

АНАЛИТИЧНАЯ ХІМІЯ
ANALYTICAL CHEMISTRY

УДК 543.25
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-32-37>

Поступила в редакцию 09.10.2018
Received 09.10.2018

А. И. Кулак¹, Н. П. Матвейко², А. М. Брайкова², В. В. Садовский²

¹*Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный экономический университет, Минск, Беларусь*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОДА В ПОЛИВИТАМИННЫХ ПРЕПАРАТАХ МЕТОДОМ
КАТОДНОЙ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ**

Аннотация. Показана возможность определения иодид-ионов методом инверсионной вольтамперометрии в поливитаминных препаратах, на фоне редокс-активных компонентов с концентрацией, превышающей содержание иодида в 600–1000 (аскорбиновая кислота), 8–20 (тиамин, рибофлавин), 20–40 (ионы железа), 10–12 (ионы марганца), 4–6 (ионы меди) раз. Метод основан на анодном концентрировании иодида в форме иодида ртути Hg_2I_2 на амальгмированном серебряном индикаторном электроде при потенциале 0,0 В (относительно хлорсеребряного электрода сравнения) с последующей регистрацией пика катодного тока на потенциодинамической вольтамперограмме в водном растворе 0,4 моль/дм³ муравьиной кислоты в интервале потенциалов +0,1 ÷ –0,7 В. Метод применим для определения иодид-ионов в растворе с концентрацией 0,5–100 мкг/дм³; относительное стандартное отклонение (при доверительной вероятности 95 %) снижается с 6,1 до 3,2 % при повышении концентрации иодида от 0,5 до 5,0 мкг/дм³, а в интервале 10–100 мкг/дм³ составляет 2,4–3 %.

Ключевые слова: инверсионная вольтамперометрия, определение иодида, поливитаминные препараты, амальгамный электрод

Для цитирования. Определение иода в поливитаминных препаратах методом катодной инверсионной вольтамперометрии / А. И. Кулак [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – 2019. – Т. 55, № 1. – С. 32–37. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-32-37>

A. I. Kulak¹, N. P. Matveiko², A. M. Braikova², V. V. Sadovsky²

¹*Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

²*Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus*

**DETERMINATION OF IODINE IN MULTIVITAMIN PREPARATIONS
BY CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY**

Abstract. The possibility to determine iodide ions by stripping voltammetry has been demonstrated in multivitamin preparations against the background of redox active components with a concentration exceeding the iodide content of 600–1000 (ascorbic acid), 8–20 (thiamine, riboflavin), 20–40 (iron ions), 10–12 (manganese ions), 4–6 (copper ions) times. The method is based on the anodic concentration of iodide in the form of mercury iodide Hg_2I_2 on an amalgamated silver indicator electrode at a potential of 0.0 V (vs. Ag/AgCl reference electrode), followed by recording the cathode current peak in a potentiodynamic voltammogram in 0.4 mol/dm³ formic acid aqueous solution in the range of electrode potential from +0.1 to –0.7 V. The method is applicable for the determination of iodide ions in a solution with 0.5–100 µg/dm³ concentration; the relative standard deviation decreases from 6.1 to 3.2 % with an increase in the concentration of iodide from 0.5 to 5.0 µg/dm³, and in the range of 10–100 µg/dm³ is 2.4–3 %.

Keywords: stripping voltammetry, determination of iodide, multivitamin preparations, amalgam electrode

For citation. Kulak A. I., Matveiko N. P., Braikova A. M., Sadovsky V. V. Determination of iodine in multivitamin preparations by cathodic stripping voltammetry. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 1, pp. 32–37 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-32-37>

