

УДК 541.486.541.11.541.49  
AGRIS P10

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/73/01>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИОДИД БАРИЯ-ГМТА-ВОДА

- ©Алтыбаева Д. Т., ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-код: 6875-5463, д-р хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, [altybaeva\\_d@mail.ru](mailto:altybaeva_d@mail.ru)  
©Абдуллаева Ж. Д., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-код: 1815-7416, канд. хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, [jypar.science@oshsu.kg](mailto:jypar.science@oshsu.kg)  
©Атакулова Б. М., ORCID: 0000-0001-9994-2388, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, [begimaiatakulova@gmail.com](mailto:begimaiatakulova@gmail.com)  
©Джумаева Ж. Ш., ORCID: 0000-0003-1147-3623, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, [jumaevajansuluu@gmail.com](mailto:jumaevajansuluu@gmail.com)  
©Мирзаева М., ORCID: 0000-0001-9032-3185, канд. хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, [mahira.rysbaevna@mail.ru](mailto:mahira.rysbaevna@mail.ru)

## STUDY OF BARIUM IODIDE-HEXAMETHYLENTETRAMIN-WATER SYSTEM

- ©Altybaeva D., ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-code: 6875-5463, Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [altybaeva\\_d@mail.ru](mailto:altybaeva_d@mail.ru)  
©Abdullaeva Zh., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-code: 1815-7416, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [jypar.science@oshsu.kg](mailto:jypar.science@oshsu.kg)  
©Atakulova B., ORCID: 0000-0001-9994-2388, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [begimaiatakulova@gmail.com](mailto:begimaiatakulova@gmail.com)  
©Dzumaeva Zh., ORCID: 0000-0003-1147-3623, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [jumaevajansuluu@gmail.com](mailto:jumaevajansuluu@gmail.com)  
©Mirzaeva M., ORCID: 0000-0001-9032-3185, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [mahira.rysbaevna@mail.ru](mailto:mahira.rysbaevna@mail.ru)

*Аннотация. Актуальность.* В статье изучены гетерогенные равновесия в тройных водных системах  $BaI_2 - (CH_2)_6N_4 - H_2O$ , синтезированные комплексы могут быть применены в качестве антибактериального препарата в ветеринарии. *Материалы и методы исследования:* гетерогенные равновесия были изучены изотермическим методом растворимости при 25 °С. Установлены концентрационные пределы существования соединений и типы их растворимости. *Цели исследования:* определить тип химической связи между комплексообразователем и лигандом, а также общие закономерности термического разложения синтезированных соединений. *Результаты исследования:* изучена и составлена изотерма растворимости системы  $BaI_2 - (CH_2)_6N_4 - H_2O$ . *Выводы:* выявлено влияние анионов на комплексообразование и состав образующихся соединений.

*Abstract. Research relevance* in this article is based on study of heterogeneous equilibria in ternary aqueous systems  $BaI_2 - (CH_2)_6N_4 - H_2O$ , as synthesized complexes can be used as an antibacterial drug in veterinary medicine. *Materials and research methods:* heterogeneous equilibria were studied by the isothermal solubility method at 25 °С. Concentration limits of compounds existence and their solubility types have been established. *Research objectives:* to determine chemical bond types between the complexing agent and the ligand, as well as the general

laws of thermal decomposition of synthesized compounds. *Research results*: the solubility isotherm of the  $BaI_2 - (CH_2)_6N_4 - H_2O$  system has been studied and compiled. *Conclusions*: effect of anions on complexation and composition of resulting compounds were revealed.

*Ключевые слова*: гетерогенные равновесия, изотермический метод, изотерма растворимости, комплексообразователь.

*Keywords*: heterogeneous equilibria, isothermal method, solubility isotherm, complexing agent.

Исследование комплексов биометаллов с ионами брома, иода с фармакофизиологическим лигандом гексаметилентетрамином (ГМТА) позволяет определить их особенности, выявить новые полезные свойства. Йод принадлежит к жизненно важным микроэлементам, который участвует в нормальном функционировании человеческого организма и является структурным компонентом гормонов щитовидной железы [1].

Многие работы, однако, выполнены препаративным методом, не позволяющим определить их концентрационные пределы. Вследствие этого данные о составе эти соединений противоречивы. С точки зрения развития теории координационной химии [2] представляет интерес изучение взаимного влияния лигандов (ГМТА, вода, анионы) на процесс комплексообразования, а также зависимости состава и строение образуемых ими комплексных соединений [3]. Изучение этих вопросов послужит основой для установления общих закономерностей процессов комплексообразования соединений, содержащих ионы металла – органический лиганд – вода, а также их взаимосвязь в последовательности состав – строение – свойства.

Таким образом, необходимым является изучение влияния на комплексообразование галогенидов бария, концентрации компонентов на физико-химические свойства, образующихся соединений, а также выявление закономерностей термодимических превращений полученных соединений, определение температуры разложения, определение химической связи между комплексообразователем и лигандам, что и обуславливает актуальность настоящего исследования.

*Цели и задачи исследования*. Целью работы было установить общие закономерности комплексообразования в тройных водных системах [4], содержащих иодид бария и ГМТА.

#### *Материал и методы исследования*

В статье использованы следующие методы исследования: метод растворимости для изучения гетерогенных равновесий в тройных водных системах иодид бария – ГМТА – вода при 25 °С; определение состава и концентрационных пределов существования соединений, а также установить характер их растворимости, физико-химические свойства синтезированных соединений, наметить пути практического использования полученных соединений.

#### *Растворимость новых соединений в органических растворителях*

Определение растворимости синтезированных соединений проводилось с целью подбора индифферентной жидкости для определения плотности кристаллов. Для этой цели были взяты следующие растворители: бензол, четыреххлористый углерод, ацетон, хлороформ. Определение проводилось следующим образом. Колбу емкостью 50 мл с измельченным испытуемым комплексом, который заливали органической жидкостью до получения насыщенного раствора, помещали в термостат, где выдерживали в течение суток с

периодическим перемешиванием при 25 °С. После этого во взвешенные бюксы отфильтровывали и взвешивали часть растворителя. Затем фильтрат выпаривали и вес бюкса доводили до постоянного значения.

### Результаты и обсуждение

Гексаметиленetetрамин, (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>N<sub>4</sub>(ГМТА), являющийся производным формальдегида, впервые был получен в 1859 г. А. М. Бутлеровым в реакции взаимодействия газообразного аммиака с параформальдегидом [5]. А. В. Гофманом [6] в 1869 г. была представлена реакция, получения ГМТА из водного раствора формальдегида и газообразного аммиака. Эта реакция имеет следующий вид:



В настоящее время гексаметиленetetрамин получают пропуская газообразного аммиака (при температуре 20, 100, 150 °С) через 30%-ный раствор формалина, содержащего 1–2% метанола. ГМТА — бесцветное, не имеющее запаха кристаллическое вещество со сладковатым вкусом, кристаллизуется при обычных условиях из водных растворов в безводной форме, в виде ромбических додекаэдров. Изотерма растворимости системы BaI<sub>2</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>N<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O. Результаты исследования растворимости приведены в Таблице 1 и представлены на Рисунке.

Таблица 1

ИЗОТЕРМА РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ BaI<sub>2</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>N<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O при 25 °С

№ точки	Состав жидкой фазы			Состав твердого остатка			Молекулярный состав твердых фаз
	масс.%			масс.%			
	BaI <sub>2</sub>	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>	Z солей	BaI <sub>2</sub>	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>	Z солей	
1	68,60	—	68,60	78,34	—	78,34	BaI <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O
2	—	—	—	76,70	0,2	76,91	BaI <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O
3	56,02	4,28	60,30	—	0,43	77,13	BaI <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O
4				71,65	0,04	78,69	BaI <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O
5				58,12	22,10	80,22	BaI <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O + BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
6				50,80	24,26	75,06	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
7	51,32	5,21	56,53	48,96	25,26	74,22	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
8	44,11	7,98	52,09	46,78	26,23	72,01	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
9	37,68	11,81	49,49	44,19	25,70	69,98	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
10	31,69	15,63	47,32	41,00	26,41	67,41	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
11	25,66	21,14	46,80	39,96	29,63	69,59	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
12	2,09	27,31	49,40	38,25	31,86	60,09	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
13				40,00	35,46	75,46	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
14				29,41	47,14	76,55	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O
15	20,98	38,02	59,00	21,13	57,98	79,11	BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O + (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
16							BaI <sub>2</sub> × 2(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub> × 8H <sub>2</sub> O + (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
17	14,43	38,58	53,01	2,01	92,00	94,01	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
18	10,55	40,59	51,09	1,02	93,12	94,14	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
19	5,50	43,19	48,69	0,80	93,71	94,51	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
20	—						(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>
21	47,00	47,00	—	100,00	100,00	—	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>

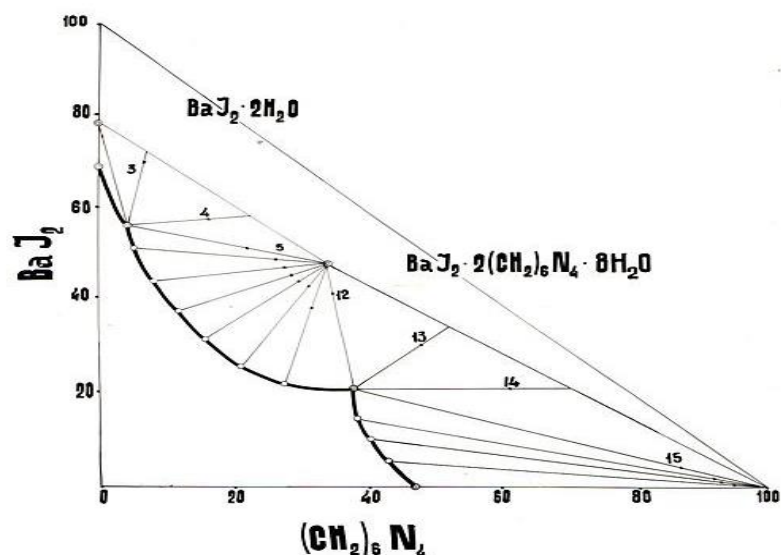


Рисунок. Изотерма растворимости  $\text{BaI}_2 - (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 - \text{H}_2\text{O}$  при 25 °С.

Как видно из Рисунка, изотерма растворимости системы характеризуется тремя ветвями кристаллизации. Крайние две ветви отвечает выделению в твердую фазу исходных компонентов: шестиводного иодида бария, растворимость которого равна 66,80% и гексаметиленetetрамина. В области средней ветви (точки 5–12), соответствующей следующей концентрации исходных компонентов: иодида бария 55,02–20,98%, ГМТА 4,28–38,02%, в твердую фазу выделяется новое соединение  $\text{BaI}_2 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , растворимое в воде конгруэнтно.

#### *Исследование термической устойчивости соединений*

Исследование термической устойчивости соединения в Таблице 2 сопровождалось изучением ИК-спектров остатков, что позволило качественно расшифровать многие термоэффекты: дериватограмма ГМТА характеризуется двумя эффектами. Первый эффект при 282° соответствует возгонке ГМТА. При дальнейшем повышении температуры наблюдается незначительное разложение ГМТА. Экзотермический эффект при 530°, вероятно, обусловлено окислением оставшегося углерода.

