



ISSN 2499-9768 print
ISSN 2499-9776 online

**МОРСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

Том 3 № 1

2018

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

включён в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Российской Федерации.
Журнал реферируется Международной информационной системой по водным наукам и рыболовству
Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA, ProQuest),

Всероссийским институтом научно-технической информации (ВИНИТИ),

а также Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) на базе Научной электронной библиотеки *elibrary.ru* (НЭБ).

Все материалы проходят независимое двойное анонимное рецензирование.

Редакционная коллегия

Главный редактор

Гулин С. Б., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Заместители главного редактора

Токарев Ю. Н., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Солдатов А. А., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Ответственный секретарь

Корнийчук Ю. М., к. б. н., ИМБИ РАН

Адрианов А. В., акад. РАН, д. б. н., проф.,
ИБМ ДВО РАН

Азовский А. И., д. б. н., проф., МГУ

Генкал С. И., д. б. н., проф., ИБВВ РАН

Егоров В. Н., акад. РАН, д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Зуев Г. В., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Коновалов С. К., чл.-корр. РАН, д. г. н., МГИ РАН

Мильчакова Н. А., к. б. н., ИМБИ РАН

Миронов О. Г., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Неврова Е. Л., д. б. н., ИМБИ РАН

Празукин А. В., д. б. н., ИМБИ РАН

Руднева И. И., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Рябушко В. И., д. б. н., ИМБИ РАН

Самышев Э. З., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Совга Е. Е., д. г. н., проф., МГИ РАН

Траpezников А. В., д. б. н., ИЭРиