

УДК 543. 546. 881

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВАНАДИЯ(V) С 4-(2',3',4'-ТРИГИДРОКСИФЕНИЛ)-3-НИТРО-5-СУЛЬФОАЗОБЕНЗОЛОМ В ПРИСУТСТВИИ КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

© 2024 г. В. И. Марданова^{a, *}, Х. Д. Нагиев^a, Ф. М. Чырагов^a

^aБакинский государственный университет, химический факультет,
ул. З. Халилова 23, 1148 Баку, Азербайджан

*E-mail: vusala_chem@mail.ru

Поступила в редакцию 22.01.2024 г.

После доработки 10.05.2024 г.

Принята к публикации 15.05.2024 г.

Исследовано комплексообразование ванадия(V) с 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензолом (R) в присутствии катионных поверхностно-активных веществ (КПАВ) — хлорида цетилпиридиния (ЦПСи), бромида цетилпиридиния (ЦПБр) и бромида цетилтриметиламмония (ЦТМАВр). Ванадий(V) с R при соотношении компонентов 1 : 2 и pH 5.0–5.5 образует окрашенный комплекс, который обладает максимальным светопоглощением при 449 нм; реагент в этих условиях поглощает свет при 395 нм. В присутствии КПАВ образуются смешаннолигандные комплексы с соотношением компонентов V(V) : R : КПАВ = 1 : 2 : 2, при этом происходит bathochromный сдвиг максимума в спектре поглощения, а значение pH максимального образования комплекса сдвигается в более кислую среду по сравнению с однороднолигандным комплексом V(V)—R. Светопоглощение комплексов V(V) : R : ЦПСи, V(V) : R : ЦПБр и V(V) : R : ЦТМАВр максимально при 457, 461 и 466 нм соответственно. Выход комплексов максимален при pH 3.5–4.0 (V(V) : R : ЦПСи и V(V) : R : ЦПБр) и при pH 2.5–3.0 (V(V) : R : ЦТМАВр). На образование однородно- и смешаннолигандных комплексов ванадия(V) влияют время реакции, температура и концентрации реагирующих компонентов. Найденные значения констант устойчивости доказали высокую устойчивость образующихся смешаннолигандных комплексов. Методом кондуктометрического титрования определена удельная электропроводность комплексов в оптимальных условиях комплексообразования. Градуировочные графики для определения ванадия(V) в виде однородно- и смешаннолигандных комплексов линейны. Проанализировано влияние посторонних ионов и маскирующих веществ на определение V(V) в виде однородно- и смешаннолигандных комплексов и показано, что в присутствии КПАВ значительно увеличивается избирательность реакции. Анализ по разработанной методике проб воды из озера Ханбулана, Ленкоранский район Азербайджанской Республики, показал присутствие небольших количеств ванадия(V).

Ключевые слова: ванадий(V), 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензол, катионные поверхностно активные вещества, хлорид цетилпиридиния, бромид цетилпиридиния, бромид цетилтриметиламмония, вода озера Ханбулана.

DOI: 10.31857/S0044450224100055, EDN: TFLFLP

Ванадий и его соединения применяют в промышленности для придания определенных свойств стали, в качестве добавок к сплавам, катализаторов, они находят широкое применение в полупроводниковой и лакокрасочной промышленности. Оксиды ванадия используются как ингибиторы в биологических системах при синтезе белков и аминов для регулирования нормы сахара, одна-

ко их высокие концентрации оказывают на живые организмы токсическое воздействие. Известно [1–19], что для определения макроколичеств ванадия(V) практический интерес представляют органические реагенты, особенно азосоединения, синтезированные на основе одно- и многоатомных фенолов.