Введение. Для определения микроколичеств иода в продуктах питания, лекарственных средствах и объектах окружающей среды применяются методы атомно-абсорбционной спектроскопии, ионной хроматографии, масс-спектрометрии, фотометрии, титриметрии, а также электрохимические методы потенциометрического и вольтамперометрического анализов. Инверсионно-вольтамперометрический анализ (ИВА) является одним из наиболее чувствительных методов определения иода [1–6], отличающийся экспрессностью (по сравнению с традиционной титриметрией), высокой селективностью, относительной простотой методик подготовки образцов и проведения измерений. Метод ИВА с использованием угольного пастового электрода обеспечивает предел обнаружения иода в поваренной соли на уровне 1–2 мг/кг [1]; капельный ртутный электрод применялся для определения иода в морской воде [2, 3] и продуктах питания [4], стеклоуглеродный электрод – для определения иода в продуктах питания, поваренной соли [5, 6], в фармацевтических препаратах и водорослях [6]. В большинстве работ, посвященных определению иода методом ИВА, состав электродного материала и рабочих растворов адаптировался к наличию мешающих элементов, обеспечивая высокую селективность анализа.

Цель данной работы – установление возможности применения метода ИВА для определения иода (в форме иодид-ионов) в поливитаминных препаратах, содержащих редокс-активные компоненты – рибофлавин, пиридоксин, тиамин, ретинол, ионы железа, меди и марганца, селенит- и молибдат-анионы и др., в концентрациях, существенно превышающих содержание иодид-ионов. В частности, концентрация водорастворимых активных в электрохимическом отношении компонентов, а именно, аскорбиновой кислоты в 600–1000, тиамина и рибофлавина в 8–20, ионов железа в 20–40, марганца в 10–12, меди в 4–6 раз выше, чем концентрация иодид-ионов в исследованных поливитаминных препаратах. Кроме того, в состав данных препаратов входят и другие, в принципе способные участвовать в электродных процессах, компоненты, содержание которых в 200 (никотинамид), 60–70 (токоферол), 50 (цианкоболамин) раз превышает содержание иодид-ионов.

Методы исследования. Образцы поливитаминных препаратов были приобретены в аптечной сети и представляли собой таблетки массой 4 г. Для определения иодид-ионов титриметрическим методом навеску пробы витаминного комплекса массой 8 г в кварцевом стакане смачивали 1 см³ раствора КОН (1 моль/дм³) при перемешивании, затем подсушивали при 170 °С до образования темно-коричневой массы и озоляли при 550 °С в течение 10 ч. Зола смачивали водой, затем воду выпаривали и смесь прокаливали при 550 °С в течение 6 ч. Указанный цикл повторяли 3–4 раза до образования золы белого цвета, которую растворяли в горячей воде с добавлением 3 капель концентрированной серной кислоты. Раствор отфильтровывали, остаток на фильтре промывали водой. Фильтрат и промывные воды для перевода иодид- в иодат-ионы обрабатывали 0,5 см³ насыщенной бромной воды и выдерживали при кипении для удаления избытка брома, что определяли по обесцвечиванию раствора; для удаления следов брома добавляли несколько капель 3 %-ного раствора фенола. Затем в раствор добавляли 2 см³ 10 %-ного раствора KI. Выделившийся иод оттитровывали раствором 0,0005 моль/дм³ тиосульфата натрия до светло-желтого цвета, затем добавляли 2–3 капли 0,5 %-ного раствора крахмала и продолжали титровать до обесцвечивания раствора.

В методе ИВА в качестве фоновых электролитов были апробированы водные растворы муравьиной кислоты, нитрата калия, азотной кислоты, а также смеси нитрата калия с азотной, серной, уксусной кислотами. Установлено, что наилучшая воспроизводимость вольтамперных кривых достигается в электролите, содержащем муравьиную кислоту, поэтому дальнейшую разработку методики ИВА определения иодид-ионов проводили с использованием водного раствора муравьиной кислоты в качестве фонового электролита. Рабочие растворы приготавливали с использованием реактивов марки «х. ч.» на бидистилляте. Растворы иодида калия известной концентрации готовили из государственных стандартных образцов (ГСО 7620–99 иодид-ион).