Таблица 2

#### ТЕРМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ СОЕДИНЕНИЯ ГМТА С ИОДИДОМ БАРИЯ

Формулы соединения	Термоэффекты	Выводы
$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	282°	Возгонка с незначительным разложением
$\text{BaI}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (лит.)	99°	Обезвоживание
$\text{BaI}_2 \times (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$	160° 246° 274°	Ступенчатая дегидратация Разложение комплекса

### Выводы

Выделенные соединения подвергали обезвоживанию, а затем снимали спектры поглощения в вазелиновом масле. На ИК-спектрах обезвоживание основные полосы валентных колебаний ГМТА расщеплены.

Это подтверждает то, что ГМТА в данном соединении с ионом металла связан одним атомом азота, показывая координационную емкость, равную одному.

Таким образом мы приходим к выводу, что отсутствие расщепления не является основанием для подтверждения того, что ГМТА связан четырьмя атомами азота, а следует отметить наличие двух различных типов связи молекул воды в комплексе.

### Список литературы:

1. Трошина Е. А., Платонова Н. М. Метаболизм йода и профилактика йододефицитных заболеваний у детей и подростков // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. №3. С. 66-75.
2. Михайлов О. В. Структура вещества и теории химических процессов. «Координационное соединение» // Вестник Казанского технологического университета. 2003. №1. С. 7-10.
3. Сироткин О. С., Сироткин Р. О., Татаринцева Т. Б. Комплексные соединения в рамках системной классификации химических веществ // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. №11. С. 11-17.
4. Трошанин Н. В., Бычкова Т. И. Гетеролигандные комплексы кобальта (II) с гидразидами некоторых ароматических кислот и L-гистидином // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2019. Т. 161. №1. С. 31-41. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.1.31-41>
5. Бердонос Д. Ю., Гуменюк Г. Я., Тарасов К. С. Разработка генератора газообразного формальдегида и метода анализа формальдегида в газовой и ж-фазе, образующихся при работе генератора // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2007. №2. С. 66-69.
6. Арбузов А. Е. Краткий очерк развития органической химии в России. М.; Л., 1948. 224 с.

### References:

1. Troshina, E. A., & Platonova, N. M. (2008). Iodine metabolism and prophylaxis of iodine-deficient diseases in children and adolescents. *Current Pediatrics (Moscow)*, 7(3), 66-75. (in Russian).
2. Mikhailov, O. V. (2003). Struktura veshchestva i teorii khimicheskikh protsessov. "Koordinatsionnoe soedinenie". *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (1), 7-10. (in Russian).
3. Sirotkin, O. S., Sirotkin, R. O., & Tatarintseva, T. B. (2017). Kompleksnyye soedineniya v ramkakh sistemoi klassifikatsii khimicheskikh veshchestv. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 20(11), 11-17. (in Russian).
4. Troshanin, N. V., & Bychkova, T. (2019). Heteroligand cobalt (II) complexes with some aromatic acid hydrazides and L-histidine. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 161(1), 31-41. (in Russian). <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.1.31-41>

5. Berdonosov, D. Yu., Gumenyuk, G. Ya., & Tarasov, K. S. (2007). Razrabotka generatora gazoobraznogo formal'degida i metoda analiza formal'degida v gazovoi i k-faze, obrazuyushchikhsya pri rabote generatora. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*, (2), 66-69. (in Russian).

6. Arbuzov, A. E. (1948). *Kratkii ocherk razvitiya organicheskoi khimii v Rossii*. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 15.11.2021 г.*

*Принята к публикации  
17.11.2021 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Алтыбаева Д. Т., Абдуллаева Ж. Д., Атакулова Б. М., Джумаева Ж. Ш., Мирзаева М. Исследование системы иодид бария-ГМТА-вода // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №12. С. 19-24. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/73/01>

*Cite as (APA):*

Altybaeva, D., Abdullaeva, Zh., Atakulova, B., Dzumaeva, Zh., & Mirzaeva, M. (2021). Study of Barium Iodide-Hexamethylentetramin-Water System. *Bulletin of Science and Practice*, 7(12), 19-24. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/73/01>