

УДК 546.212:546.47
AGRIS P33

https://doi.org/10.33619/2414-2948/101/05

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВАЛИНА С ХЛОРИДАМИ БИОМЕТАЛЛОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ ПРИ 25°C

©**Бекташева У. К.**, ORCID: 0000-0002-7947-5206, Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан, umsunaibektasheva2@gmail.com

©**Алтыбаева Д. Т.**, ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-код: 6875-5463,
Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, 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

©**Матаипова А. К.**, ORCID: 0000-0001-6326-508X, SPIN-код: 8214-3163, канд. хим. наук,
Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, mataipova@list.ru,

INTERACTION OF VALINE WITH BIOMETAL CHLORIDES IN AN AQUEOUS ENVIRONMENT AT 25°C

©**Bektasheva U.**, ORCID: 0000-0002-7947-5206, Osh State University,
Osh, Kyrgyzstan, umsunaibektasheva2@gmail.com

©**Altybaeva D.**, ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-code: 6875-5463,
Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, 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

©**Mataipova A.**, ORCID: 0000-0001-6326-508X, SPIN-code: 8214-3163, Ph.D., Osh State
University, Osh, Kyrgyzstan, mataipova@list.ru

Аннотация. Исследования в области медицинской биологии и фармакологии могут расширить понимание о взаимодействии биометаллов с аминокислотами, которые являются ключевыми компонентами биологических систем. Это может привести к разработке новых комплексов, которые могут быть использованы в медицине, например, для разработки новых препаратов с антимикробной активностью или для поддержания равновесия метаболизма в организме. *Цель исследования:* получение комплексных соединений биометаллов, хлорида кобальта, хлорида никеля и хлорида марганца с аминокислотой валин а также изучение их физико-химических и биологических свойств. Для анализа был использован метод Кьельдаля для определения содержания азота. Состав образованных кристаллов был проанализирован ИК спектроскопией. Строение и форма кристаллов кобальта, никеля и марганца были определены микроскопом. Индивидуальность полученных соединений подтверждена методом ИК спектроскопии и микроскопическим анализами. Можно сделать вывод о том, что валин в комплексе координирован к ионам металла через атомы кислорода карбоксильной и азота аминной групп.

Abstract. Research in medical biology and pharmacology can expand understanding of the interactions of biometals with amino acids, which are key components of biological systems. This may lead to the development of new complexes that can be used in medicine, for example, to develop new drugs with antimicrobial activity or to maintain metabolic balance in the body. *Research purpose:* obtaining complex compounds of biometals, cobalt chloride, nickel chloride and manganese chloride with the amino acid valine, as well as the study of their physicochemical and biological properties. For the analysis, the Kjeldahl method was used to determine the nitrogen

content. The composition of the formed crystals was analyzed by IR spectroscopy. The structure and shape of cobalt, nickel and manganese crystals were determined using a microscope. The identity of the obtained compounds was confirmed by IR spectroscopy and microscopic analyses. We can conclude that valine in the complex is coordinated to metal ions through the oxygen atoms of the carboxyl and nitrogen groups of the amine groups.

Ключевые слова: валин, хлориды биометаллов, растворимость, ИК-спектры, лиганд.

Keywords: valine, biometal chlorides, solubility, IR spectra, ligand.

Изучение влияния соединений аминокислот на химические и биологические свойства неорганических веществ имеет большое значение. Оно раскрывает, что при формировании таких соединений происходит изменение биологической активности аминокислот, которая в свободной форме для них не характерна. С другой стороны, соединения аминокислот с металлами и неметаллами приобретают новые химические и биологические свойства, становясь менее токсичными и способствуя катализу различных биохимических процессов. В результате, на основе таких соединений возможно создание новых коферментных препаратов, биокатализаторов, а также разработка новых лекарственных средств и добавок, способствующих улучшению качества пищевых продуктов, так как они включены в состав многих ферментов и могут использоваться для более глубокого изучения жизненно важных биохимических процессов.

Интерес к соединениям аминокислот с неорганическими веществами возник сравнительно недавно. В этой области первым исследователем стал А. Albert в 1953 году. Он обнаружил, что витамин В₂ (рибофлавин) и витамин В₃ (фолиевая кислота) могут образовывать комплексные соединения с ионами переходных металлов, подобные оксихинолину, и определил константы устойчивости таких соединений в водных растворах. Это исследование подтвердило, что соединения витаминов и аминокислот с металлами подчиняются общим законам координационной химии и могут быть изучены методами этой науки. Кроме того, в [1] впервые указано на важную роль соединений металлов с аминокислотами в механизме действия ферментов. Важным этапом было также открытие витамина В₁₂ и его определение как комплексного соединения с кобальтом, что было сделано в 1971 году [2].