Вольтамперометрические кривые получали на анализаторе ТА-4 (Томьаналит, г. Томск, Россия) с использованием стандартной трехэлектродной ячейки из кварцевого стекла. Индикаторным электродом служила амальгамированная серебряная проволока. В качестве вспомогательного электрода использовали проволоку из сплава золота 583 пробы. Потенциалы индикаторного электрода измеряли относительно хлорсеребряного электрода сравнения в водном растворе хлорида

калия концентрацией 1 моль/дм³. Для дезактивации растворенного кислорода применяли ультрафиолетовое облучение анализируемого раствора двумя встроенными в анализатор ртутно-кварцевыми лампами ДКБУ-11 общей мощностью 22 Вт.

Содержание иодида в исследуемых растворах рассчитывали, применяя метод добавок, с помощью компьютерной программы «VALabTx» по разности токов на вольтамперных кривых раствора иодида калия и фона, и по разности токов на вольтамперных кривых раствора иодида калия с добавкой стандартного раствора этой соли и фона.

Результаты и их обсуждение. С целью извлечения иода и концентрирования его в виде малорастворимого иодида ртути (Hg₂I₂ [7]) на индикаторном амальгамном электроде осуществляли его анодную поляризацию в потенциостатических условиях при потенциале 0,0 В в течение 20 с в анализируемом растворе, содержащем в качестве фона 0,4 моль/дм³ муравьиной кислоты. Время накопления, значение электродного потенциала индикаторного электрода и состав фонового электролита были оптимизированы на стадии предварительного исследования. Затем при катодной поляризации с линейной разверткой потенциала (скорость развертки 0,1 В/с) в интервале потенциалов от 0,1В до –0,7 В на потенциодинамической кривой регистрировали пик катодного тока. Из рис. 1 видно, что значение электродного потенциала, соответствующее максимуму тока восстановления иодида ртути, накопленного на индикаторном электроде, практически не зависит от содержания иодида калия и составляет –0,25 В. С возрастанием концентрации иодид-ионов в растворе высота пика пропорционально увеличивается (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что в интервале концентраций иодид-ионов от 10 до 100 мкг/дм³ имеет место близкая к линейной зависимость пиковых значений тока восстановления Hg₂I₂ от содержания

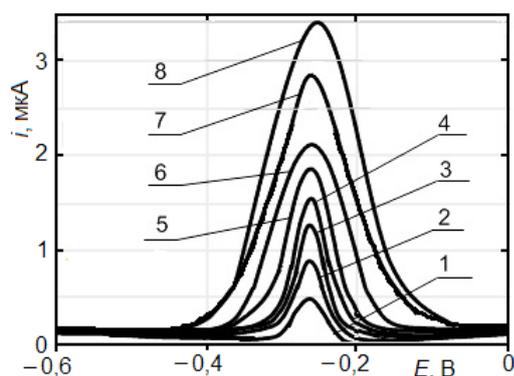


Рис. 1. Катодные вольтамперные кривые, полученные при линейной развертке потенциала со скоростью 0,1 В/с в водном растворе 0,4 моль/дм³ муравьиной кислоты, содержащем йодид-ионы в концентрации (мкг/дм³): 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; 6 – 60; 7 – 80; 8 – 100. Концентрирование иода на пленочном амальгамном электроде проводилось при потенциале 0,0 В в течение 20 с

Fig. 1. Cathodic voltammograms recorded with 0.1 V/s linear potential sweep in aqueous 0.4 mol/dm³ formic acid solution containing iodide ions in concentration (μg/dm³): 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; 6 – 60; 7 – 80; 8 – 100. Accumulation of iodine at amalgam film electrode was performed at electrode potential of 0.0 V for 20 s