В представленной работе исследовано комплексообразование ванадия(V) с 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензолом в присутствии катионных поверхностно-активных веществ (КПАВ) — хлорида цетилпиридиния (ЦПСИ), бромида цетилпиридиния (ЦПБр) и бромида цетилтриметиламмония (ЦТМАБр) и разработана методика спектрофотометрического определения микроколичеств ванадия в воде озера Ханбулана, Ленкоранский район Азербайджанской Республики.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Растворы и реагенты. 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензол (R) (схема 1) синтезировали по методике [20]. Состав и строение реагента устанавливали методами элементного анализа и ИК-спектроскопии: вычислено, %: С — 48.81; Н — 3.05; N — 4.75; О — 43.39; найдено, %: С — 48.85; Н — 3.09; N — 4.79; О — 43.45; ИК-спектры, см^{-1} : 1440 ($-\text{N}=\text{N}-$); 3500–3450 ($\text{Ar}-\text{OH}$); 1350–1320 ($\text{C}-\text{NO}_2$); 1160–1140 ($\text{C}-\text{SO}_3\text{H}$).

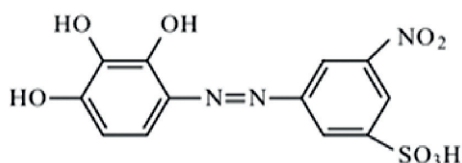


Схема 1. Структурная формула 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензола.

Реагент хорошо растворим в дистиллированной воде. Использовали 1.0×10^{-3} М раствор реагента и растворы КПАВ — хлорида цетилпиридиния, бромида цетилпиридиния и бромида цетилтриметиламмония, которые готовили растворением соответствующих навесок в дистиллированной воде. 1.0×10^{-2} М раствор ванадия(V) получали растворением навески NH_4VO_3 в H_2SO_4 (1 : 1) с последующим разбавлением дистиллированной водой [21]. Рабочий 5.0×10^{-4} М раствор готовили разбавлением дистиллированной водой. Для создания необходимой кислотности использовали ацетатно-аммиачные буферные растворы (рН 3–11) и фиксанал HCl (рН 0–2). Все использованные реагенты имели квалификацию не ниже ч. д. а.

Аппаратура. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре Lambda-40 с компьютерным обеспечением (Perkin Elmer, США) в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см. Кислотность растворов измеряли иономером РНS-25, настроенным по стандартным буферным растворам. Удельную электропроводность растворов комплексов измеряли на кондуктометре КЭЛ-1М2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Спектры поглощения 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензола и его

однородно- и смешаннолигандных комплексов с ванадием(V) приведены на рис. 1. Как видно, светопоглощение реагента максимально при 395 нм, а его однороднолигандного комплекса с ванадием(V) — при 449 нм. При введении КПАВ в раствор $\text{V(V)}-\text{R}$ образуются смешаннолигандные комплексы, при этом наблюдается bathochromic сдвиг по сравнению со спектрами однороднолигандных комплексов $\text{V(V)}-\text{R}$. Светопоглощение смешаннолигандных комплексов $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПСИ}$, $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПБр}$ и $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦТМАБр}$ максимально при 457, 461 и 466 нм соответственно.

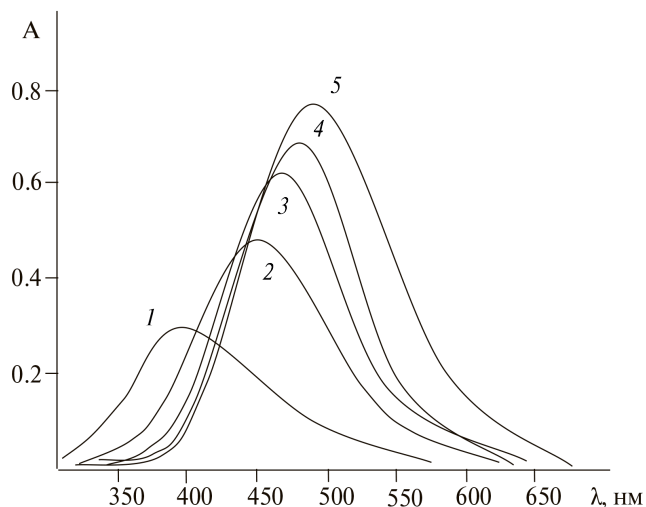


Рис. 1. Спектры светопоглощения экстрактов комплексов ванадия(V) при $\text{pH}_{\text{опт}}$. 1 — R, 2 — $\text{V(V)}-\text{R}$, 3 — $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПСИ}$, 4 — $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПБр}$, 5 — $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦТМАБр}$. $c_V = 2.0 \times 10^{-5}$ М, $c_R = 8.0 \times 10^{-5}$ М, $c_{\text{КПАВ}} = 1.0 \times 10^{-4}$ М, Lambda-40 , $\ell = 1.0$ см.

Однороднолигандный комплекс $\text{V(V)}-\text{R}$ образуется при рН 1.0–8.0 (рис. 2), его выход максимален при рН 5.0–5.5 (кривая 1). При образовании смешаннолигандных комплексов $\text{pH}_{\text{опт}}$ сдвигается в более кислую область. Так, выход комплексов $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПСИ}$ и $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦПБр}$ максимален при рН 3.5–4.0 (кривые 2 и 3), а комплекса $\text{V(V)}-\text{R}-\text{ЦТМАБр}$ при рН 2.5–3.0 (кривая 4).

Изучено влияние концентрации реагирующих компонентов, температуры и времени реакции на образование однородно- и смешаннолигандных комплексов. Все комплексы образуются сразу после смешивания растворов компонентов и различаются устойчивостью. Так, если комплекс $\text{V(V)}-\text{R}$ устойчив при нагревании до 50°C в течение 2 ч, то смешаннолигандные комплексы устойчивы в течение более суток и при нагревании до 80°C . Выход однороднолигандного комплекса $\text{V(V)}-\text{R}$ максимален при концентрации реагента 8.0×10^{-5} М, при этом оптическая плотность раствора постоянна при 4–10-кратном молярном избытке реагента. Выход смешаннолигандных комплексов $\text{V(V)}-\text{R}-\text{КПАВ}$ максимален при концентрации реагента 6.0×10^{-5} М и КПАВ — 1.0×10^{-4} М. Опти-

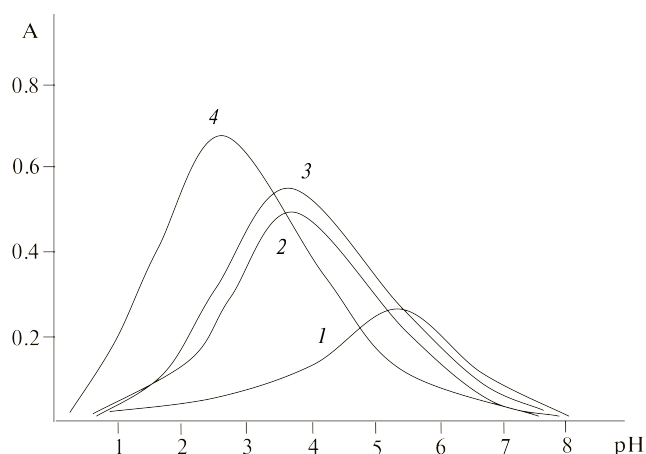


Рис. 2. Влияние pH на светопоглощение растворов комплексов ванадия(V) при $\lambda_{\text{макс}}$ относительно раствора контрольного опыта. 1 – V(V)–R, 2 – V(V)–R–ЦПСI, 3 – V(V)–R–ЦПВr, 4 – V(V)–R–ЦТМАВr. $c_V = 2.0 \times 10^{-5}$ М, $c_R = 8.0 \times 10^{-5}$ М, $c_{\text{КПАВ}} = 1.0 \times 10^{-4}$ М, λ_{400} , $\ell = 1.0$ см.

ческая плотность растворов смешаннолигандных комплексов постоянна при 3–12-кратных молярных избытках реагента и 5–20-кратных избытках КПАВ.

Для определения соотношения компонентов в комплексах использовали методы изомолярных серий, относительного выхода Старика–Барбанеля и сдвига равновесия [22]. Все методы показали, что соотношение компонентов в комплексах V(V)–R и V(V)–R–КПАВ соответственно равно 1:2 и 1:2:2 (табл. 1). Методом пересечения кривых определены константы устойчивости комплексов ванадия(V). Установлено, что смешаннолигандные комплексы V(V)–R–КПАВ характеризуются высокой устойчивостью: $\lg \beta(V-R) = 4.94 \pm 0.03$; $\lg \beta(V-R-ЦПСI) = 9.12 \pm 0.06$; $\lg \beta(V-R-ЦПВr) = 9.75 \pm 0.04$; $\lg \beta(V-R-ЦТМАВr) = 10.42 \pm 0.06$.

Таблица 1. Химико-аналитические характеристики комплексов ванадия(V)

Комплекс	pH _{опт}	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	$\Delta\lambda$, нм	Соотношение компонентов	$\varepsilon \times 10^{-4}$ при $\lambda_{\text{макс}}$	$\lg \beta$	Диапазон линейности, мкг/мл
V–R	5.0–5.5	449	54	1 : 2	1.30 ± 0.02	4.94 ± 0.03	0.20–2.04
V–R–ЦПСI	3.5–4.0	457	62	1 : 2 : 2	2.40 ± 0.03	9.12 ± 0.06	0.10–1.53
V–R–ЦПВr	3.5–4.0	461	66	1 : 2 : 2	2.70 ± 0.03	9.75 ± 0.04	0.05–1.53
V–R–ЦТМАВr	2.5–3.0	466	71	1 : 2 : 2	3.24 ± 0.04	10.42 ± 0.06	0.05–1.78

Таблица 2. Химико-аналитические характеристики комплексов ванадия(V)

R–КПАВ	V_V , мл							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
R	1.85	1.81	1.76	1.70	1.66	1.66	1.66	1.66
R–ЦПСI	1.74	1.70	1.64	1.57	1.53	1.53	1.53	1.52
R–ЦПВr	1.70	1.64	1.54	1.45	1.39	1.39	1.39	1.39
R–ЦТМАВr	1.63	1.57	1.45	1.34	1.28	1.28	1.28	1.27

Методом кондуктометрического титрования определена удельная электропроводность комплексов ванадия(V) [23]. Титрование проводили в среде ацетатно-аммиачного буферного раствора при pH_{опт} комплексообразования 1.0×10^{-3} М в стандартном растворе ванадия(V). Объем титруемого 1.0×10^{-4} М раствора R–КПАВ составлял 50 мл. Установлено, что при титровании электропроводность растворов сначала уменьшается, а затем остается постоянной (табл. 2).

Молярные коэффициенты светопоглощения комплексов V(V)–R, V(V)–R–ЦПСI, V(V)–R–ЦПВr и V(V)–R–ЦТМАВr при $\lambda_{\text{макс}}$ составляют $(1.30 \pm 0.02) \times 10^4$, $(2.40 \pm 0.03) \times 10^4$, $(2.70 \pm 0.03) \times 10^4$ и $(3.24 \pm 0.04) \times 10^4$ соответственно. При сравнении химико-аналитических характеристик комплексов ванадия(V) можно отметить, что с увеличением константы устойчивости увеличиваются молярные коэффициенты светопоглощения комплексов и контрастность реакций комплексообразования и уменьшается удельная электропроводность растворов комплексов.

Зависимости оптической плотности от концентрации ванадия(V) линейны в диапазонах 0.20–2.04 мкг/мл V(V) для комплекса V(V)–R, 0.10–1.53 мкг/мл – V(V)–R–ЦПСI, 0.05–1.53 мкг/мл – V(V)–R–ЦПВr и 0.05–1.78 мкг/мл – V(V)–R–ЦТМАВr. По методу наименьших квадратов получены уравнения градуировочных графиков вида $A = ac + b$ [24]:

$$A = (0.255 \pm 0.090) \cdot c + (2.96 \pm 0.18) \times 10^{-3}, \quad V(V)–R;$$

$$A = (0.471 \pm 0.014) \cdot c + (2.36 \pm 0.12) \times 10^{-3}, \quad V(V)–R–ЦПСI;$$

$$A = (0.529 \pm 0.012) \cdot c + (1.70 \pm 0.09) \times 10^{-3}, \quad V(V)–R–ЦПВr;$$

$$A = (0.637 \pm 0.013) \cdot c + (1.54 \pm 0.05) \times 10^{-3},$$

$$V(V)-R-ЦТМАВr.$$

Как видно из табл. 1, с возрастанием молярных коэффициентов поглощения комплексов увеличиваются углы наклона (а) линейных уравнений.

