

*Водные биоресурсы и среда обитания*  
2023, том 6, номер 4, с. 43–50  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



*Aquatic Bioresources & Environment*  
2023, vol. 6, no. 4, pp. 43–50  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 543.48:546.26:551.35

[https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2023\\_6\\_4\\_43](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_4_43)

EDN: EKYFSB



## ОСОБЕННОСТИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Е. А. Шевцова\*, Е. И. Бурдина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

\*E-mail: [aliona.shewtsowa@yandex.ru](mailto:aliona.shewtsowa@yandex.ru)

### Аннотация

**Введение.** Органическое вещество донных осадков является продуктом жизнедеятельности растительных и животных организмов, определяет физико-химические свойства грунтов и биологическую продуктивность водоема, обогащает водную среду биогенными элементами, а также служит источником питательных веществ для бентосных сообществ, которыми, в свою очередь, питаются рыбы-бентофаги. Наиболее репрезентативным показателем органического вещества в донных отложениях является органический углерод. **Актуальность.** В настоящий момент органический углерод непосредственно в донных отложениях определяется на дорогостоящем оборудовании либо с использованием методик, аттестованных для почв. **Цель.** В работе проводилась разработка и аттестация методики количественного определения органического углерода в донных осадках. **Методы.** Разработанная модификация метода Тюрина основана на фотометрическом определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического углерода после окисления органического вещества донных отложений в хромовой смеси. Мешающее влияние хлоридов устраняли с помощью сульфата серебра; в качестве стандартного образца впервые использовали ГСО глюкозы. **Результаты.** Методика опробована на донных отложениях Азовского моря, результаты измерений согласуются с исследованиями, проведенными классическим методом Тюрина в присутствии сульфата серебра. Разработанная методика не требует дорогостоящего оборудования и пригодна для массовых определений. **Выводы.** По результатам работы была проведена метрологическая аттестация разработанной методики, которая регламентирует порядок определения массовых долей углерода в донных отложениях водных объектов в диапазоне от 0,3 до 16,0 %.

**Ключевые слова:** органический углерод, донные отложения, методика фотометрического определения

## SPECIFIC FEATURES OF PHOTOMETRIC DETERMINATION OF ORGANIC CARBON IN BOTTOM SEDIMENTS

E. A. Shevtsova\*, E. I. Burdina

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia

\*E-mail: aliona.shewtsowa@yandex.ru

### Abstract

**Background.** Organic matter in bottom sediments originates from plants and animals as a metabolic by-product; it determines biological productivity of a water body and physical and chemical properties of its bottom soils, enriches its aquatic environment with biogenic elements, and provides nutrients for its benthic communities, on which, in turn, feed benthophagous fish species. The most representative indicator of the organic matter in bottom sediments is organic carbon. **Relevance.** Currently, for determination of the organic carbon directly in bottom sediments, either expensive equipment or certified methods approved for soils are used. **Aim.** This work presents the results of development and validation of the method for quantitative determination of organic carbon in bottom sediments. **Methods.** The developed modification of I.V. Tyurin's method is based on photometric detection of trivalent chrome that is equivalent to the content of organic carbon after oxidation of the organic matter in bottom sediments in chromosulfuric acid. Chloride interference was precluded with silver sulphate; as a reference standard, the State Standard Sample of glucose was used for the first time. **Results.** This method has been tested on the bottom sediments of the Azov Sea, and the results are found to be in compliance with those obtained from the investigations conducted by the traditional Tyurin's method with silver sulphate. This method does not require expensive equipment and is applicable for mass determination. **Conclusion.** Based on the results of this investigation, a metrological certification of the developed method has been conducted; it regulates the procedure for determination of carbon mass fractions in the bottom sediments of water bodies in the range from 0.3 to 16.0 %.

**Keywords:** organic carbon, bottom sediments, photometric detection method

### ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество донных отложений играет важную роль в круговороте химических элементов водной экосистемы. Оно имеет природный (продукты жизнедеятельности гидробионтов) и антропогенный генезис. Количественное содержание органической составляющей в осадках позволяет оценить трофность водоема и обеспеченность питательным веществом бентосных сообществ, являющихся кормовой базой рыб-бентофагов [1]. Степень накопления органических соединений в донных отложениях регулирует циклы биогенных элементов, газовый режим на границе «вода–дно» и играет значимую роль в аккумуляции в осадках тяжелых металлов, углеводородов и других токсических соединений. Изучение органического вещества является важным аспектом гидробиологических, гидрохимических и геологических исследований и становится особенно актуальным в условиях антропогенного загрязнения [2]. Наиболее репрезентативным показателем содержания органического вещества в донных отложениях является органический углерод [3, 4].