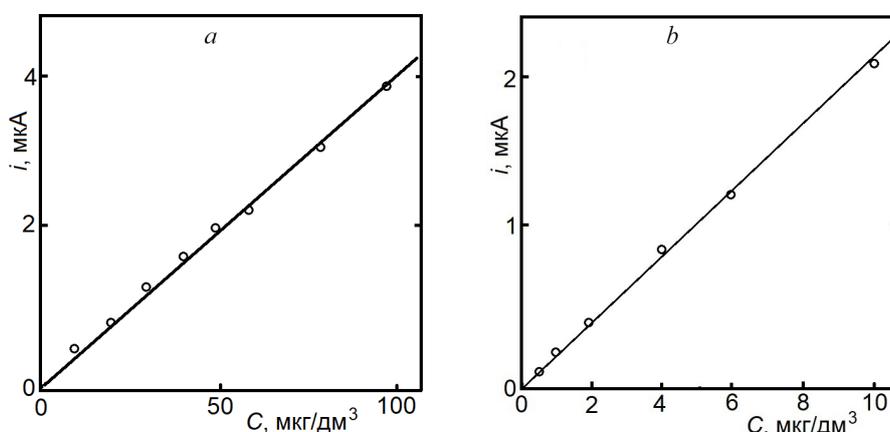


Рис. 2. Зависимость высоты пика катодного тока от содержания иодид-ионов в интервале концентраций 10–100 мкг/дм³ (построена по вольтамперным кривым рис. 1 (а) и 0,5–10 мкг/дм³ (b)

Fig. 2. Dependence of the peak height of the cathode current on the iodide ions content in the concentration range of 10–100 μg / dm³ (constructed from the voltammetry curves of Fig. 1 (a) and 0.5–10 μg/dm³ (b)

иодид-ионов в электролите, описываемая уравнением $i_p = bc$, где i_p – высота пика катодного тока, мкА; c – концентрация иодид-ионов, мкг/дм³, $b = 0,0354$. При концентрации иодид-ионов, превышающей 110–130 мкг/дм³, происходит искажение формы вольтамперных кривых и нарушается линейность зависимости пиковых значений тока катодного восстановления Hg₂I₂ от концентрации иодид-ионов.

Для определения иода в растворах с концентрацией иодид-ионов менее 10 мкг/дм³ время концентрирования иода было увеличено до 80 с при сохранении всех остальных условий проведения анализа. Как установлено из вольтамперных кривых, полученных в интервале концентраций иодид-ионов от 0,5 до 10 мкг/дм³, зависимость пиковых значений катодного тока от концентрации иодид-ионов также является линейной (рис. 2), характеризуясь коэффициентом пропорциональности $b = 0,191$.

Для проверки правильности методики определения иода использовали метод «введено-найдено». Содержание иода для всех использовавшихся концентраций иодид-ионов в ячейке рассчитывали по результатам четырех параллельных анализов модельного раствора, приготовленного введением в ячейку стандартного (ГСО) раствора иодида. Интервальные значения содержания иода в модельных растворах $X_{cp} \pm \Delta X$ и относительные стандартные отклонения S_r рассчитывали при доверительной вероятности 95 %.

На рис. 3 в качестве примера представлены вольтамперные кривые, полученные в модельном растворе, содержащем 7 мкг/дм³ иодид-ионов. Откуда видно, что в фоновом электролите величина катодного тока находится на уровне флуктуаций ввиду отсутствия иодид-ионов в электролите. В модельном растворе иодида фиксируется пик тока при потенциале –0,26 В, связанный с восстановлением Hg₂I₂. При увеличении концентрации иодид-ионов добавлением в раствор стандартного раствора иодида высота пика тока восстановления Hg₂I₂ возрастает. Аналогичная процедура осуществлялась для всех использовавшихся концентраций модельных растворов иодида. На основании проведенных исследований найдено содержание иода в модельных растворах (табл. 1).

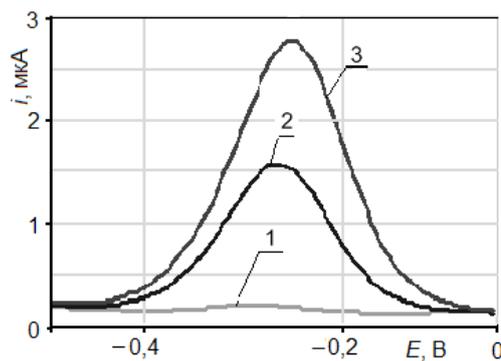


Рис. 3. Катодные вольтамперные кривые, полученные в фоновом электролите, содержащем 0,4 моль/дм³ муравьиной кислоты (1), в модельном растворе, содержащем 7 мкг/дм³ иодид-ионов (2), в модельном растворе с добавкой 0,03 см³ стандартного раствора, с концентрацией I⁻-ионов 2 мг/дм³ (3)