Аминокислоты представляют собой гетерофункциональные соединения, включающие карбоксильную группу и аминогруппу в их молекуле. Они проявляют кристаллические свойства и растворимы в воде, однако оказываются малорастворимыми в органических растворителях и подвержены плавлению при повышенных температурах, при этом распадаясь. Интересно, что многие из них обладают сладким вкусом.

Наибольшее значение в аминокислотах имеют альфа-аминокислоты, среди которых 20 являются особенно важными, поскольку они входят в состав белков и выполняют ключевые функции в жизнедеятельности организма. Каждая аминокислота [3, 4] содержит, по меньшей мере, две ионизированные группы: аминную и карбоксильную. Кроме того, аминокислоты могут содержать и другие функциональные концевые группы, такие как амидная группа (NH₂), что предоставляет им различные реакционные центры, способные связывать протоны и ионы металлов.

Образование комплексов аминокислот с неорганическими веществами приводит к изменению их химических и биологических свойств. Витамины, включенные в такие соединения, обнаруживают биологическую активность. Комплексы металлов с

аминокислотами могут быть менее токсичными и способствовать различным биохимическим процессам. Это позволяет создавать новые препараты, биокатализаторы, лекарства и биологически активные добавки [5–7].

Кобальт занимает особое положение среди микроэлементов в контексте физиологической активности в организме человека. Следовательно, вопрос об обеспечении организма кобальтом сводится в первую очередь к источникам и усвоению витамина В₁₂, а не самого кобальта [8, 9].

Никель также участвует в процессах кроветворения. Особое внимание уделяется свойствам никеля как потенциального канцерогена. В настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение физиологической роли никеля и его воздействия на здоровье в зависимости от окружающей среды [10].

Марганец является микроэлементом, крайне важным для течения множества физиологических процессов, включающих метаболизм аминокислот, липидов, белка, углеводов, необходимый для нормального функционирования иммунной системы, регуляции внутриклеточных энергетических процессов и свертывания крови, роста костной и соединительной тканей [11, 12].

Материалы и методы исследования

Для обеспечения достоверности полученных результатов проводились комплексные анализы данных при использовании наиболее современных и актуальных научно-исследовательских методов, и инструментов.

Все эксперименты выполнялись с повторяемостью не менее 5 раз, чтобы обеспечить надежность данных.

Опыты проводились с использованием реактивов $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ Н525-77) ч., $\text{NiCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4038-79) х. ч., $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 612-75) ч. д. а.

Состав и строение образованных кристаллов были анализированы ИК спектроскопией и микроскопом.

Результаты и обсуждение

Глубина образования комплексов в растворе, в контексте взаимодействия с растворителем, существенно зависит от качества связи между центральным ионом и лигандом. Эта прочность связи зависит от нескольких факторов, включая природу металла, его степень окисления, электронную структуру и размеры его электронных оболочек, а также химические свойства лиганда. Меньшие радиусы и более высокие заряды ионов комплексообразующего металла способствуют образованию более прочных комплексов, особенно в случае электростатического взаимодействия [13].

Биологическая значимость кобальта существенно связана с его участием в активации витамина В₁₂ и процессах, которые связаны с образованием метильных групп, а также повышением термостабильности группы SH в белках и поддержанием активности кофермента А и других биологически активных молекул [14].

Витамин В₁₂ играет ключевую роль в процессе эритропоэза, и его недостаток, в сочетании с дефицитом фолиевой кислоты (витамина В₉), вызванным отсутствием в желудочном соке специфического гликопротеина, известного как «внутренний фактор», может привести к развитию мегалобластических анемий, включая пернициозную анемию [14].

Дефицит кобальта может также замедлить биохимическую реакцию, отвечающую за превращение рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды и снизить синтез ДНК [15].

Состав образованных комплексных соединений идентифицирован ИК спектроскопией после чего были выделены спектры поглощения комплексных соединений (Рисунок 1).

