}^2$). Также сильно различается ионная сила этих растворов.

Вязкость и приведенная электропроводность изменяются в соответствии с изменением ионной силы растворов. Изотермы этих свойств однотипны. Противоположно этим свойствам изменяются удельная и приведенная электропроводность, на характер изменения которых доминирующее влияние оказывает вязкость растворов. После исправления на вязкость изотерма (приведенной) электропроводности становится аналогичной изотерме ионной силы.

Библиография

1. Pilloton R.L., Crawley G.E. A phase equilibrium study in the system $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ // J. Electrochem. Soc. 1960. V. 107, N 7. P. 122.
2. Каров З.Г., Семенова С.Б., Чеужева Т.Н. Гетерогенное равновесие и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 25 °С // Химия и технология молибдена и вольфрама. Выпуск 1. Нальчик, 1971. С. 178.
3. Каров З.Г., Кяров А.А., Шаков З.М., Жилова С.Б. Фазовое равновесие и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ // Химия молибдена и вольфрама. Выпуск 2. Нальчик, 1983. С. 94.
4. Кяров А.А., Хочуев И.Ю., Хасанов В.В., Мирзоев Р.С., Камбачокова Л.В., Гуминюк О.И. Гетерогенное равновесие и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 27 °С // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2018. Т. 8, № 1. С. 47–51.
5. Кяров А.А., Хочуев И.Ю., Мирзоев Р.С., Балахов Э.С., Андриянова Л.А., Казиев А.С. Гетерогенное равновесие и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 20 °С // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. 2014. Т. 57, № 2. С. 20–24.
6. Каров З.Г., Кяров А.А. Гетерогенное равновесие и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 36 °С // Аспирант и соискатель. 2003. Т. 16, № 3. С. 158–163.
7. Каров З.Г., Кяров А.А., Шогенова З.Х. Изотерма растворимости и физико-химические свойства насыщенных растворов системы $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. 2003. № 5. С. 79–85.
8. Хочуев И.Г., Кяров А.А., Харитонов А.Ж. Гетерогенные равновесия в системе карбонат натрия-молибдат натрия-вода при 34 °С // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. 1997. № 2. С. 28–30.
9. Каров З.Г., Кяров А.А., Хочуев И.Г., Шогенова З.Х. Исследование гетерогенного равновесия и свойств насыщенных растворов системы $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 33 °С // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. 1996. № 1. С. 16–24.

10. Каров З.Г., Кяров А.А., Урусова З.Х., Афаунова Р.З. Изотерма (30 °C) растворимости и некоторые свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ // Журнал неорганической химии. 1988. Т. 33, № 11. С. 2923.

11. Каров З.Г., Кяров А.А., Лепешков И.Н., Эльмесова Р.М. Гетерогенные равновесия и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 100 °C // Журнал неорганической химии. 1987. Т. 32, № 2. С. 467–472.

12. Каров З.Г., Кяров А.А., Урусова З.Х. Фазовые равновесия и свойства насыщенных растворов в системе $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--NaI--H}_2\text{O}$ при 25 °C // Журнал неорганической химии. 1987. Т. 32, № 2. С. 473–479.

References

1. Pilloton R.L., Crawley G.E. A Phase Equilibrium Study of the System $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ // *J. Electrochem. Soc.* 1960;7:122.

2. Karov Z.G., Semenova S.B., Cheuzheva T.N. Heterogeneous equilibrium and properties of saturated solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 25 °C. Chemistry and Technology of Molybdenum and Tungsten. Issue 1. Nalchik, 1971. P. 178. (in Russ.).

3. Karov Z.G., Kyarov A.A., Shakov Z.M., Zhilova S.B. Phase equilibrium and properties of saturated solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system. Chemistry of Molybdenum and Tungsten. Issue 2. Nalchik, 1983. P. 94. (in Russ.).

4. Kyarov A.A., Khochuev I.Yu., Khasanov V.V., Mirzoev R.S., Kambachokova L.V., Guminyuk O.I. Heterogeneous Equilibrium and Properties of Saturated Solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ System at 27 °C. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University*. 2018;8(1):47–51. (in Russ.).

5. Kyarov A.A., Khochuev I.Yu., Mirzoev R.S., Balakhov E.S., Andriyanova L.A., Kaziev A.S. Heterogeneous Equilibrium and Properties of Saturated Solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ System at 20 °C // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya = Chem. Chem. Tech.* 2014;57(2):20–24. (in Russ.).

6. Karov Z.G., Kyarov A.A. Heterogeneous equilibrium and properties of saturated solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 36 °C. *Aspirant i Soiskatel = Aspirant and Applicant*. 2003;16(3):158–163. (in Russ.).

7. Karov Z.G., Kyarov A.A., Shogenova Z.Kh. Solubility Isotherm and Physical and Chemical Properties of Saturated Solutions of the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ System. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University*. 2003;5:79–85. (in Russ.).

8. Khochuev I.G., Kyarov A.A., Kharitonova A.Zh. Heterogeneous Equilibria in the System Sodium Carbonate-Sodium Molybdate-Water at 34 °C. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University*. 1997;2:28–30. (in Russ.).

9. Karov Z.G., Kyarov A.A., Khochuev I.G., Shogenova Z.Kh. Investigation of Heterogeneous Equilibrium and Properties of Saturated Solutions of the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ System at 33 °C. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University*. 1996;1:16–24. (in Russ.).

10. Karov Z.G., Kyarov A.A., Urusova Z.Kh., Afauanova R.Z. Solubility isotherm (30 °C) and some properties of saturated solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system. *Zhurnal Neorganicheskoi Khimii = Journal of Inorganic Chemistry*. 1988;33(11):2923. (in Russ.).

11. Karov Z.G., Kyarov A.A., Lepeshkov I.N., Elmesova R.M. Heterogeneous Equilibria and Properties of Saturated Solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ System at 100 °C. *Zhurnal Neorganicheskoi Khimii = Journal of Inorganic Chemistry*. 1987;32(2):467–472. (in Russ.).

12. Karov Z.G., Kyarov A.A., Urusova Z.Kh. Phase Equilibria and Properties of Saturated Solutions in the $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--NaI--H}_2\text{O}$ System at 25 °C. *Zhurnal Neorganicheskoi Khimii = Journal of Inorganic Chemistry*. 1987;32(2):473–479. (in Russ.).