Выявлено влияние посторонних ионов на определение ванадия(V) и установлено, что в присутствии КПАВ значительно увеличивается избирательность реакций (табл. 3). Разработанный метод опробован при спектрофотометрическом определении микроколичеств ванадия в воде озера Ханбулана, Ленкоранский район Азербайджанской Республики.

Метод анализа. Для определения ванадия(V) 1 л воды фильтровали, затем упаривали без кипячения до получения твердого остатка. Полученный остаток растворяли в 5 мл HNO_3 (1 : 1), переносили в колбу емк. 50 мл и разбавляли до метки дистиллированной водой. Аликвотную часть полученного раствора помещали в мерную колбу емк.

25 мл, приливали 2 мл 1.0×10^{-3} М раствора реагента и 2.5 мл 1.0×10^{-3} М раствора ЦТМАВr, затем разбавляли до метки аммиачно-ацетатным буферным раствором с pH 3.0. Оптическую плотность раствора измеряли на приборе Lambda-40 при $\lambda = 466$ нм на фоне раствора контрольного опыта (R + ЦТМАВr) в кювете с толщиной поглощающего слоя 1.0 см. Содержание ванадия находили по градуировочному графику. Правильность процедуры проверяли сопоставлением с результатами анализа методом оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-OES thermo ICAP 7400 Duo. Результаты анализа показали, что в 1.0 л анализируемой воде содержится 2.487 ± 0.005 мг ванадия.

* * *

Синтезировано азосоединение на основе пирогаллола — 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензол (R), состав и строение

Таблица 3. Допустимые соотношения по массе посторонних ионов и ванадия(V) при его определении в виде однородно- и смешаннолигандных комплексов (погрешность 5%)

Ион или вещество	V(V)–R	V(V)–R–ЦПCl	V(V)–R–ЦПBr	V(V)–R–ЦТМАВr
Na ⁺	6000	6000	6000	6000
K ⁺	10 000	10 000	10 000	10 000
Cu ⁺ (I)	*	15	20	50
Mg ²⁺	600	6250	6250	6250
Ca ²⁺	600	600	1000	1000
Ba ²⁺	2020	2140	2020	2140
Sr ²⁺	350	350	350	3250
Zn ²⁺	338	2130	2130	354
Cd ²⁺	4000	4000	4000	1200
Mn ²⁺	1800	1432	2650	2650
Ni ²⁺	201	420	420	1550
Co ²⁺	2050	2100	2100	950
Pb ²⁺	175	2000	2000	4058
Al ³⁺	200	250	250	270
Fe ³⁺	10	50	50	50
Bi ³⁺	10	20	20	23
Cr ³⁺	1810	1560	3600	3600
Zr ⁴⁺	*	*	*	10
Ti ⁴⁺	*	48	48	48
Mo ⁶⁺	*	20	20	10
W ⁶⁺	20	43	90	100
ЭДТА	*	10	10	40
Мочевина	2500	3060	3060	62
Тиомочевина	570	1055	1600	2000
Лимонная кислота	20	60	70	60
Винная кислота	104	210	210	210

* Мешает определению ванадия(V).

