

УДК. 632.153

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА ВОД АЙДАР-АРНАСАЙСКОГО ОЗЕРА**

**Яхшиева З.З.**

доктор химических наук, профессор Джиззакского  
государственного педагогического института

**Ахмаджанова Ё.Т.**

преподаватель Джиззакского политехнического института

**Аннотация.** Работа посвящена разработке методик с учетом электрохимических свойств определяемых компонентов, заключение о возможных влияниях основных компонентов анализируемого материала на аналитические сигналы определяемых элементов и выбор соответствующих фоновых электролитов и буферных смесей, оптимизации условий анализа микропримесей.

**Ключевые слова:** электрохимические методы анализа, озеро Айдар-Арнасай, мониторинг, экотоксикология, токсичные вещества, загрязнение.

**VOLTAMPEROMETRIC RESULTS ANALYSIS OF WATER IN  
AIDAR-ARNASAY LAKE**

**Yakhshieva Z.Z.**

Doctor of Chemistry, Professor of Jizzakh  
State Pedagogical Institute

**Akhmadjonova Y. T.**

Lecturer at the Jizzakh Polytechnic Institute

**Annotation.** The work is devoted to the development of methods taking into account the electrochemical properties of the determined components, the conclusion about the possible influences of the main components of the analyzed material on the analytical signals of the determined elements and the choice of the appropriate background electrolytes and buffer mixtures, optimization of the conditions for the analysis of trace impurities.

**Key words:** electrochemical methods of analysis, Aydar-Arnasay lake, monitoring, ecotoxicology, toxic substances, pollution.

Одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством в век научно–технического прогресса, развития науки и техники является охрана вод и объектов окружающей среды.

В этом плане определение следовых концентраций металлов в пробах воды важно с точки зрения экологии, поскольку получаемые результаты дают информацию о качественном составе, количестве и миграции токсичных металлов–загрязнителей. Использование вольтамперометрии для проведения подобных анализов оправдано и удобно благодаря: высокой точности определения следов биологически важных металлов, таких как меди, свинца, ртути, кадмия и цинка, а также возможности одновременного определения нескольких металлов и экономичности при анализе больших серий проб.

В этом аспекте особо необходимо подчеркнуть важность разработанных методов для определения металлов в любых типах вод, включая и природные (океанские, морские, речные, паводковые, озерные), питьевую воду и сточные воды коммунальных и промышленных предприятий. Помимо достоинств, упомянутых выше, дополнительным преимуществом вольтамперометрических методов анализа вод является также и возможность установления с их помощью физико–химических форм нахождения ионов растворенных металлов.

### **Экспериментальная часть**

Отбор и предварительная подготовка анализируемых проб. Высокая чувствительность инверсионной вольтамперометрии требует исключения всех возможных загрязнений проб, источниками которых могут быть применяемые реактивы, посуда и вообще аппаратура, контактирующая с пробами. Установлено, что точность результатов анализа в наибольшей степени зависит от погрешности пробоотбора и пробоподготовки, поэтому

проведению этих операций должно уделяться самое серьезное и пристальное внимание исследователей. Как правило, полиэтиленовые бутылки должны быть предварительно обработаны различными очистителями, так как даже совершенно чистая поверхность полиэтиловых стенок посуды имеет склонность к адсорбции металлов.

Выбор условий стадии определения. При установлении содержаний металлов инверсионно–вольтамперометрическим методом, раствор пробы (рН 3,5) вводят в ячейку в количестве 25–30 мл, добавляют несколько капель (до 10) 0,02 М раствора нитрата ртути(II) марки х.ч. или ос.ч. Проводят предэлектролиз анализируемого раствора в течение 30–90 с (в зависимости от природы и содержания определяемых компонентов) при -1,0 В используя магнитную мешалку (1500 об/ мин). По истечении времени предэлектролиза раствору дают успокоиться (15–30 с) и регистрируют вольтамперограмму (пик) в интервале от -0,9 до -0,1 В, затем с выдерживают электрод при -0,1 В в течение 45 с для полного растворения с электрода всех компонентов концентрата. По высоте зарегистрированных пиков выбирают рабочую чувствительность прибора и необходимое время предэлектролиза. Затем повторяют процедуру анализа при выбранных условиях, до тех пор пока не будут получены воспроизводимые пики и правильные результаты определения металлов.

Стандартную добавку следует выбирать таким образом, чтобы концентрация определяемого металла в исследуемом растворе пробы приблизительно удвоилась.

