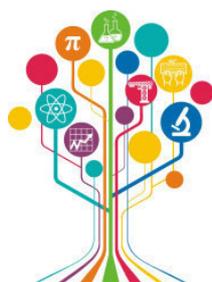


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 2. Химия

Сборник научных трудов  
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых  
27–30 апреля 2021 г.

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 2. Chemistry

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists  
April 27–30, 2021



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет



Томск 2021

УДК 543.554.4

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ РТУТИ  
ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ ТИТРОВАНИЕМ**А.М. Захаркина, Ю. Гайнулина

Научный руководитель: доцент, к.х.н. С.В. Шумар

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [alex.zakharkiva@gmail.com](mailto:alex.zakharkiva@gmail.com)**OPTIMIZATION OF THE CONDITIONS FOR POTENTIOMETRIC DETERMINATION OF  
MERCURY (II)**A.M. Zakharkiva, Yu. Gaynulina

Scientific Supervisor: docent, Ph.D S.V. Shumar

National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenina Avenue, 36, 634050

E-mail: [alex.zakharkiva@gmail.com](mailto:alex.zakharkiva@gmail.com)

**Abstract.** *The article presents the results of potentiometric titration of the solution containing Hg (II) by the solution of sodium diethyldithiocarbamate (DDTC-Na). The effectiveness of electrochemical analysis is defined by presence of the most appropriate indicator system. The possibility of using carbon composite electrode (CCE) as a sensors for mercury ions determination has been explored. Conditions for potentiometric determination of Hg (II) (titrant, indicating electrode, pH, response time, and range of concentrations) were studied. Titration curves were processed by the linearization method.*

**Введение.** Загрязнение ртутью все чаще становится серьезной экологической проблемой во всем мире. Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования метода потенциометрического титрования ртути, как элемента, обладающего большой токсичностью и способностью накапливаться в живых организмах, вызывая гибель клеток.

Среди многочисленных методов определения ртути, электрохимические методы анализа отличаются невысокой стоимостью аппаратного оформления и высокой точностью. Одним из перспективных направлений в электрохимическом анализе является целенаправленный поиск и разработка новых электродных систем. В качестве индикаторных электродов в потенциометрическом анализе для решения различных конкретных задач используются металлические, металлоксидные, ионоселективные и другие электроды. В результате химической, механической или электрохимической модификации поверхности электродов удается улучшить электроаналитические характеристики электродных функций электродов: уменьшить время отклика, повысить селективность, повысить воспроизводимость и снизить предел обнаружения. Однако создание универсальных сенсоров, необходимых для анализа многокомпонентных систем, всё ещё остается сложной задачей. В качестве объекта исследования были выбраны углеродные композитные электроды, обладающие рядом преимуществ: низкой стоимостью, высокими эксплуатационными свойствами, механической прочностью, возможностью модификации поверхности электрода и возможностью использования в агрессивных средах [1].

**Экспериментальная часть.** Стандартные растворы ртути (II) готовили растворением точной навески металла в азотной кислоте, разбавленной в дистиллированной воде в соотношении 1:3. Кривые потенциометрического титрования обрабатывали с помощью метода фрагментарной линеаризации Б.М. Марьянова, который позволяет с высокой точностью определять точку эквивалентности и другие физико-химические параметры системы. Вычислительный алгоритм метода реализован программой DIFT TITR в записи на языке Pascal [2].

Эффективность метода потенциометрического титрования определяется выбором оптимальной индикаторной системы. Было проведено исследование возможности определения ионов Hg (II) с рядом возможных индикаторных электродов: углеродным композитным электродом (УКЭ), модифицированным УЭ (углеродными нанотрубками) и платиновым электродом. Показано, что для модифицированного электрода крутизна электродной функции почти в два раза ниже значения Нернста, что может приводить к увеличению погрешности определения при использовании данного сенсора в индикаторной системе. Значение крутизны электродной функции для УКЭ и платинового электрода близко к нернстовскому значению. Изучение других электродных характеристик (времени отклика, диапазона линейности и др.) показало преимущество УКЭ сенсора. С увеличением времени отклика сенсора вид кривых титрования изменялся в незначительной степени, области скачков потенциала не смещались. В ходе работы определили, что оптимальным временем отклика УКЭ является 60 секунд. Большие временные интервалы не дают хоть сколько-то значимое изменение данных анализа и признаны нерациональными.

