

УДК 541.123.31:547.55.42

**Растворимость в системе
нитрат цинка–карбамид–азотная кислота–вода при 25 °С**

Solubility in system zinc nitrate–carbamide–nitric acid–water at 25 °С

Несмеянова Р.М.¹, Еркасов Р.Ш.², Рыскалиева Р.Г.³, Оразбаева Р.С.², Болысбекова С.М.¹

¹Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова;

²Евразийский национальный университет им. Л.М.Гумилева, Астана (E-mail: erkas@mail.ru);

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы

25 °С кезіндегі мырыш нитраты–карбамид–азот қышқылы–су төрткомпонентті жүйесіндегі гетерогендік тепе-теңдік ерігіштік әдісімен зерттелді. Алғашқы қатты компоненттердің, эвтоникалық құрамдардың, үшкомпонентті жүйелердің құрастырушыларының карбамид–азот қышқылы–су және мырыш нитраты–карбамид–суды зерттегенде олардың болуы анықталған қос қосылыстардың, сонымен қатар құрамында бір мезгілде карбамид, мырыш нитраты және азот қышқылы бар жаңа қосылыстардың түзілуінің концентрациялық шекаралары анықталды.

There were studied the heterogeneous equilibrium in the four-component system zinc nitrate–carbamide–acetic acid–water at 25 °С by the solubility method. There were determined concentration limits of formation of the initial solid components, and the eutonic composition. There were also established the components of the three-components system and double compounds, the existence of which was ascertained during the study of solubility in the systems carbamide–nitric acid–water and zinc nitrate–carbamide–water, as well as two new coordination compounds of ternary composition.

В продолжение исследований систем соль s-металла–амид–кислота–вода, которые позволили установить факт и условия образования новых соединений, закономерности взаимного влияния и взаимодействия компонентов в системах, определить их строение, структуру и свойства [1, 2], с целью изучения растворимости в системах и получения новых координационных соединений, содержащих в своём составе одновременно соль металла, амид и неорганическую кислоту, изучена растворимость при температуре 25 °С в четырёхкомпонентной системе нитрат цинка–карбамид–азотная кислота–вода.

Изучение растворимости проводили по известной ранее методике [3]. Равновесие в системах устанавливалось в течение суток. Пробы твёрдой и жидкой фаз анализировали на содержание нитрата цинка (по количеству иона цинка прямым комплексонометрическим титрованием трилоном Б), карбамида (по содержанию азота, найденного методом Кьельдаля), азотной кислоты (титрованием 0,1 н. раствором гидроксида натрия) [4, 5].

Изучению растворимости в системе предшествовало уточнение положения эвтонических точек в ранее изученных трёхкомпонентных системах карбамид–азотная кислота–вода, нитрат цинка–карбамид–вода при 25 °С [6, 7].

Фигуративные точки на проекции диаграммы выражают солевой состав системы, для учёта содержания воды в системе рассчитаны значения водного числа.

Результаты по растворимости в этой системе приведены в % (масс.) в таблице и графически изображены в виде центральной проекции на рисунке.