Fig. 3. Cathodic voltammograms recorded in a background electrolyte containing 0.4 mol/dm³ of formic acid (1), in a model solution containing 7 µg/dm³ of iodide ions (2), in a model solution with the addition of 0.03 cm³ of the standard solution with a concentration of I⁻ ions of 2 mg/dm³ (3)

Таблица 1. Результаты проверки методики определения иода методом «введено–найдено»
Table 1. Results of testing the procedure for determining iodine by the «introduced–found» method

Введено, мкг/дм ³	Найдено, мкг/дм ³ , $X_{cp} \pm \Delta X$	S_r , %	Введено, мкг/дм ³	Найдено, мкг/дм ³ , $X_{cp} \pm \Delta X$	S_r , %
0,5	0,48±0,04	6,1	20	21,15±0,82	2,8
1	1,03±0,08	5,6	30	31,45±1,22	2,8
3	2,85±0,16	4,0	50	47,77±1,79	2,7
5	4,76±0,21	3,2	60	62,43±2,34	2,7
7	7,34±0,31	3,2	80	77,68±2,69	2,5
10	9,65±0,40	3,0	100	96,75±3,22	2,4

Из табл. 1 видно, что инверсионно-вольтамперметрическая методика определения иода может быть применена в интервале концентраций иодид-ионов от 0,5 до 100 мкг/дм³, причем относительное стандартное отклонение при доверительной вероятности 95 % для малых концентраций иодид-ионов не превышает 6,1 %, а для концентраций свыше 10 мкг/дм³ – 3 %.

Для определения иода в водорастворимых иодосодержащих поливитаминных препаратах в ячейку, содержащую 10 см³ фоновое электролита (0,4 моль/дм³ муравьиной кислоты), вводили аликвоту объемом 0,1 см³, отобранную из раствора 0,3–0,4 г витаминного препарата в 10 см³ бидистиллата. Вначале регистрировали вольтамперную кривую в фоновом электролите, затем в электролите с введенной аликвотой раствора витаминного препарата, и после добавления

в ячейку $0,05 \text{ см}^3$ стандартного (ГСО) раствора иодид-ионов концентрацией 2 мг/дм^3 . Содержание иода в витаминных препаратах рассчитывали по разности токов на вольтамперных кривых пробы и фона, а также пробы с добавкой стандартного раствора и фона. Параллельно определяли содержание иода в витаминных препаратах титриметрическим методом [8], основанным на удалении органических веществ, экстракции иодида, окислении иодида в иодат с выделением свободного иода, который оттитровывали тиосульфатом натрия.

Т а б л и ц а 2. Результаты определения иода на фоне редокс-активных ингредиентов, содержащихся в одной таблетке (масса 4 г) поливитаминных препаратов
 T a b l e 2. Results of the determination of iodine against the background of redox active ingredients contained in 1 tablet (weight 4 g) of multivitamin preparations

№ п/п	Содержание редокс-активных компонентов, мг							Содержание иода, мкг		
	С	В ₁	В ₂	В ₆	Сu	Mn	Fe	Регл	ИВА	Титр
1	75	2	2	2	0,4	1,2	2	100	53,6	50,4
2	65	0,9	0,85	1,14	0,4	1	4	100	64,8	62,0
3	60	0,8	1,2	1,07	0,4	1	4	100	50,1	48,4
4	75	1,6	2	1,64	0,4	1,2	2	100	59,2	60,8

П р и м е ч а н и е. Регл – регламентировано предприятием-изготовителем препарата; ИВА – определено методом инверсионно-вольтамперметрического анализа; Титр – определено методом титрования.