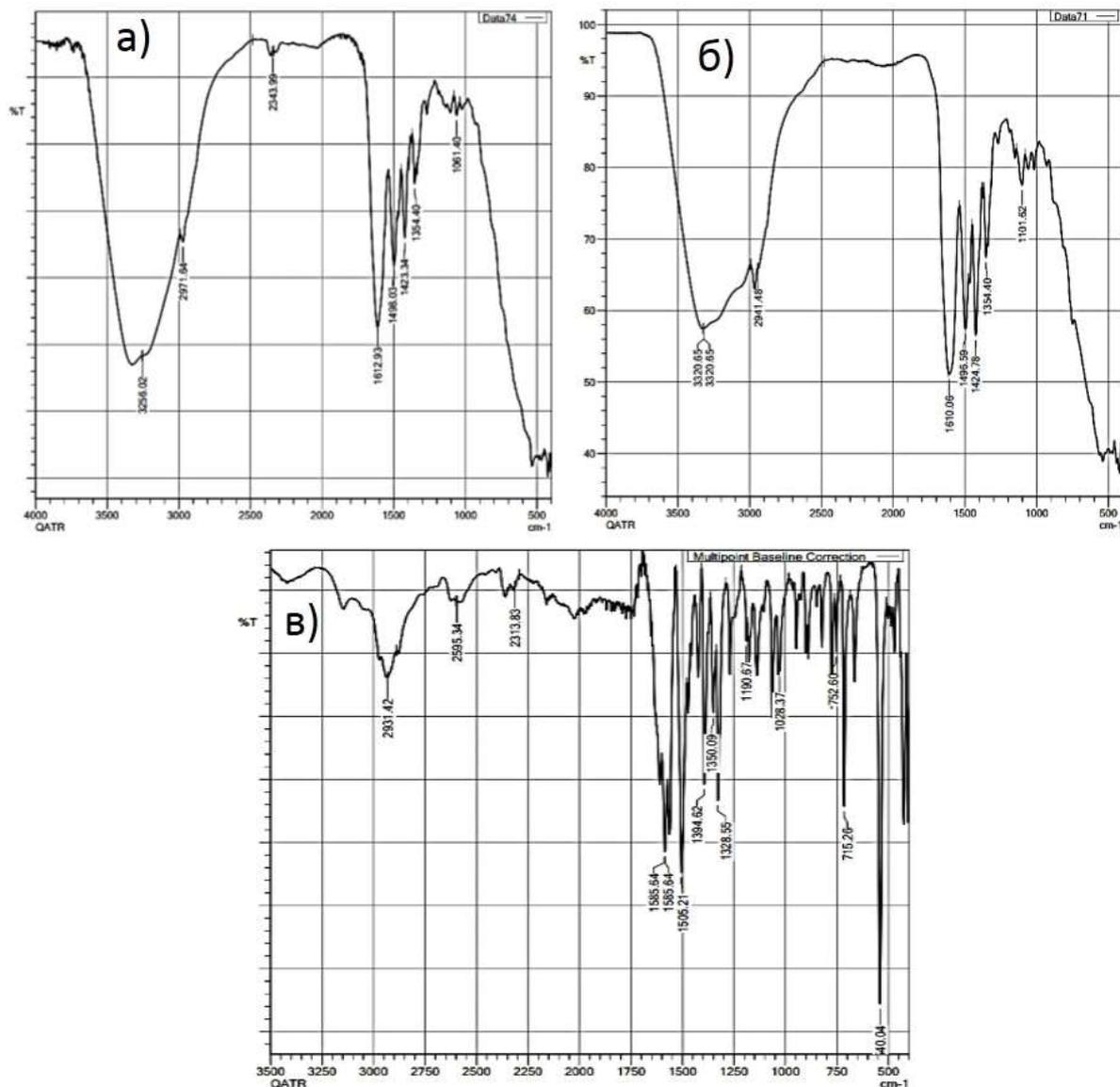


Рисунок 1. ИК-спектры поглощения комплексных соединений: а) хлорида кобальта с валином $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$; б) хлорида никеля с валином $\text{NiCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$; в) хлорида марганца с валином $\text{MnCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$

Колебательные частоты комплексного соединения хлорида никеля с валином $\text{NiCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ даны на Таблице. Микроскопическое строение кристаллов комплексного соединения хлорида кобальта с валином $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ изображены на Рисунке 2.

В ИК-спектре нового комплексных соединений $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$, $\text{NiCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ и $\text{MnCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ в длинноволновой области проявляющиеся пики 2931, 3256, 3320 cm^{-1} соответствуют валентному колебанию аминогруппы, что свидетельствует о коомплексообразовании, в котором принимает участие аминогруппа. Кроме того, наблюдается сдвиг полосы поглощения валентного колебания карбоксильной группы (ν_{asCOO^-}) на 60 cm^{-1} , т. е. смещена в низкочастотную область от 1564 cm^{-1} до 1612 cm^{-1} , что подтверждает возможность коомплексообразования через атом кислорода карбоксильной группы.

Таблица
 ОСНОВНЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЧАСТОТЫ (cm^{-1}) в ИК-спектрах валина и новых комплексных соединений $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$, $\text{NiCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ и $\text{MnCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$.