Взаимодействие в системе нитрат цинка–карбамид–азотная кислота–вода при 25 °С

| № точки | Состав жидкой фазы, % (масс.) | | | Состав жидкой фазы в сухих компонентах, % (масс.) | | | Водное число, ω | Равновесная твёрдая фаза |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--|
| | Zn(NO ₃) ₂ | CO(NH ₂) ₂ | HNO ₃ | H ₂ O | Zn(NO ₃) ₂ | CO(NH ₂) ₂ | | |
| 1 | 23,18 | 59,82 | 0 | 17 | 27,93 | 72,07 | 0 | CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 2 | 22,41 | 58,4 | 2,36 | 16,83 | 26,94 | 70,22 | 2,84 | CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 3 | 21,54 | 57,13 | 5,2 | 16,13 | 25,68 | 68,12 | 6,20 | CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 4 | 21,59 | 55,3 | 7,2 | 15,91 | 25,67 | 65,76 | 8,57 | CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 5 | 21,63 | 54,66 | 7,2 | 16,51 | 25,91 | 65,47 | 8,62 | CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ ·2HNO ₃ |
| 6 | 25,15 | 51,14 | 10,36 | 13,35 | 29,02 | 59,02 | 11,96 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 7 | 25,3 | 49,3 | 12,78 | 12,62 | 28,95 | 56,42 | 14,63 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 8 | 28,65 | 41,13 | 15,14 | 15,08 | 33,74 | 48,43 | 17,83 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 9 | 30,16 | 38,42 | 16,1 | 15,32 | 35,62 | 45,37 | 19,01 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 10 | 32,3 | 36,39 | 17,23 | 14,08 | 37,59 | 42,35 | 20,06 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ |
| 11 | 34,09 | 34,02 | 18,22 | 13,67 | 39,49 | 39,41 | 21,10 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·HNO ₃ |
| 12 | 35,65 | 31,26 | 15,09 | 18 | 43,48 | 38,12 | 18,40 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 13 | 36,44 | 28,27 | 11,12 | 24,17 | 48,05 | 37,28 | 14,66 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 14 | 37,62 | 27,37 | 7,23 | 27,78 | 52,09 | 37,90 | 10,01 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 15 | 36,19 | 26,29 | 4,62 | 32,9 | 53,93 | 39,18 | 6,89 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 16 | 36,24 | 25,99 | 1,76 | 36,01 | 56,63 | 40,62 | 2,75 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 17 | 36,33 | 26,19 | 0 | 37,48 | 58,11 | 41,89 | 0 | Zn(NO ₃) ₂ ·4CO(NH ₂) ₂ + Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 18 | 34,03 | 29,55 | 17,42 | 19 | 42,01 | 36,48 | 21,51 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 19 | 34,51 | 25,72 | 20,02 | 19,75 | 43,00 | 32,05 | 24,95 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 20 | 34,33 | 22,67 | 21,28 | 21,72 | 43,86 | 28,96 | 27,18 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O |
| 21 | 32,29 | 19,64 | 22,75 | 25,32 | 43,24 | 26,90 | 29,86 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 22 | 35,98 | 17,02 | 19,99 | 27,01 | 49,29 | 23,32 | 27,39 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 23 | 39,66 | 15,03 | 17,11 | 28,2 | 55,24 | 20,93 | 23,83 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 24 | 41,79 | 13,78 | 15,37 | 29,06 | 58,91 | 19,42 | 21,67 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 25 | 45,37 | 12,27 | 12,21 | 30,15 | 64,95 | 17,57 | 17,48 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 26 | 46,64 | 11,15 | 9,94 | 32,27 | 68,86 | 16,46 | 14,68 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 27 | 50,24 | 10,32 | 6,94 | 32,5 | 74,43 | 15,29 | 10,28 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 28 | 50,71 | 9,88 | 5,41 | 34 | 76,83 | 14,97 | 8,20 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 29 | 53,65 | 8,91 | 2,65 | 34,79 | 82,27 | 13,66 | 4,07 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |
| 30 | 56,12 | 8,43 | 0 | 35,45 | 86,94 | 13,06 | 0 | Zn(NO ₃) ₂ ·2CO(NH ₂) ₂ ·2H ₂ O + Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|
| 31 | 0 | 60,19 | 11,62 | 28,19 | 0 | 83,82 | 16,18 | 1,40 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 32 | 2,93 | 60,7 | 12,54 | 23,83 | 3,85 | 79,69 | 16,46 | 1,13 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 33 | 5,57 | 60,95 | 13,14 | 20,34 | 6,99 | 76,51 | 16,50 | 0,94 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 34 | 7,44 | 62,31 | 13,88 | 16,37 | 8,90 | 74,51 | 16,59 | 0,73 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 35 | 10,38 | 63,21 | 14,41 | 12 | 11,80 | 71,83 | 16,37 | 0,51 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HNO}_3$ |