которого установлены методами элементного анализа и ИК-спектроскопии. Спектрофотометрическим методом исследовано комплексообразование ванадия(V) с 4-(2',3',4'-тригидроксифенил)-3-нитро-5-сульфоазобензолом (R) в присутствии КПАВ — хлорида цетилпиридиния, бромида цетилпиридиния и бромида цетилтриметиламмония. Методом кондуктометрического титрования определена удельная электропроводность комплексов ванадия(V) и установлено, что с увеличением константы устойчивости увеличиваются молярные коэффициенты светопоглощения комплексов и контрастность реакции комплексообразования и уменьшается удельная электропроводность комплексов. Анализ по разработанной методике проб воды из озера Ханбулана, Ленкоранский район Азербайджанской Республики, показал присутствие небольших количеств ванадия(V).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Бакинского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zainab H.K. Spectrophotometric determination of vanadium (V) using an organic reagent [4-(6-nitrobenzothiazolylazo) pyrogallol] // *Mesop. Environ. J.* 2017. V. 4. № 1. P. 42.
2. Kuliev K.A., Verdizade N.A., Efendieva N.N., Shiralieva S.M. Sensitive spectrophotometric determination of trace amounts of vanadium (IV,V) in natural samples using 2,6-dithiol-4-ethylphenol and phenantroline // *Int. J. Appl. Chem.* 2017. V. 13. № 1. P. 151.
3. Wenyan H., Kun-peng W., Jinyan Y. Spectrophotometric methods for determination of vanadium: A review // *Toxicol. Environ. Chem. Rev.* 2018. V. 100. № 3. P. 1.
4. Керимов Г.Н., Алиева Т.И., Хаджиева Х.Ф., Агаев Ф.М. Взаимодействие ванадия (V) с 2,3,4-триокси-4'-сульфоазобензолом в присутствии гидрофобных аминов // *Молодой ученый.* 2018. V. 192. № 6. P. 11.
5. Singh S., Nivedita A., Parveen R., Rajesh A., Vikas K. Molecular dynamics, biological study and extractive spectrophotometric determination of vanadium (V)-2-methyl-8-quinolinol complex // *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 2021 V. 40. P. 207.
6. Цинцадзе М., Цигнадзе П., Имнадзе Н., Марданова В.И., Чырагов Ф.М. Изучение комплексообразование V(V) с бис-2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии третьего компонента // *Sci.-tech. Rev.* 2022. V. 739. № 2. P. 40.
7. Керимов Г.Н., Алиева Т.И., Хаджиева Х.Ф., Агаев Ф.М. Взаимодействие ванадия (V) с 2,3,4-триокси-4'-сульфоазобензолом в присутствии гидрофобных аминов // *Молодой ученый.* 2018. V. 192. № 6. P. 11.
8. Venkata Narayana Reddy B., Saleem Basha V., Sreenivasulu Reddy T. Determination of titanium and vanadium with 2,4-dihydroxy acetophenone isonicotinoylhydrazone by direct and derivative spectrophotometric method // *Der Pharma Chem.* 2015. V. 7. № 3. P. 16.
9. Nagam S.T.A., Omar A.Y. New approach for the on-line spectrophotometric determination of vanadium(V) in different river water via the use of a homemade ayah 6SX1-T-2D solar-continuous flow injection analyser // *Iraqi J. Sci.* 2023. V. 55. № 4B. P. 1721.
10. Tharakeswar Y., Kalyan Y., Ramakrishna N.G. Determination and quantification of vanadium(V) in environmental samples using chemically modified chitosan sorbent // *JEAS.* 2014. V. 04. № 2. P. 475.
11. Varghese A., George L. Simultaneous first order derivative spectrophotometric determination of vanadium and zirconium in alloy steels and minerals // *Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectrosc.* 2012. V. 95. P. 46.
12. Hristov D., Milcheva N., Gavazov K. Extraction-chromogenic systems for vanadium(V) based on azo dyes and xylometazoline hydrochloride // *Acta Chim. Slov.* 2019. V. 66. P. 987.
13. Vinita R., Surendra K.R. Spectrophotometric determination of vanadium(V) using 2-furohydroxamic acid as a new analytical reagent // *Int. J. Appl. Chem.* 2021. V. 8. № 1. P. 10.
14. Gavazov K.B., Racheva P.V., Saravanska A.D., Toncheva G.K., Delchev V.B. Extractive spectrophotometric determination and theoretical investigations of two new vanadium(V) complexes // *Molecules.* 2023. V. 28. № 18. P. 6723.
15. Peroković V.P., Ivšić A.G., Car Ž., Tomić S. Synthesis of 3-hydroxy-1-(p-methoxyphenyl)-2-methylpyridine-4-one and spectrophotometric extraction studies on its complexation of vanadium(V) // *Croat. Chem. Acta.* 2014. V. 87. P. 103.
16. Gavazov K.B., Stefanova T.S. Liquid-liquid extraction-spectrophotometric investigations of three ternary complexes of vanadium // *Croat. Chem. Acta.* 2014. V. 87. P. 233.
17. Pasha C., Sunil K., Stancheva K. Crystal violet — A new reagent used for the spectrophotometric determination of vanadium // *Oxid. Commun.* 2022. V. 45. P. 503.
18. Agnihotri R., Agnihotri N., Kumar V., Kamal R. Synthesis and application of 3-hydroxy-2-[3-