Так как в электродной реакции принимают участие ионы водорода, то потенциал полуволны ( $E_{1/2}$ ) обеих волн зависят от рН фона согласно уравнению:

$$E_{1/2} = E^0 - 0,059 \frac{m}{n} pH ,$$

где:  $E^0$  - нормальный электродный потенциал;

$m$  – число протонов;

$n$  – число электронов, участвующих в электродной реакции.

С повышением рН среды обе волны будут смещаться к более отрицательным потенциалам.

По величине тангенса угла наклона зависимости  $E_{1/2}$  от рН среды можно найти число протонов, участвующих в электродной реакции по формуле:

$$m = \frac{n}{0,0591} \operatorname{tg} \alpha .$$

Точность определения следов металлов методом инверсионной вольтамперометрии по описанной выше методике весьма высока. Ниже приведены значения относительной погрешности определения различных содержаний исследованных металлов ( $C_{me}$ ) разработанным методом в природных водах:

$C_{me}$ – мкг/мл	0,5	1,0	10	20–2000	2000,
$\alpha$ – ,%	2,0	1,0	10	0,25	0,04.

Инверсионно–вольтамперометрическое определение кадмия и свинца в водах. Как показали эксперименты, кадмий и свинец необходимо определять одновременно из подкисленных растворов (HCl, рН 2,5), возможно и их отдельное определение в одной анализируемой пробе, поскольку потенциалы окисления и растворения этих металлов значительно отличаются друг от друга более, чем на 0,2 В. В качестве фоновых электролитов были использованы 1,0 М растворы хлороводородной, серной и хлорной кислот, а также аммиачный буферный раствор.

Исходные стандартные растворы кадмия и свинца готовились из соответствующих металлов (ос.ч.) растворением в кислотах при умеренном нагревании по известным в литературе методикам. Не концентрированные- слабые растворы этих металлов готовились

разбавлением их крепких растворов, тридистиллятом. Деаэрирование анализируемых растворов перед регистрацией вольтамперограмм (пиков) не проводилось, так как кислород не оказывал сколько-нибудь существенного влияния на определение изученных металлов.

Анализ вод. Основная проблема контроля состава вод связана со сложностью и непостоянством во времени состава контролируемых объектов. На первый взгляд, природные и сточные воды представляют собой растворы минеральных солей различных разнообразных неорганических и органических соединений, в том числе ионных, молекулярных и поверхностно-активных, а также твердых и коллоидных частиц, способных адсорбировать даже следы определяемых элементов и наконец, системы микроорганизмов и биологически-активных соединений, которые могут включать в себя контролируемые микроэлементы. Поэтому следовой анализ природных и сточных вод представляет собой весьма сложную аналитическую задачу, решение которой требует специального и особого методического решения и метрологического подхода.

В санитарно-гигиенической практике, при анализе вод как правило, довольно часто приходится измерять в анализируемых пробах одновременно содержания нескольких металлов. При анализе сточных вод в пробах одновременно могут присутствовать медь, свинец, цинк, никель и др. элементы. Хотя, как известно, для многих ТТМ до сих пор не известна доминирующая форма их нахождения в природных и сточных водах, а как правило, токсичность и биологическая активность зависят не столько от концентрации элемента, сколько от конкретной физико-химической формы его нахождения. Принято считать, что токсичными свойствами обладают свободные (гидратированные) ионы ТТМ, а их комплексы, напротив, значительно токсичны даже в больших количествах.

В связи с вышесказанным представляет интерес и возникает необходимость в разработке чувствительных и экспрессных методов определения ТТМ, ПДК которых в водах и промстоках должны быть значительно выше, чем чувствительность самих разрабатываемых методик.

Некоторые из полученных нами данных приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Результаты определения свинца и кадмия в водах

Шифр объекта	Инверсионной вольтамперметрией, мг/л		По ГОСТУ, мг/л	
	Pb	Cd	Pb	Cd
59	0,012	0,002	0,010	0,014
61	0,001	0,002	0,003	0,002
62	0,001	0,002	0,001	0,002
69	0,007	0,002	0,006	0,002
70	0,001	0,002	0,002	0,002
72	0,015	0,002	0,015	0,002
75	0,004	0,002	0,003	0,002
76	0,001	0,002	0,001	0,001
80	0,009	0,007	0,010	0,002
88	0,008	0,002	0,009	0,002