Все методы определения органического углерода основаны на сухом либо мокром сжигании пробы. При сухом сжигании, впервые предложенном С.В. Люцаревым [5], углерод окисляется до  $\text{CO}_2$ ; полученный углекислый газ определяется титриметрически, гравиметрически либо кондуктометрически. В настоящее время распространено определение органического углерода в донных отложениях на экспресс-анализаторах на углерод — например, АН-7529М [6] с использованием в качестве катализатора  $\text{Co}_3\text{O}_4$  при 500 °С [7]; также проводится определение содержания общего углерода в присутствии в качестве плавня  $\text{CuO}$  (либо  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) при 1000 °С [6]. Одними из самых современных методов считаются определение содержания углерода с помощью  $\text{CHN}$ -анализатора [8] и спектрометрия с преобразованием Фурье в средней инфракрасной области с диффузным отражением (DRIFTS) [9]. Данные методы требуют наличия высокотехнологичного и дорогостоящего оборудования, а также высокой квалификации оператора.

Мокрое озоление заключается в окислении органического вещества раствором бихромата калия в серной кислоте. Классический метод Кнопа–

Сабанина предусматривает прямое гравиметрическое определение выделившегося при разложении органических веществ углекислого газа [10]. Многие современные модификации данного метода применяют определение остаточного количества окислителя титриметрически (метод Тюрина) [10] или фотометрически (метод Орлова–Гриндель) [11].

Наиболее часто для массового определения органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ), в т. ч. и в донных отложениях, используют различные модификации метода Тюрина. Методики, описанные в ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества» и Стандартной рабочей методике «Органический углерод почвы. Спектрофотометрический метод Тюрина» (ФАО, 2021), предусматривают мокрое озоление образцов с последующим фотометрированием при длине волны максимального поглощения излучения образовавшимся аква-сульфатными комплексами ионов хрома (III), содержание которых эквивалентно количеству углерода. Массу органического углерода в анализируемой пробе определяют по градуировочной зависимости, полученной при сжигании растворов сравнения, содержащих различное количество соли Мора или сахарозы. Особенностью указанных методик является необходимость озоления градуировочных образцов одновременно с исследуемыми пробами для контроля качества результатов измерений, что увеличивает время выполнения анализа. При испытании проб, содержащих хлориды, возникает необходимость дополнительной промывки грунта, что также повышает трудозатратность проведения измерений. Кроме того, данные методики ориентированы на определение органического вещества в почвах, во вскрышных и вмещающих породах, при проведении почвенного, агрохимического, мелиоративного обследования угодий, а аттестованной методики для донных отложений в настоящий момент не существует.

Целью нашей работы являлась разработка и аттестация модификации метода Тюрина для количественного определения органического углерода в донных осадках, не требующего значительных затрат времени на анализ и использования дорогостоящего оборудования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили пробы, отобранные при проведении работ по экологичес-

кому мониторингу Азовского моря. Всего было исследовано порядка 240 образцов разных типов донных отложений.

Отбор проб донных отложений проводили дночерпателем Петерсена в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01 и РД 52.24.609-2013. Пробу для определения органического углерода отбирали из верхнего слоя донных отложений (0–3 см). Анализ гранулометрического состава донных отложений выполнялся на лазерном дифракционном анализаторе частиц SALD-201V-WEA2 (SHIMADZU).

Пробы морского грунта высушивали, растирали в фарфоровой ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Для определения органического углерода в донных осадках в работе применяли: классический метод Тюрина [10], основанный на титровании пробы солью Мора после мокрого озоления образца в хромовой смеси; ГОСТ 26213-2021, использующий измерение оптической плотности растворов после окисления и растворы соли Мора в качестве градуировочных; авторскую модификацию метода Тюрина.

При разработке модификации метода Тюрина использовали спектрофотометр Uniko 1201, весы лабораторные высокого (II) класса точности (Pioneer PA 214, OHAUS Europe, США), баню водяную лабораторную Stegler WB-4. Для приготовления хромовой смеси растворяли (40,0±0,1) г тонкоизмельченного двуххромовокислого калия в 1 дм<sup>3</sup> дистиллированной воды и полученный раствор смешивали с 1 дм<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты.

Для построения градуировочной зависимости применяли государственный стандартный образец состава водного раствора глюкозы 10 мг/см<sup>3</sup> (МСО 0389-2002). Для этого в термостойкие пробирки вместимостью 50 см<sup>3</sup> по ГОСТ 23932-90 или ГОСТ 25336-82 с помощью пипеток вместимостью 1, 2, 5 см<sup>3</sup> помещали различные количества (0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5) см<sup>3</sup> исходного стандартного раствора глюкозы. Полученные растворы с содержанием органического углерода (0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0) мг использовали для установления градуировочной зависимости. В пробирки с градуировочными растворами добавляли 0,1 г соли  $Ag_2SO_4$ , приливали по 10 см<sup>3</sup> хромовой смеси, штатив с пробирками опускали в кипящую водяную баню (уровень воды в бане должен быть на 2–3 см выше уровня раствора в пробирке). По истечении одного часа штатив с пробирками поме-

щали в водяную баню с холодной водой. После охлаждения растворы количественно переносили в мерные колбы объемом 50 см<sup>3</sup>, доводили до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивали барботированием воздухом. После расслоения фаз (около 24 ч) и последующей фильтрации через бумажный фильтр проводили фотометрирование растворов при длине волны 590 нм относительно раствора с нулевой концентрацией в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см. Градуировочные зависимости оптической плотности растворов от массовой концентрации органического углерода рассчитывали методом наименьших квадратов, новую зависимость устанавливали при использовании нового раствора хромовой смеси.

При выполнении определения органического углерода в донных отложениях массу пробы для анализа выбирали исходя из предполагаемого содержания в ней органического углерода согласно табл. 1.

**Таблица 1.** Зависимость массы навески донных отложений от предполагаемого содержания органического углерода

**Table 1.** Dependence of the weight of bottom sediments on the estimated content of organic carbon

Массовая доля органического вещества, % Mass fraction of organic matter, %	Масса пробы для анализа, мг Sample weight for analysis, mg
До / Up to 2	200–250
2–4	150–200
4–8	100–150
8–16	50–100

Для устранения мешающего влияния хлорид-ионов в пробах морского грунта и ускорения процесса бихроматного окисления добавляли 0,1 г сухого Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Массовую долю органического углерода в образцах донных отложений ( $X$ ) в процентах вычисляли по уравнению:

$$X = \frac{Xr}{m} \times 100, \text{ где}$$

$Xr$  — масса органического углерода в анализируемой пробе, найденная по градуировочной зависимости, мг;

$m$  — масса пробы, мг;

100 — коэффициент пересчета в проценты.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения органического углерода отобрали 6 типов донных отложений Азовского моря с различным гранулометрическим составом [12, 13]. Исследования проводили несколькими способами (табл. 2), основанными на окислении органического углерода бихроматом калия в сильнокислой среде. Известно, что при анализе проб, содержащих хлориды, бихромат также вступает в реакцию с ионами хлора, что приводит к завышению результатов. Массовая доля хлоридов в донных отложениях Азовского моря обычно варьирует в пределах 0,13–0,18 % [14]. Для устранения мешающего влияния хлорид-ионов и более полного окисления органических соединений подводного грунта добавляли 0,1 г сухой соли Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Нами было рассчитано и экспериментально подтверждено, что указанное количество сульфата серебра является оптимальным для исследуемого процесса.

Показано (табл. 2), что классический метод Тюрина и разработанная его модификация дают сопоставимые результаты при анализе различных типов донных отложений акватории Азовского моря в присутствии Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а значения, полученные по ГОСТ 26213-2021, являются завышенными, т. к. методика не учитывает мешающее влияние хлорид-ионов.

Контроль получаемых с помощью разработанной методики результатов проводили методом добавок с применением ГСО раствора глюкозы. Для анализа брали объединенную пробу подготовленного соответствующим образом грунта Азовского моря и добавляли различное количество глюкозы. Окисление проводилось в присутствии сульфата серебра. В результате исследования было установлено, что содержание  $C_{\text{орг}}$  до и после внесения добавок изменялось на внесенное количество глюкозы с незначительными отклонениями (табл. 3).

Полученные результаты были использованы для метрологической аттестации разработанной модификации метода Тюрина. При соблюдении всех регламентируемых условий проведения методики измерений характеристики погрешности результатов измерения с вероятностью 0,95 не должны превышать значений, приведенных в табл. 4.

**Таблица 2.** Результаты определения содержания органического углерода (%) в донных отложениях Азовского моря различными методами (средние значения)

**Table 2.** Results of determination of organic carbon content (%) in the bottom sediments of the Azov Sea by various methods (average values)

Тип донных отложений Type of bottom sediments	Классический метод Тюрина с добавлением $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ Traditional Tyurin's method with the addition of $\text{Ag}_2\text{SO}_4$	ГОСТ 26213-2021 State Standard 26213-2021	Разработанная модификация метода Тюрина Developed modification of Tyurin's method	
			без добавления $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ without addition of $\text{Ag}_2\text{SO}_4$	с добавлением $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ with addition of $\text{Ag}_2\text{SO}_4$
пелит pelite	3,01±0,45	4,66±0,70	3,44±0,45	2,80±0,36
пелит+мелкий алеврит pelite+fine aleurite	2,95±0,59	4,53±0,68	3,14±0,41	2,74±0,36
песок+мелкий алеврит+крупный алеврит sand+fine aleurite+ coarse aleurite	0,87±0,17	1,99±0,40	1,55±0,20	1,28±0,17
мелкий алеврит fine aleurite	2,68±0,54	4,08±0,61	2,79±0,36	2,37±0,31
пелит+крупный алеврит pelite+coarse aleurite	2,71±0,54	3,55±0,53	2,84±0,37	2,60±0,34
ракуша shell	0,55±0,11	1,44±0,29	1,10±0,14	0,96±0,12

**Таблица 3.** Результаты применения метода добавок при фотометрическом определении органического углерода в донных отложениях

**Table 3.** Results of application of the additive method in the photometric determination of organic carbon in bottom sediments

Количество вносимой добавки, мг Amount of the additive, mg	1	2	4	6	8
Полученное среднее содержание добавки, мг Resulting mean content of the additive, mg	<u>0,91</u> (0,89–1,03)	<u>1,97</u> (1,84–2,12)	<u>3,81</u> (3,61–4,05)	<u>5,85</u> (5,68–6,11)	<u>7,78</u> (7,56–8,06)

Таким образом, модификация метода Тюрина позволяет определять содержание органического углерода в донных отложениях водных объектов в диапазоне от 0,3 до 16,0 масс. %.

## ВЫВОДЫ

Разработанная методика фотометрического определения органического углерода в донных отложениях является модификацией метода Тюри-

**Таблица 4.** Диапазон измерений, значения неопределенности результатов измерений в условиях повторяемости, воспроизводимости при принятой вероятности 0,95

**Table 4.** Range of measurements, values of measurement uncertainty under conditions of repeatability, reproducibility with an accepted probability of 0.95

Диапазон измерений массовой доли углерода в донных отложениях водных объектов $X$ , % Measurement range of carbon mass fraction in bottom sediments of water bodies $X$ , %	Показатель повторяемости (стандартная неопределенность в условиях повторяемости) $u_r$ , % Repeatability index (standard uncertainty under repeatability conditions) $u_r$ , %	Показатель воспроизводимости (стандартная неопределенность в условиях воспроизводимости) $u_R$ , % Reproducibility index (standard uncertainty under reproducibility conditions) $u_R$ , %	Показатель правильности $U(\hat{\theta})_m$ , % Precision index $U(\hat{\theta})_m$ , %	Показатель точности $U_m$ , % Accuracy index $U_m$ , %
От 0,3 до 0,8 включ. From 0.3 to 0.8 incl.	8	9	34	40
Свыше 0,8 до 16,0 включ. More than 0.8 up to 16.0 incl.	4	5	11	13

на, использующей фотометрирование растворов после окисления хромовой смесью и стандартные растворы глюкозы для контроля выполнения измерений. Данная методика удобна для массовых определений, имеет достаточно высокую точность и оперативность, не требует дорогостоящего оборудования. Кроме того, преимуществом разработанной модификации метода Тюрина по сравнению с классическим методом является наличие метрологических характеристик и методов контроля получаемых результатов. Мешающее влияние хлоридов при определении органического углерода в донных отложениях устраняется с помощью сульфата серебра, который также выступает в качестве катализатора процесса. Указанная методика опробована на донных отложениях Азовского моря, результаты измерений согласуются с исследованиями, проведенными классическим способом.

Методика фотометрического определения органического углерода в донных отложениях имеет свидетельство об аттестации методики измерений № 056-01.00281-2013-2022 от 30 ноября 2022 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фроленко Л.Н., Живоглядова Л.А., Ковалев Е.А. Состояние кормовой базы рыб-бентофагов Азовского моря. *Вопросы рыболовства*. 2019. Т. 20, № 1: 49–58.
2. Калинин Н.М., Белкина Н.А. Динамика состояния бентосных сообществ и химического состава донных отложений Онежского озера в условиях действия антропогенных и природных факторов. *Принципы экологии*. 2018. № 2: 56–74. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2018.7643>.
3. Тищенко П.Я., Медведев Е.В., Барабанщиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Шевцова М.Г., Шкирникова Е.М., Уланова О.А., Тибенко Е.Ю., Орехова Н.А. Органический углерод и карбонатная система в донных отложениях мелководных бухт залива Петра Великого (Японское море). *Геохимия*. 2020. Т. 65, № 6: 583–598. <https://doi.org/10.31857/S001675252005012X>.
4. Дегтярева Л.В. Сезонная динамика содержания органического углерода в донных отложениях западной части северного Каспия. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3: 484–488.
5. Люцарев С.В. Определение органического углерода в морских донных отложениях методом сухого сжигания. *Океанология*. 1986. Т. 26, вып. 4: 704–708.
6. Забегаев И.А., Шульгин В.Ф., Орехова Н.А. Применение инструментальных методов анализа донных отложений для экологического мониторинга морских экосистем. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2021. Т. 7 (73), № 4: 242–254.
7. Пономарева Л.П., Ткаченко Г.Г., Кротова Л.В. Способ определения органического углерода в

- морских донных осадках. Патент СССР SU 1733951 A1. № 4819263/26. Рег. 28.02.90. Опубл. 15.05.92. Бюл. № 18. 3 с.
8. Froelich P.N. Analysis of organic carbon in marine sediments. *Limnology and Oceanography*. 1980. Vol. 25, no. 3: 564–572.
  9. Tung J.W.T., Tanner P.A. Instrumental determination of organic carbon in marine sediments. *Marine Chemistry*. 2003. Vol. 80, issue 2–3: 161–170. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(02\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(02)00116-0).
  10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Московского государственного университета, 1962. 491 с.
  11. Егоров А.М. Стенд для исследования и экспресс-контроля гумуса почв. *Перспективы науки*. 2018. № 4 (103): 8–12.
  12. Орехова Н.А., Овсяный Е.И. Органический углерод и гранулометрический состав литоральных донных отложений бухты Ласпи (Черное море). *Морской гидрофизический журнал*. 2020. Т. 36, № 3 (213): 287–299. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2020-3-287-299>.
  13. Сыромятников К.В., Габдуллин Р.Р. Закономерности распределения гранулометрических типов современных донных осадков и органического углерода по глубине в западной части Баренцева моря. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*. 2022. Вып. 4: 51–61. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-4-51-61>.
  14. Волошин В.С., Мнацаканян В.Г., Рязанцев Г.Б., Федосов А.В., Хасков М.А. Исследование состава донных иловых отложений Азовского моря как потенциального источника биогаза. *Вісник Приазовського Державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. Вып. 24: 316–322.
- va O.A., Tibenko E.Yu., Orekhova N.A. Organic carbon and carbonate system in the bottom sediments of shallow bights of the Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Geochemistry International*. 2020. Vol. 58, no. 6: 704–718. <https://doi.org/10.1134/S0016702920050109>.
4. Degtyareva L.V. Sezonnaya dinamika sodержaniya organicheskogo ugleroda v donnykh otlozheniyakh zapadnoy chasti severnogo Kaspiya [Seasonal dynamics of organic carbon content in sediments of the Northern Caspian Sea]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*. 2013. Vol. 15, no. 3: 484–488. (In Russian).
  5. Lyutsarev S.V. Opredelenie organicheskogo ugleroda v morskikh donnykh otlozheniyakh metodom sukhogo sozhzheniya [Determination of organic carbon in marine bottom sediments by dry burning]. *Okeanologiya [Oceanology]*. 1986. Vol. 26, issue 4: 704–708. (In Russian).
  6. Zabegaev I.A., Shulgin V.F., Orekhova N.A. Primenenie instrumental'nykh metodov analiza donnykh otlozheniy dlya ekologicheskogo monitoringa morskikh ekosistem [Application of instrumental methods for analysis of bottom sediments for ecological monitoring of marine ecosystems]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry]*. 2021. Vol. 7 (73), no. 4: 242–254. (In Russian).
  7. Ponomareva L.P., Tkachenko G.G., Krotova L.V. Sposob opredeleniya organicheskogo ugleroda v morskikh donnykh osadkakh [Method for determining organic carbon in sea bottoms]. USSR Patent SU 1733951 A1. No. 4819263/26. Reg. 28.02.90. Publ. 15.05.92. Bull. no. 18. 3 p. (In Russian).
  8. Froelich P.N. Analysis of organic carbon in marine sediments. *Limnology and Oceanography*. 1980. Vol. 25, no. 3: 564–572.
  9. Tung J.W.T., Tanner P.A. Instrumental determination of organic carbon in marine sediments. *Marine Chemistry*. 2003. Vol. 80, issue 2–3: 161–170. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(02\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(02)00116-0).
  10. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual on chemical analysis of soils]. Moscow: Moskovskiy gosudarstvennyy universitet [Moscow State University] Publ., 1962. 491 p. (In Russian).
  11. Egorov A.M. Stend dlya issledovaniya i ekspress-kontrolya gumusa pochv [A stand for the study and rapid monitoring of soil humus]. *Perspektivy nauki [Science Prospects]*. 2018. Vol. 4 (103): 8–12. (In Russian).
  12. Orekhova N.A., Ovsyany E.I. Organic carbon and particle-size distribution in the littoral bottom sediments of the Laspi Bay (the Black Sea). *Physical Oceanography*. 2020. Vol. 27, no. 3: 266–277. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2020-3-266-277>.

## REFERENCES

1. Frolenko L.N., Zhivoglyadova L.A., Kovalev E.A. Sostoyanie kormovoy bazy ryb-bentofagov Azovskogo morya [Status of food resources for benthophagous fish in the Sea of Azov]. *Voprosy rybolovstva [Problems of Fisheries]*. 2019. Vol. 20, no. 1: 49–58. (In Russian).
2. Kalinkina N.M., Belkina N.A. Dinamika sostoyaniya bentosnykh soobshchestv i khimicheskogo sostava donnykh otlozheniy Onezhskogo ozera v usloviyakh deystviya antropogennykh i prirodnykh faktorov [Dynamics of benthic communities state and the sediment chemical composition in Lake Onega under the influence of anthropogenic and natural factors]. *Printsipy ekologii [Principles of the Ecology]*. 2018. No. 2: 56–74. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2018.7643>. (In Russian).
3. Tishchenko P.Ya., Medvedev E.V., Barabanshchikov Yu.A., Pavlova G.Yu., Sagalaev S.G., Tishchenko P.P., Shvetsova M.G., Shkirknikova E.M., Ulano-

13. Syromyatnikov K.V., Gabdullin R.R. Zakonomernosti raspredeleniya granulometricheskikh tipov sovremennykh donnykh osadkov i organicheskogo ugleroda po glubine v zapadnoy chasti Barentseva morya [Regularities of distribution of particulation types of modern bottom sediments and organic carbon by depth in the western part of the Barents Sea]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya* [Moscow University Bulletin. Series 4. Geology]. 2022. Issue 4: 51–61. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-4-51-61>. (In Russian).
14. Voloshin V.S., Mnatsakanyan V.G., Ryazantsev G.B., Fedosov A.V., Khaskov M.A. Issledovanie sostava donnykh ilovykh otlozheniy Azovskogo morya kak potentsial'nogo istochnika biogaza [Investigation of the Azov Sea bottom silt deposits as a potential source of biogas]. *Visnyk Pryazovs'kogo Derzhavnogo tekhnichnogo universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky* [Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical Sciences]. 2012. Issue 24: 316–322. (In Russian).

*Для цитирования:* Шевцова Е.А., Бурдина Е.И. Особенности фотометрического определения органического углерода в донных отложениях. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2023. Т. 6, № 4: 43–50.

**Об авторах:**

**Шевцова Елена Анатольевна**, ведущий специалист Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), [aliona.shewtsowa@yandex.ru](mailto:aliona.shewtsowa@yandex.ru)

**Бурдина Елена Игоревна**, ведущий научный сотрудник Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), ORCID 0000-0001-5129-0157, [helensine@yandex.ru](mailto:helensine@yandex.ru)

**Поступила в редакцию** 25.05.2023

**Поступила после рецензии** 25.08.2023

**Принята к публикации** 31.08.2023

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.*

**Received** 25.05.2023

**Revised** 25.08.2023

**Accepted** 31.08.2023

*Conflict of interest statement*

The authors do not have any conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*