Из табл. 2 следует, что результаты определения иода методами ИВА и титриметрии в поливитаминных препаратах близки между собой. Этот факт представляется нетривиальным, поскольку использовавшиеся поливитаминные препараты содержат значительные количества редокс-активных ингредиентов, в принципе способных участвовать как в анодном (формирование осадка Hg_2I_2), так и в катодном (восстановление осадка) процессах. Трудно объяснимым выглядит значительное отклонение в количественном содержании иода, регламентированного предприятиями-изготовителями препарата, и определенного методами ИВА и титриметрического анализа. Поскольку технология изготовления данных препаратов предполагает обеспечение заданного содержания иода путем введения расчетного количества иодида калия, можно предположить, что понижение его содержания в таблетках препарата вызвано окислением иодида до элементарного иода с его последующей сублимацией на одной из конечных стадий производства либо при последующем хранении. Процесс окисления иодида, вероятно, происходит с участием редокс-активных компонентов препарата, в том числе и в результате катализируемой ими реакции взаимодействия с кислородом воздуха. Отметим, что данный вопрос, а также изучение соответствия между регламентируемым и действительным содержанием иода у различных производителей и динамики его потери во время хранения выходит за рамки настоящего исследования.

З а к л ю ч е н и е. Показана возможность определения иодид-ионов в поливитаминных препаратах методом инверсионной вольтамперметрии с использованием амальгамированного серебряного индикаторного электрода и фонового электролита на основе $0,4 \text{ моль/дм}^3$ водного раствора муравьиной кислоты при наличии в определяемом образце редокс-активных компонентов с концентрацией, превышающей содержание иодида в 600–1000 (аскорбиновая кислота), 8–20 (тиамин, рибофлавин), 20–40 (ионы железа), 10–12 (ионы марганца), 4–6 (ионы меди) раз. Анодное концентрирование иодида в форме иодида ртути Hg_2I_2 на индикаторном электроде осуществляется при потенциале 0,0 В (относительно хлорсеребряного электрода сравнения) в течение 20 с при определении иода в водных растворах с концентраций иодид-ионов $10\text{--}100 \text{ мкг/дм}^3$ и в течение 60 с в растворах с концентрацией $0,5\text{--}10 \text{ мкг/дм}^3$. Регистрация на потенциодинамической вольтамперограмме пика катодного тока, характеризующего количество осажденного иодида ртути на индикаторном электроде, осуществляется в интервале потенциалов от +0,1 до –0,7 В с максимумом при –0,26 В. Методом «введено–найдено» проведена проверка правильности определения иода. Установлено, что относительное стандартное отклонение (при доверительной вероятности 95 %) снижается с 6,1 до 3,2 % при повышении концентрации иодида от $0,5$ до $5,0 \text{ мкг/дм}^3$ и составляет 2,4–3 % в интервале концентраций $10\text{--}100 \text{ мкг/дм}^3$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Simple and rapid determination of iodide in table salt by stripping potentiometry at a carbon-paste electrode / I. Švancara [et al.] // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2002. – Vol. 372, N 7–8. – P. 795–800. <https://doi.org/10.1007/s00216-002-1263-5>
2. Campos, M. L. New approach to evaluating dissolved iodine speciation in natural waters using cathodic stripping voltammetry and a storage study for preserving iodine species / M. L. Campos // *Marine Chem.* – 1997 – Vol. 57, N 1–2. – P. 107–117. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(96\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(96)00093-X)
3. Luther, G.W. Direct determination of iodide in seawater by cathodic stripping square wave voltammetry / G. W. Luther, C. B. Swartz, W. J. Ullman // *Anal. Chem.* – 1988. – Vol. 60, N 17. – P. 1721–1724. doi: 10.1021/ac00168a017
4. Holak, W. Determination of iodine in foods by cathodic stripping voltammetry / W. Holak // *Anal. Chem.* – 1987. – Vol. 59, N 17. – P. 2218–2221. <https://doi.org/10.1021/ac00144a047>
5. Yang, S. Determination of trace iodine in food and biological samples by cathodic stripping voltammetry / S. Yang, S. Fu, M. Wang // *Anal. Chem.* – 1991. – Vol. 63, N 24. – P. 2970–2973. <https://doi.org/10.1021/ac00024a031>
6. Yang, L. Simple and rapid determination of trace iodide by cathodic stripping voltammetry / L. Yang, L. Zou, G. Li, B. Ye // *Talanta.* – 2016. Vol. 147, N 1. – P. 634–640. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.048>
7. Boulton, E. H. The structure of anodic films formed on mercury in halide solutions / E. H. Boulton, H. R. Thirsk // *Trans. Faraday Soc.* – 1954. – Vol. 50. – P. 404–412. <https://doi.org/10.1039/TF9545000404>
8. Методические указания МУК 4.1.1106-02. Определение массовой доли йода в пищевых продуктах и сырье титриметрическим методом. – М.: Минздрав России, 2002. – 21 с.

