

ЗАМЕТКИ

УДК [574.5.088:543.4]:546.15

**КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
МАССОВОЙ ДОЛИ СУММАРНОГО ЙОДА В МОРСКИХ ГИДРОБИОНТАХ
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

© 2026 г. Р. Г. Геворгиз, Е. В. Зиновьева, С. Н. Железнова, **Н. И. Бобко**

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

Севастополь, Российская Федерация

E-mail: r.gevorgiz@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.07.2024; после доработки 29.12.2024;
принята к публикации 21.11.2025.

Приведена методика количественного определения суммарного йода в гидробионтах, заключающаяся в минерализации биомассы в присутствии КОН и окислении неорганических соединений йода бромом до йодатов с удалением излишков брома формиатом. Йодаты в кислой среде восстанавливают йодидом до элементарного йода, который экстрагируют хлороформом и определяют по поглощению света в диапазоне 502–510 нм; нижняя граница определяемого содержания — 10^{-6} г. Для увеличения чувствительности в хлороформную фракцию добавляют 10%-ный спиртовой раствор йодида калия. После образования триодида калия определяют йод по поглощению света в области 225 или 325 нм; нижняя граница определяемого содержания — 10^{-9} г.

Ключевые слова: морские организмы, йодорганические соединения

Эссенциальные элементы играют ведущую роль в морских экосистемах. Анализ путей метаболизма, определение количественного содержания этих элементов в гидробионтах и многие другие прикладные аспекты заслуживают пристального внимания исследователей. Особое место как в теоретическом, так и в практическом плане занимает йод. Несмотря на его важность в рационе, в том числе для человека, изучению метаболизма йода у морских гидробионтов посвящено ограниченное число публикаций. Отчасти это связано с тем, что многие методы его определения являются достаточно трудоёмкими и дорогостоящими либо характеризуются низкой чувствительностью. Метод выбирают с учётом его аналитических возможностей и доступности технических средств измерения, а также концентрации йода в объекте исследования. В лабораторной практике используют следующие методы анализа: фотометрические [Брянская, Лескова, 2006; ГОСТ 26185-84, 2004; Лабораторный практикум, 1991; Мазор, 1986; Починок, 1976; Р 4.1.1672-03, 2004], титриметрические [Брянская, Лескова, 2006; ГОСТ 25832-89, 1996; ГОСТ 31505-2012, 2013; Ермоленко и др., 2010; Мазор, 1986; МУК 4.1.1106-02, 2002; Р 4.1.1672-03, 2004], кинетические [Бозина, Рувинский, 2003; ГОСТ 28458-90, 2006; Ермоленко и др., 2010; Фархутдинов и др., 2013], хроматографические [Бозина, Рувинский, 2003; Mishra et al., 2000; Nitschke, Stengel, 2015; Yeh et al., 2014], радиохимические [Бозина, Рувинский, 2003], электрохимические [ГОСТ 31505-2012, 2013; ГОСТ 31660-2012, 2013; МУК 4.1.1481-03, 2003], методы атомно-эмиссионной спектроскопии [Milinovic et al., 2021] и масс-спектрометрические [ГОСТ EN 15111-2015, 2017; Mello et al., 2013].

Цель исследования — разработать теоретическую основу для создания простого спектрофотометрического метода определения массовой доли суммарного йода в биомассе гидробионтов.

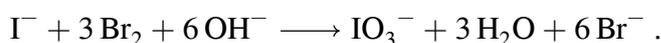
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В биомассе морских организмов йод в основном представлен в органической форме. При пробоподготовке (при минерализации биомассы) происходит окисление органических и неорганических соединений йода, в результате чего возможны потери йода из-за сублимации его паров. Чтобы предотвратить эти потери, минерализацию биомассы осуществляют в присутствии щёлочи:

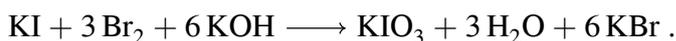


Минерализацию необходимо осуществлять в присутствии КОН при температуре +500...+550 °С, поскольку йодат калия разлагается с выделением кислорода при +560...+650 °С, а у йодата натрия температура разложения гораздо ниже +500 °С.

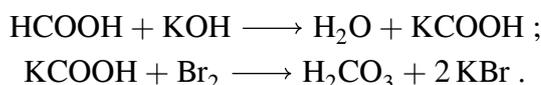
Образовавшиеся соединения йодида в ходе минерализации окисляют бромом в щелочной среде в йодаты (IO_3^-):



Например, в присутствии КОН:

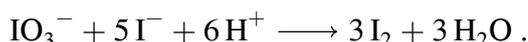


Излишек элементарного брома удаляют с помощью формиата после образования его в щелочной среде:



Затем подкисляют серной кислотой.

Йодаты в кислой среде восстанавливают йодидом до элементарного йода:



Например, йодидом калия в присутствии муравьиной кислоты:



Йод концентрируют из водного раствора экстракцией с помощью хлороформа и определяют по поглощению света в диапазоне длин волн 502–510 нм. Нижняя граница определяемого содержания — 10^{-6} г. Для увеличения чувствительности в хлороформную фракцию добавляют 10%-ный спиртовой раствор йодида калия, в результате чего образуется трийодид калия:



Йод определяют в ультрафиолетовой области при длине волны 225 или 325 нм. Таким образом чувствительность может быть увеличена в 20 раз. Нижняя граница определяемого содержания — 10^{-9} г.

Предложенный простой метод пригоден для рутинных измерений, он не требует много времени, а также дорогостоящих реактивов и оборудования.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» (№ гос. регистрации 124022400152-1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бозина Т. В., Рувинский О. Е. Сравнительный анализ различных методов определения йода в пищевых продуктах // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2003. № 4 (275). С. 87–89. [Bozina T. V., Ruvinsky O. E. Sravnitel'nyi analiz razlichnykh metodov opredeleniya ioda v pishchevykh produktakh. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, 2003, no. 4 (275), pp. 87–89. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/qcpinp>
2. Брянская И. В., Лескова С. Ю. *Методы определения содержания йода в пищевом сырье и продуктах питания / Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*. Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2006. 32 с. [Bryanskaya I. V., Leskova S. Yu. *Metody opredeleniya sodержaniya ioda v pishchevom syr'e i produktakh pitaniya / Vostochno-Sibirskii gosudarstvennyi universitet tekhnologii i upravleniya*. Ulan-Ude : Izd-vo VSGUTU, 2006, 32 p. (in Russ.)]
3. *Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств* : [учебное пособие для пищевых вузов] / под ред. Л. П. Ковальской. Москва : Агропромиздат, 1991. 335 с. [*Laboratoryni praktikum po obshchei tekhnologii pishchevykh proizvodstv* : [uchebnoe posobie dlya pishchevykh vuzov] / L. P. Koval'skaya (Ed.). Moscow : Agropromizdat, 1991, 335 p. (in Russ.)]
4. ГОСТ 25832-89. *Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия*. Москва : Изд-во стандартов, 1996. 14 с. [GOST 25832-89. *Dietic Bread Products. Specifications*. Moscow : Izd-vo standartov, 1996, 14 p. (in Russ.)]
5. ГОСТ 26185-84. *Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа*. Москва : Изд-во стандартов, 2004. 34 с. [GOST 26185-84. *Seaweeds, Sea-grasses and Its Processed Products. Methods of Physical and Chemical Analysis*. Moscow : Izd-vo standartov, 2004, 34 p. (in Russ.)]
6. ГОСТ 28458-90. *Корма растительные. Метод определения йода*. Москва : Изд-во стандартов, 2006. 6 с. [GOST 28458-90. *Vegetable Feeds. Method for Determination of Iodine*. Moscow : Izd-vo standartov, 2006, 6 p. (in Russ.)]
7. ГОСТ 31505-2012. *Молоко, молочные продукты и продукты детского питания на молочной основе. Методы определения содержания йода*. Москва : Изд-во стандартов, 2013. 15 с. [GOST 31505-2012. *Milk, Milk Products and Infant Milk Products. Methods of Iodine Determination*. Moscow : Izd-vo standartov, 2013, 15 p. (in Russ.)]
8. ГОСТ 31660-2012. *Продукты пищевые. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации йода*. Москва : Изд-во стандартов, 2013. 15 с. [GOST 31660-2012. *Foods. Anodic Stripping Voltammetric Method of Iodine Mass Concentration Determination*. Moscow : Izd-vo standartov, 2013, 15 p. (in Russ.)]
9. ГОСТ EN 15111-2015. *Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Метод определения йода методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)*. Москва : Изд-во стандартов, 2017. 10 с. [GOST EN 15111-2015. *Foodstuffs. Determination of Trace Elements. Determination of Iodine by ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)*. Moscow : Izd-vo standartov, 2017, 10 p. (in Russ.)]
10. Ермоленко В. П., Харченко О. О., Моисеенко И. Е. Современные аспекты контроля йода в пищевых продуктах. Сравнительный анализ методов // *Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий*. 2010. Вып. 38, т. 2. С. 102–105. [Ermolenko V. P., Kharchenko O. O., Moiseenko I. E. *Sovremennye aspekty kontrolya ioda v pishchevykh produktakh. Sravnitel'nyi analiz metodov*. *Nauchnye trudy Odesskoi natsional'noi akademii pishchevykh tekhnologii*, 2010, iss. 38, vol. 2, pp. 102–105. (in Russ.)]
11. Мазор Л. *Методы органического анализа* / пер. с англ. А. С. Арутюновой, Т. А. Горшковой ; под ред. А. Н. Кашина. Москва : Мир, 1986. 584 с. [Mázor L. *Methods of Organic Analysis* / transl. from Engl. by A. S. Arutyunova, T. A. Gorshkova ; A. N. Kashin (Ed.). Moscow : Mir, 1986, 584 p. (in Russ.)]
12. МУК 4.1.1106-02. *Методы контроля. Химические факторы. Определение массовой доли йода в пищевых продуктах и сырье титриметрическим методом*. Москва : Минздрав России, 2002. 16 с. [MUK 4.1.1106-02. *Metody kontrolya. Khimicheskie faktory. Opredelenie massovoi doli ioda v pishchevykh produktakh*

- i syr'e titrimetricheskim metodom.* Moscow : Minzdrav Rossii, 2002, 16 p. (in Russ.)]
13. МУК 4.1.1481-03. *Определение массовой концентрации йода в пищевых продуктах, продовольственном сырье, пищевых и биологически активных добавках вольтамперометрическим методом.* Москва : Минздрав России, 2003. 43 с. [МУК 4.1.1481-03. *Opredelenie massovoi kontsentratsii ioda v pishchevykh produktakh, prodovol'stvennom syr'e, pishchevykh i biologicheskii aktivnykh dobavkakh vol'tampermetricheskim metodom.* Moscow : Minzdrav Rossii, 2003, 43 p. (in Russ.)]
 14. Починок Х. Н. *Методы биохимического анализа растений / АН УССР, Ин-т физиологии растений.* Киев : Наукова думка, 1976. 336 с. [Pochinok Kh. N. *Metody biokhimicheskogo analiza rastenii / AN USSR, In-t fiziologii rastenii.* Kyiv : Naukova dumka, 1976, 336 p. (in Russ.)]
 15. Р 4.1.1672-03. *Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище.* Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с. [R 4.1.1672-03. *Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche.* Moscow : Federal'nyi tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 240 p. (in Russ.)]
 16. Фархутдинов Р. Г., Кудашкина Н. В., Хасанова С. Р., Трофимова С. В. Определение содержания йода в растениях Республики Башкортостан // *Растительные ресурсы.* 2013. Т. 49, вып. 1. С. 139–146. [Farkhutdinov R. G., Kudashkina N. V., Khasanova S. R., Trofimova S. V. The estimation of iodine content in the plants in Bashkortostan Republic. *Rastitel'nye resursy*, 2013, vol. 49, iss. 1, pp. 139–146. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/puoyzb>
 17. Mello P. A., Barin J. S., Duarte F. A., Bizzi C. A., Diehl L. O., Muller E. I., Flores E. M. M. Analytical methods for the determination of halogens in bioanalytical sciences: A review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2013, vol. 405, iss. 24, pp. 7615–7642. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7077-9>
 18. Milinovic J., Rodrigues C., Diniz M., Noronha J. P. Determination of total iodine content in edible seaweeds: Application of inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy. *Algal Research*, 2021, vol. 53, art. 102149 (7 p.). <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102149>
 19. Mishra S., Singh V., Jain A., Verma K. K. Determination of iodide by derivatization to 4-iodo-*N,N*-dimethylaniline and gas chromatography–mass spectrometry. *The Analyst*, 2000, vol. 125, iss. 3, pp. 459–464. <https://doi.org/10.1039/a908363d>
 20. Nitschke U., Stengel D. B. A new HPLC method for the detection of iodine applied to natural samples of edible seaweeds and commercial seaweed food products. *Food Chemistry*, 2015, vol. 172, pp. 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.030>
 21. Yeh T. S., Hung N. H., Lin T. C. Analysis of iodine content in seaweed by GC-ECD and estimation of iodine intake. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2014, vol. 22, iss. 2, pp. 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.01.014>

QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE MASS FRACTION OF TOTAL IODINE IN MARINE HYDROBIONTS BY THE SPECTROPHOTOMETRIC METHOD

R. Gevorgiz, E. Zinovieva, S. Zheleznova, and N. Bobko

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: r.gevorgiz@ibss-ras.ru

The technique of quantitative analysis of total iodine is given: the mineralization of biomass in the presence of KOH followed by bromine oxidation of inorganic iodine compounds to iodates with removing the excess bromine with formate. Iodates in acidic medium are reduced with iodide to elemental iodine, which is extracted with chloroform and detected by light absorption in the range of 502–510 nm. The lower detection limit is 10^{-6} g. To boost sensitivity, a 10% alcohol solution of potassium iodide is added to the chloroform fraction. After potassium triiodide is formed, iodine is detected by light absorption in the range of 225 or 325 nm. The lower detection limit is 10^{-9} g.

Keywords: marine organisms, organoiodine compounds