Отнесение	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	$\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$
$\nu_{as}(\text{NH}_2)$	—	3256,02
$\nu_s(\text{NH}_2)$	2973,08	2971,64
$\nu_{as}(\text{COO}^-)$	1564,10	1612,94
$\nu_s(\text{COO}^-)$	1328,55	1498,03
$\delta_{as}(\text{NH}_2)$	—	1354,40
$\delta_s(\text{NH}_2)$	1064,28	1061,40
Отнесение	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	$\text{NiCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$
$\nu_{as}(\text{NH}_2)$	—	3320,65
$\nu_s(\text{NH}_2)$	2979,08	2941,48
$\nu_{as}(\text{COO}^-)$	1564,10	1610,06
$\nu_s(\text{COO}^-)$	1328,55	1424,78
$\delta_{as}(\text{NH}_2)$	—	1354,40
$\delta_s(\text{NH}_2)$	1064,28	1101,62
Отнесение	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	$\text{MnCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$
$\nu_{as}(\text{NH}_2)$	—	2931,42
$\nu_s(\text{NH}_2)$	2979,08	2595,34
$\nu_{as}(\text{COO}^-)$	1564,10	1585,64
$\nu_s(\text{COO}^-)$	1328,55	1394,64
$\delta_{as}(\text{NH}_2)$	—	1028,3
$\delta_s(\text{NH}_2)$	1064,28	715,26

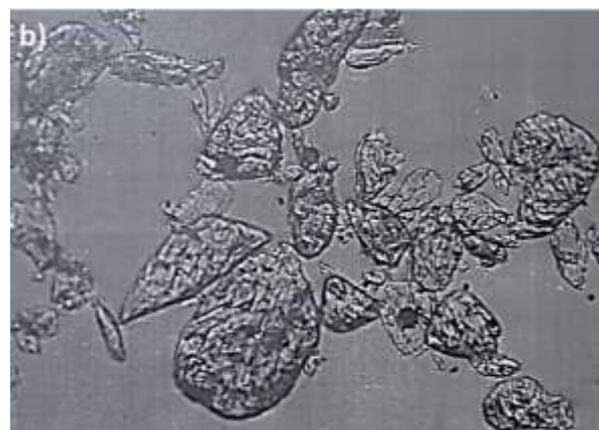


Рисунок 2. Строение кристаллов: а) аминокислоты валина; б) комплексного соединения хлорида кобальта с валином $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$

Выводы

ИК-спектры валина и комплексного соединения $\text{CoCl}_2 \times 2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ свидетельствуют о том, что химическая связь между металлом и лигандом осуществляется через атомы кислорода карбоксильной и азота аминной групп.

Синтезированы комплексные соединения на основе хлоридов марганца, никеля, кобальта в соотношении 1:2.

Микроскопическим методом сняты кристаллы $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$.

Список литературы:

1. Albert A. Quantitative studies of the avidity of naturally occurring substances for trace metals. 3. Pteridines, riboflavin and purines // *Biochemical Journal*. 1953. V. 54. №4. P. 646. <https://doi.org/10.1042%2Fbj0540646>
2. Smith A. D., Warren M. J., Refsum H. Vitamin B12 // *Advances in food and nutrition research*. 2018. V. 83. P. 215-279. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.11.005>
3. Newman J. M., Bear C. A., Hambley T. W., Freeman H. C. Structure of bis (glycinato) zinc (II) monohydrate, a five-coordinate zinc (II) complex // *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*. 1990. V. 46. №1. P. 44-48. <https://doi.org/10.1107/S0108270189005664>
4. Steren C. A., Calvo R., Piro O. E., Rivero B. E. Molecular structure of bis (L-leucinato) zinc (II) and single-crystal EPR spectra of the substitutionally copper (II)-63-doped complex // *Inorganic Chemistry*. 1989. V. 28. №10. P. 1933-1938. <https://doi.org/10.1021/ic00309a032>
5. Литвинова Т. Н., Выскубова Н. К., Ненашева Л. В. Биогенные элементы. Комплексные соединения. Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. 283 с.
6. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965. 216 с.
7. Фридман Я. Д., Кебец Н. М., Усубалиев Д. У. Об устойчивости соединений солей металлов с аминокислотами // *Журнал неорганической химии*. 1990. Т. 35. №1. С. 2868.
8. Мелентьева Г. А. Антонова Л. Фармацевтическая химия. М. Медицина, 1993. 575 с.
9. Vanerjee R. (ed.). *Chemistry and Biochemistry of B12*. John Wiley & Sons, 1999.
10. Ершов Ю. А., Плетнева Е. В.. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Химия, 1989. 350 с.
11. Азизов М. А. О комплексных соединениях некоторых микроэлементов с биоактивными веществами. Ташкент: Медицина, 1969. 200 с.
12. Erikson K. M., Aschner M. Manganese neurotoxicity and glutamate-GABA interaction // *Neurochemistry international*. 2003. V. 43. №4-5. P. 475-480. [https://doi.org/10.1016/S0197-0186\(03\)00037-8](https://doi.org/10.1016/S0197-0186(03)00037-8)
13. Гликина Ф. Б., Ключников Н. Г. Химия комплексных соединений. М.: Просвещение, 1982. 160 с.
14. Hill H. A. O. Metals, models, mechanisms, microbes and medicine // *Chemistry in Britain*. 1976. V. 12. №4. P. 119-123.
15. Frieden E. The evolution of metals as essential elements [with special reference to iron and copper] // *Protein-metal interactions*. 1974. P. 1-31. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0943-7_1