Таблица 2

Результаты определения валового содержания

свинца и меди в воде

№ пробы	Определяемый элемент	Инверсионной вольтамперметрией, мг/л	n	S	Sr	Атомной абсорбцией, мг/л
23	Pb	0,056 ± 0,006	4	0,004	0,067	0,050
	Cu	0,025 ± 0,005		0,003	0,126	0,020
54	Pb	0,044 ± 0,008	5	0,007	0,159	0,040
	Cu	0,360 ± 0,040		0,007	0,159	0,400
70	Pb	0,100 ± 0,036	4	0,023	0,226	0,064
	Cu	0,073 ± 0,007	4	0,023	0,226	0,080
75	Pb	0,085 ± 0,015	4	0,014	0,162	0,100
	Cu	0,070 ± 0,020		0,013	0,180	0,110
81	Pb	0,110 ± 0,016	5	0,015	0,133	0,095
	Cu	0,146 ± 0,034		0,031	0,212	0,106
87	Pb	0,170 ± 0,020	5	0,018	0,108	0,150
	Cu	0,101 ± 0,023		0,021	0,209	0,078

Таблица 3

Результаты определения подвижной, валовой и  
связанной форм свинца и меди в водах

Инверсионной вольтамперометрией						Атомной абсорбцией	
Подвижная форма, мг/л		Валовая форма, мг/л		Связанная форма, мг/л		Валовая форма, мг/л	
Pb	Cu	Pb	Cu	Pb	Cu	Pb	Cu
0,002	0,003	0,017	0,054	0,015	0,051	0,020	0,050
0,006	0,011	0,010	0,012	0,004	0,001	0,009	0,013
0,012	0,026	0,013	0,032	0,001	0,006	0,010	0,035
0,002	0,006	0,078	0,125	0,076	0,119	0,091	0,138
0,036	0,059	0,034	0,064	0,002	0,005	0,040	0,060
0,004	0,006	0,021	0,028	0,037	0,008	0,005	0,007
0,005	0,004	0,024	0,042	0,021	0,008	0,046	0,021

Из данных таблицы можно заключать, что разработанные инверсионно–вольтамперометрические методики определения некоторых ТТМ по точности и воспроизводимости, а также селективности не только не уступают ГОСТовским методам, но даже по некоторым метрологическим характеристикам их превосходят. Во всех случаях относительное стандартное отклонение ( $S_r$ ) не превышает 0,012, а время единичного определения всех компонентов в одной анализируемой пробе 30–45 мин.

А также видно, что найденные содержания свинца и кадмия находятся на уровне ГОСТовских и лишь только в нескольких случаях выходят за пределы доверительного интервала, что свидетельствует о правильности и воспроизводимости разработанных методов и корректности проведенных анализов.

### Литература

1. Yakhshieva, Z. (2015). Amperometric determination of some metals sulfur-containing organic reagents in non-aqueous, and mixed aqueous media. *Austrian Journal of Technical and Natural Science. Austria*, (5-6), 151-154.
2. Яхшиева, М. Ш., & Яхшиева, З. З. (2015). Экологический мониторинг загрязнения. *Молодой ученый*, (6), 336-339.

3. Akhmadjonova, U. T., Akhmadjonova, Y. T., & Yakhshieva, Z. Z. (2021). Technogenic Transformations of the Aidar-Arnasay Lake System and their Geological Consequences. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2912-2916.
4. Akhmadjonova, U. T., Akhmadjonova, Y. T., & Yakhshieva, Z. Z. (2021). Technogenic Transformations of the Aidar-Arnasay Lake System and Their Geological Consequences. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 3271-3275.
5. Ziyatovna, Y. Z., Tojimurodovna, A. Y., & Akhmedovna, S. S. (2021). The Concept and Principles of Nature Pollution Monitoring. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 1038-1043.
6. Akhmadzhonova, Y. T., & Yakhshieva, Z. Z. (2020). Effects of heavy toxic metals on water quality. *Science and Education No*, 7, 8-11.
7. Ziyatovna, Y. Z., Tojimurodovna, A. Y., & Tojimurodovna, A. U. (2021). Aydar-Arnasoy ko'llar tizimining gidrologik tavsifi va ekologik holati. *Science and Education*, 2(7), 160-169.
8. Tojimurodovna, A. Y., & Tojimurodovna, A. U. (2021). Sustainable Development of Fishing, Increasing Production Volume, Strengthening Food Base. *Academic Journal of Digital Economics and Stability*, 551-557.
9. Ахмаджанова, Ё. Т., & Яхшиева, З. З. (2021). Анализ воды Айдар Арнасайского озера на содержание тяжелых металлов. *Журнал естественных наук*, 1(4).
10. Яхшиева, З. З., & Ахмаджанова, Ё. Т. (2020). Воздействия тяжелых токсичных металлов на качество вод. *Science and Education*, 1(4).