В качестве возможных титрантов для потенциометрического определения ионов ртути были изучены растворы диэтилдитиокарбамата натрия (ДДТК-Na) и йодида калия. Диэтилдитиокарбамат натрия ( $C_5H_{10}NS_2 \cdot Na^+$ ) – реагент, обладающий ярко выраженными комплексообразующими свойствами, обусловленными наличием в его молекуле донорных функциональных группировок с тионной и тиольной серой. ДДТК-Na способен образовывать весьма прочные комплексы с широким кругом катионов [3]. С ионами ртути (II) ДДТК-Na реагирует с образованием малорастворимого соединения белого цвета ( $Hg(ДДТК)_2$ ), взаимодействие протекает ступенчато. Сначала образуется комплекс состава 1:1, затем 1:2. На полученных кривых титрования модельных растворов ртути (II) с ДДТК-Na в качестве титранта, в кислых средах, наблюдаются два четких скачка потенциала отвечающих ступенчатому образованию комплексов. Йодид калия (KI) взаимодействует с ионами ртути с образованием белого, творожистого осадка  $HgI_2$ . Полученные результаты потенциометрического титрования ионов ртути (II) с использованием УКЭ в качестве индикаторного электрода показали, что при использовании йодида калия в качестве титранта возрастает погрешность определения в области низких концентраций. Это связано с увеличением растворимости осадка при разбавлении. Для потенциометрического титрования ионов ртути, использование в качестве титранта диэтилдитиокарбамата натрия, наиболее перспективно. Образующийся в результате осадок ( $Hg(ДДТК)_2$ ), имеет более низкое значение произведения растворимости и обладает меньшей растворимостью. Изучив величины скачков потенциала индикаторного электрода на кривых титрования определили, что с ростом pH происходит не только уменьшение скачка потенциала, но и его смещение вследствие гидролиза. В щелочных средах гидролиз определяемых ионов приводит к значительной погрешности определения. Титрование в сильноокислых средах также приводит к смещению точки эквивалентности и увеличению погрешности определения ионов ртути (II) по причине разложения титранта. Протекание данного процесса, наряду с процессом

гидролиза нарушает адекватность математической модели кривой титрования, лежащей в основе метода линеаризации, используемого в данной работе для обработки результатов анализа. В качестве фоновых электролитов для предотвращения реакции гидролиза ионов ртути и стабилизации ионной силы сильноразбавленных растворов были выбраны для изучения: фосфатный (рН=3,5), ацетатный (рН=4,4), аммиачный (рН=8,0) буферные растворы и тартрат К, Na. В результате проведенного исследования предложен оптимальный состав фоновых электролитов и значения рН для потенциометрического титрования ионов ртути (II) раствором диэтилдитиокарбамата натрия.

Исследуя диапазон линейности рабочих концентраций ртути (II) с использованием УКЭ в качестве сенсора было отмечено, что в области высоких концентраций ( $10^{-1}$ – $10^{-2}$  М) выпадает значительное количество крупного хлопьевидного осадка с развитой поверхностью. При этом наблюдается адсорбция части осадка на поверхности электрода, имеет место процесс экранизации сенсора осадком. Процесс адсорбции катионов и анионов из раствора на взвешенном осадке искажает результаты анализа. Описанные процессы приводят к значительному увеличению погрешности измерений в области высоких концентраций определяемых ионов.

**Результаты.** Определение концентрации ртути (II) в водных растворах методом потенциометрического титрования с использованием диэтилдитиокарбамата натрия в качестве титранта рекомендуется проводить при рН=3,5–5. В качестве фонового электролита использовать фосфатный буферный раствор и тартрат К, Na. Диапазон рабочих концентраций  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  М. Рекомендуемое время измерения потенциала – 60 секунд.

**Заключение.** Изучена возможность потенциометрического титрования ионов ртути (II) с использованием УКЭ в качестве индикаторного электрода с ДДТК-Na. Предложены оптимальные условия определения ионов Hg (II) методом потенциометрического титрования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носкова Г.Н. Твердые углеродсодержащие композитные электроды для определения элементов вольтамперометрическими методами: Автореф. Диссертация на соискание научной степени. Доктор химических наук – Томск: ТГУ, 2012. - 12 с.
2. Марьянов Б.М. Метод линеаризации в инструментальной титриметрии. – Томск: Изд-во. Том.ун-та, 2001. – 158 с.
3. Кузьминская Е.А., Шумар С.В. Потенциометрическое определение некоторых тяжелых металлов с использованием твердых композитных электродов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук: Материалы III научно-практической конференции «Общество, наука, инновации». – Москва, 2015. – С. 8-11.