- (4-methoxyphenyl)-1-phenyl-4-pyrazolyl]-4-oxo-4h-1-benzopyran for extractive spectrophotometric determination of vanadium (V) // *Der Chem. Sinica*. 2017. V. 8. P. 158.
19. *Mardanov V.I., Nasibova V.N., Nabieva J.A., Abdullayev R.A., Hajiyeva S.R., Chiragov F.M.* Studying the complexation of V(V) with 3-[2-hydroxy-3-sulfo-5-nitrophenylazo]-pentadione-2,4 in the presence of a third component // *Am. J. Clin. Nutr.* 2024. V. 6. № 1. P. 26.
20. *Бородин В.Ф.* Химия красителей. М.: Химия, 1981. 248 с.
21. *Коростелев П.П.* Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1964. 261 с.
22. *Булатов М.И., Калинин И.П.* Практикум по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1972. 407 с.
23. *Худякова Т.А., Крешков А.П.* Теория и практика кондуктометрического и хронокондуктометрического анализа. М.: Химия, 1976. 304 с.
24. *Батунер Л.М., Позин М.Е.* Математические методы в химической технике. Л.: Госхимиздат, 1963. 638 с.

VANADIUM(V) INTERACTION WITH 4-(2',3',4'-HYDROXYPHENYL)-3-NITRO-5-SULFOAZOBENZENE IN THE PRESENCE OF CATIONIC SURFACTANTS

V. I. Mardanov^{a,*}, H. D. Nagiev^a, F. M. Chiragov^a

^a*Baku State University, Faculty of Chemistry
Z. Khalilova Str., 23, 1148 Baku, Azerbaijan*

*E-mail: vusala_chem@mail.ru

Abstract. The complexation of vanadium(V) with 4-(2',3',4'-trihydroxyphenyl)-3-nitro-5-sulfoazobenzene (R) in the presence of cationic surfactants (CSs) — cetylpyridinium chloride (CPCl), cetylpyridinium bromide (CPBr) and cetyltrimethylammonium bromide (CTMABr). Vanadium(V) с R at a ratio of components 1 : 2 and pH 5.0–5.5 forms a colored complex that has maximum light absorption at 449 nm; the reagent under these conditions absorbs light at 395 nm. In the presence of KPA, mixed ligand complexes are formed with a component ratio V(V) : R : KPA = 1 : 2 : 2, while a bathochromic shift of the maximum in the absorption spectrum occurs, and the pH value of the maximum complex formation shifts to a more acidic medium compared to the homogeneous ligand complex V(V)–R. The light absorption of the complexes V(V) : R : CPCl, V(V) : R : CPBr and V(V) : R : CTMABr is maximum at 457, 461 and 466 nm, respectively. The output of the complexes is maximum at pH 3.5–4.0 (V(V) : R : CPCl and V(V) : R : CPBr) and at pH 2.5–3.0 (V(V) : R : CTMABr). The formation of homogeneous and mixed ligand vanadium(V) complexes is influenced by reaction time, temperature and concentrations of reacting components. The values of stability constants found proved the high stability of the resulting mixed ligand complexes. The specific electrical conductivity of complexes under optimal conditions of complex formation was determined by the method of conductometric titration. Calibration graphs for the determination of vanadium(V) in the form of homogeneous and mixed ligand complexes are linear. The influence of foreign ions and masking substances on the determination of V(V) in the form of homogeneous and mixed ligand complexes was analyzed and it was shown that in the presence of CSs the selectivity of the reaction significantly increases. The analysis of water samples from Lake Khanbulana, Lankaran district of the Republic of Azerbaijan, according to the developed methodology, showed the presence of small amounts of vanadium(V).

Keywords: vanadium(V), 4-(2',3',4'-trihydroxyphenyl)-3-nitro-5-sulfoazobenzene, cationic surfactants, cetylpyridinium chloride, cetylpyridinium bromide, cetyltrimethylammonium bromide, Hanbulana Lake water.