References

1. Švancara I., Ogorevc B., Nović M., Vytřas K. Simple and rapid determination of iodide in table salt by stripping potentiometry at a carbon-paste electrode. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2002, vol. 372, no. 7-8, pp. 795–800. <https://doi.org/10.1007/s00216-002-1263-5>
2. Campos M. L. New approach to evaluating dissolved iodine speciation in natural waters using cathodic stripping voltammetry and a storage study for preserving iodine species. *Marine Chemistry*, 1997, vol. 57, no. 1–2, pp. 107–117. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(96\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(96)00093-X)
3. Luther G. W., Swartz C. B., Ullman W. J. Direct determination of iodide in seawater by cathodic stripping square wave voltammetry. *Analytical Chemistry*, 1988, vol. 60, no. 17, pp. 1721–1724. <https://doi.org/10.1021/ac00168a017>
4. Holak W. Determination of iodine in foods by cathodic stripping voltammetry. *Analytical Chemistry*, 1987, vol. 59, no. 17, pp. 2218–2221. <https://doi.org/10.1021/ac00144a047>
5. Yang S., Fu S., Wang M. Determination of trace iodine in food and biological samples by cathodic stripping voltammetry. *Analytical Chemistry*, 1991, vol. 63, no. 24, pp. 2970–2973. <https://doi.org/10.1021/ac00024a031>
6. Yang L., Zou L., Li G., Ye B. Simple and rapid determination of trace iodide by cathodic stripping voltammetry. *Talanta*, 2016, vol. 147, no. 1, pp. 634–640. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.048>
7. Boulton E. H., Thirsk H. R. The structure of anodic films formed on mercury in halide solutions. *Transactions of the Faraday Society*, 1954, vol. 50, pp. 404–412. <https://doi.org/10.1039/TF9545000404>
8. Metodicheskiye ukazaniya IUK 4.1.1106-02. *Methodical instructions of the IUK 4.1.1106-02. Determination of the mass fraction of iodine in food products and raw materials by the titrimetric method.* Moscow, Ministry of Health, 2002. 21 p. (in Russian).

Информация об авторах

Анатолий Иосифович Кулак – член-корреспондент, д-р хим. наук, профессор, директор Института общей и неорганической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kulak@igic.bas-net.by

Николай Петрович Матвейко – д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой физикохимии материалов и производственных технологий, Белорусский государственный экономический университет (ул. Свердлова, 7/5, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: matveiko np@mail.ru

Алла Мечиславовна Брайкова – канд. хим. наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет (ул. Свердлова, 7/5, 220030, Минск, Республика Беларусь).

Виктор Васильевич Садовский – д-р техн. наук, профессор, Белорусский государственный экономический университет (пр. Партизанский, 26, 220070, Минск, Республика Беларусь). E-mail: sadovski v@bseu.by

Information about the authors

Anatoly I. Kulak – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, D. Sc. (Chemistry), Professor, Director of the Institute of General and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kulak@igic.bas-net.by

Nikolai P. Matveiko – D. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Department of Physical Chemistry of Materials and Manufacturing Technologies, Belarusian State Economic University (7/5, Sverdlov Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: matveiko np@mail.ru

Alla M. Braikova – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Belarusian State Economic University (7/5, Sverdlov Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

Viktor V. Sadovskiy – D. Sc. (Chemistry), Professor, Belarusian State Economic University (26, Partizanski Ave., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sadovski v@bseu.by