| 36 | 12,33 | 61,05 | 13,92 | 12,7 | 14,12 | 69,93 | 15,95 | 0,55 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HNO}_3$ |
| 37 | 15,23 | 57,83 | 12,93 | 14,01 | 17,71 | 67,25 | 15,04 | 0,63 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HNO}_3$ |
| 38 | 18,06 | 56,09 | 10,87 | 14,98 | 21,24 | 65,97 | 12,79 | 0,68 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HNO}_3$ |
| 39 | 9,31 | 60,57 | 17,77 | 12,35 | 10,62 | 69,10 | 20,28 | 0,54 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 40 | 11,1 | 56,75 | 20,02 | 12,13 | 12,63 | 64,58 | 22,79 | 0,54 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 41 | 11,77 | 53,09 | 23,14 | 12 | 13,38 | 60,33 | 26,29 | 0,54 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 42 | 11,26 | 47,68 | 28,85 | 12,21 | 12,83 | 54,31 | 32,86 | 0,57 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 43 | 12,72 | 44,22 | 31,33 | 11,73 | 14,41 | 50,10 | 35,49 | 0,55 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 44 | 13,48 | 39,69 | 34,8 | 12,03 | 15,32 | 45,12 | 39,56 | 0,58 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 45 | 13,36 | 37,35 | 37,29 | 12 | 15,18 | 42,44 | 42,38 | 0,59 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 46 | 13,41 | 39,3 | 32,85 | 14,44 | 15,67 | 45,93 | 38,40 | 0,72 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 47 | 13,3 | 28,57 | 42,06 | 16,07 | 15,85 | 34,04 | 50,11 | 0,87 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 48 | 13,55 | 24,76 | 43,7 | 17,99 | 16,52 | 30,19 | 53,29 | 1,01 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 49 | 11,5 | 20,58 | 48,14 | 19,78 | 14,34 | 25,65 | 60,01 | 1,16 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 50 | 8,4 | 18,31 | 50,88 | 22,41 | 10,83 | 23,60 | 65,57 | 1,38 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 51 | 17,43 | 34,55 | 35,74 | 12,28 | 19,87 | 39,39 | 40,74 | 0,62 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 52 | 21,36 | 32,64 | 34 | 12 | 24,27 | 37,09 | 38,64 | 0,61 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 53 | 25,2 | 31,68 | 30,91 | 12,21 | 28,70 | 36,09 | 35,21 | 0,63 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 54 | 29,06 | 32,38 | 26,57 | 11,99 | 33,02 | 36,79 | 30,19 | 0,61 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 55 | 30,12 | 32,35 | 24,4 | 13,13 | 34,67 | 37,24 | 28,09 | 0,68 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 56 | 32,92 | 33,09 | 21,31 | 12,68 | 37,70 | 37,90 | 24,40 | 0,65 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ |
| 57 | 33,11 | 17,09 | 23,63 | 26,17 | 44,85 | 23,15 | 32,00 | 1,73 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 58 | 35,34 | 14,72 | 23,97 | 25,97 | 47,74 | 19,88 | 32,38 | 1,75 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 59 | 36,9 | 10,93 | 24,21 | 27,96 | 51,22 | 15,17 | 33,61 | 1,99 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 60 | 37,96 | 7,16 | 25,87 | 29,01 | 53,47 | 10,09 | 36,44 | 2,16 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 61 | 37,14 | 4,82 | 27,87 | 30,17 | 53,19 | 6,90 | 39,91 | 2,33 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 62 | 33,2 | 2,89 | 32,82 | 31,09 | 48,18 | 4,19 | 47,63 | 2,47 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 63 | 29,44 | 2,28 | 36,08 | 32,2 | 43,42 | 3,36 | 53,22 | 2,61 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 64 | 24,68 | 1,96 | 40,35 | 33,01 | 36,84 | 2,93 | 60,23 | 2,70 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 65 | 22,86 | 2,09 | 41,71 | 33,34 | 34,29 | 3,14 | 62,57 | 2,73 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 66 | 17,59 | 2,15 | 45,42 | 34,84 | 27,00 | 3,30 | 69,70 | 2,90 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 67 | 11,72 | 2,64 | 49,37 | 36,27 | 18,39 | 4,14 | 77,47 | 3,06 | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |

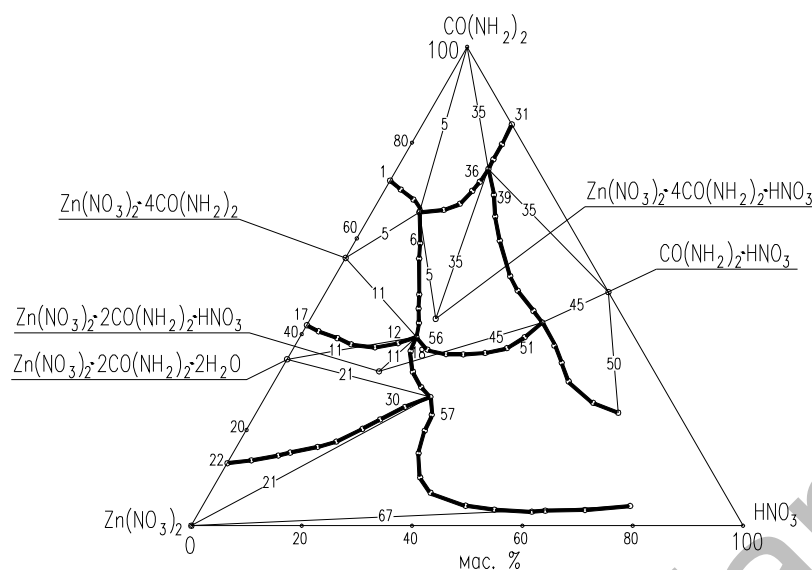


Рис. Центральная проекция изотермы растворимости в системе нитрат цинка–карбамид–азотная кислота–вода при 25 °С

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 1–5, отвечает насыщению растворов карбамидом и тетракарбамидом нитрата цинка. Прибавление в эвтонический раствор системы нитрат цинка–карбамид–вода азотной кислоты до 7,20 % приводит к снижению содержания в жидкой фазе нитрата цинка от 23,18 до 21,63 % и карбамида от 59,82 до 54,66 %.

При концентрации азотной кислоты 7,20 % в твёрдую фазу наряду с исходным эвтоническим составом трехкомпонентной системы выделяется новое соединение — тетракарбамид дигидронитрат нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2 \cdot 2HNO_3$. Водное число при этом незначительно уменьшается — от 0,78 до 0,77, пройдя через минимум 0,74.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 31–35, отвечает одновременному насыщению растворов карбамидом и его нитратом. Прибавление в эвтонический раствор системы карбамид–азотная кислота–вода возрастающих количеств нитрата цинка до 10,38 % приводит к повышению концентрации карбамида в жидкой фазе и образованию в точке 35 нового тройного соединения $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2 \cdot 2HNO_3$. Содержание азотной кислоты в жидкой фазе при совместной кристаллизации карбамида и его нитрата увеличивается от 11,62 до 14,41 %. Водное число уменьшается от 1,40 до 0,51.

Ветвь изотермы, включающая точки 5, 35–38, соответствует кристаллизации из растворов $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2 \cdot 2HNO_3$. Увеличение концентрации азотной кислоты в растворе от 7,20 до 14,41 % на ветви кристаллизации этого соединения приводит к понижению концентрации в растворе нитрата цинка от 21,63 до 10,38 % и увеличению содержания в нём карбамида от 54,66 до 63,21 %.

Значение водного числа на этой ветви кристаллизации уменьшается от 0,77 до 0,51, что указывает на увеличение растворимости нового тройного соединения с ростом концентрации азотной кислоты.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 5–11, отвечает насыщению растворов тетракарбамидом нитрата цинка. Кристаллизация этого двойного соединения сопровождается увеличением концентрации нитрата цинка от 21,63 до 34,09 % и уменьшением концентрации карбамида от 54,66 до 34,02 % в растворе. Концентрация азотной кислоты в этих растворах увеличивается от 7,20 до 18,22 %. Водное число уменьшается от 0,77 до 0,70, проходя через максимум 0,78.