References:

1. Albert, A. (1953). Quantitative studies of the avidity of naturally occurring substances for trace metals. 3. Pteridines, riboflavin and purines. *Biochemical Journal*, 54(4), 646. <https://doi.org/10.1042%2Fbj0540646>
2. Smith, A. D., Warren, M. J., & Refsum, H. (2018). Vitamin B12. *Advances in food and nutrition research*, 83, 215-279. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.11.005>
3. Newman, J. M., Bear, C. A., Hambley, T. W., & Freeman, H. C. (1990). Structure of bis (glycinato) zinc (II) monohydrate, a five-coordinate zinc (II) complex. *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*, 46(1), 44-48. <https://doi.org/10.1107/S0108270189005664>

4. Steren, C. A., Calvo, R., Piro, O. E., & Rivero, B. E. (1989). Molecular structure of bis (L-leucinato) zinc (II) and single-crystal EPR spectra of the substitutionally copper (II)-63-doped complex. *Inorganic Chemistry*, 28(10), 1933-1938. <https://doi.org/10.1021/ic00309a032>
5. Litvinova, T. N., Vyskubova, N. K., & Nenasheva, L. V. (2009). Biogennye elementy. Kompleksnyye soedineniya.: Rostov-na-Donu. (in Russian).
6. Nakanisi, K. (1965). Infракрасные спектры i stroenie organicheskikh soedinenii. Moscow. (in Russian).
7. Fridman, Ya. D., Kebets, N. M., & Usubaliev, D. U. (1990). Ob ustoichivosti soedinenii solei metallov s aminokislotami. *Zhurnal neorganicheskoi khimii*, 35(1), 2868. (in Russian).
8. Melent'eva, G. A. & Antonova, L. (1993). Farmatsevticheskaya khimiya. Moscow. (in Russian).
9. Banerjee, R. (Ed.). (1999). *Chemistry and Biochemistry of B12*. John Wiley & Sons.
10. Ershov, Yu. A., & Pletneva, E. V. (1989). Mekhanizmy toksicheskogo deistviya neorganicheskikh soedinenii. Moscow. (in Russian).
11. Azizov, M. A. (1969). O kompleksnykh soedineniyakh nekotorykh mikroelementov s bioaktivnymi veshchestvami. Tashkent. (in Russian).
12. Erikson, K. M., & Aschner, M. (2003). Manganese neurotoxicity and glutamate-GABA interaction. *Neurochemistry international*, 43(4-5), 475-480. [https://doi.org/10.1016/S0197-0186\(03\)00037-8](https://doi.org/10.1016/S0197-0186(03)00037-8)
13. Glikina, F. B., & Klyuchnikov, N. G. (1982). Khimiya kompleksnykh soedinenii. Moscow. (in Russian).
14. Hill, H. A. O. (1976). Metals, models, mechanisms, microbes and medicine. *Chemistry in Britain*, 12(4), 119-123.
15. Frieden, E. (1974). The evolution of metals as essential elements [with special reference to iron and copper]. *Protein-metal interactions*, 1-31. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0943-7_1

Работа поступила
в редакцию 06.03.2024 г.

Принята к публикации
14.03.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Бекташева У. К., Алтыбаева Д. Т., Абдуллаева Ж. Д., Матаипова А. К. Взаимодействие валина с хлоридами биометаллов в водной среде при 25°C // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №4. С. 41-47. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/101/05>

Cite as (APA):

Bektasheva, U., Altybaeva, D., Abdullaeva, Zh., & Mataipova, A. (2024). Interaction of Valine with Biometal Chlorides in an Aqueous Environment at 25°C. *Bulletin of Science and Practice*, 10(4), 41-47. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/101/05>