Ветвь изотермы, включающая точки 11–17, отвечает одновременному выделению из насыщенных растворов соединений $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2$ и $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot 2H_2O$. Прибавление в эвтонический раствор системы нитрат цинка–карбамид–вода азотной кислоты до концентрации 18,22 % приводит к понижению содержания в растворе нитрата цинка от 36,33 до 34,09 % и повышению от 26,19 до 34,02 % карбамида. В точке 11 наблюдается образование тройного соединения $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3$. Водное число при этом уменьшается от 2,66 до 0,70.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 35, 39–50, отвечает выделению из насыщенных растворов нитрата карбамида. Кристаллизация этого соединения сопровождается уменьшением содер-

жания нитрата цинка и карбамида в жидкой фазе от 10,38 до 8,40 % и от 63,21 до 18,31 % соответственно. При этом содержание азотной кислоты увеличивается от 14,41 до 50,88 %. Водное число растёт от 0,51 до 1,38. В точке состава 45 наблюдается образование тройного соединения $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3$.

Ветвь изотермы, содержащая точки 11, 45, 51–56, отвечает кристаллизации тройного соединения $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3$. Увеличение концентрации азотной кислоты в растворе вызывает незначительное снижение концентрации нитрата цинка и карбамида.

Ветвь изотермы, включающая точки 11, 18–21, соответствует насыщению растворов дигидратом дикарбамид нитрата цинка. Количество азотной кислоты в растворе увеличивается от 18,22 до 22,75 %, нитрата цинка и карбамида уменьшается от 34,09 до 32,29 и от 34,02 до 19,64 % соответственно. Значение водного числа увеличивается от 0,70 до 1,62.

Прибавление в эвтонический раствор системы нитрат цинка–карбамид–вода возрастающих количеств азотной кислоты до концентрации 22,75 % (точки изотермы 21–30) не оказывает влияния на составы одновременно кристаллизующихся соединений: дигидрат дикарбамид нитрата цинка и гексагидрат нитрата цинка. Рост концентрации в растворе азотной кислоты приводит к уменьшению водного числа от 2,92 до 1,62, содержание нитрата цинка в растворе снижается от 56,12 до 32,29 %, содержание карбамида увеличивается от 8,43 до 19,64 %.

Ветвь изотермы растворимости, включающая точки 21, 57–67, соответствует насыщению растворов исходной солью цинка.

Она выделяется в широком интервале концентраций компонентов из растворов, содержащих нитрат цинка от 32,29 до 11,72 %, карбамид — от 19,64 до 2,64 %, азотную кислоту — от 22,75 до 49,37 %. Водное число с ростом концентрации серной кислоты увеличивается от 1,62 до 3,06.

Итак, при изучении растворимости в четырёхкомпонентной системе нитрат цинка–карбамид–азотная кислота–вода при температуре 25 °C установлено образование и концентрационные пределы кристаллизации из водных растворов известных соединений $CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot 2H_2O$, а также новых координационных тройных соединений составов $Zn(NO_3)_2 \cdot 2CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2 \cdot 2HNO_3$.

References

1. Ryskaliyeva R.G., Yerkasov R.Sh. et al. The interaction of calcium sulfate with protonated urea in aqueous solution at 25 °C // Bulletin of Kazakh State University. — 1996. — № 5–6. — P. 190–191.
2. Yerkasov R.Sh., Nesmeyanova R.M. et al. Interaction in the zinc bromide–hydrobromic acid–urea–water // Bulletin of Karaganda University. Chemistry Series. — Karaganda, 2009. — № 4. — P. 23–28.
3. Yerkasov R.Sh. Physico-chemical basis of the synthesis and properties of inorganic acids compounds with derivatives of acetamide, the prospects for their use: Dr. Chem. of Sciences Dis. — Voronezh, 1992. — 384 p.
4. Klimova V.A. Basic micromethods of organic compounds analysis. — M.: Science, 1975. — 223 p.
5. Schwarzenbach G., Flashka G. Complexometric titration. — M.: Chemistry, 1970. — 360 p.
6. Nurakhmetov N.N. Amideacids. Results of science and technology // VINITI. Ser. Phys. chem. — 1989. — № 4. — 64 p.
7. Sulaimankulov K.S. The compounds of urea with inorganic salts. — Frunze, 1971. — 224 p.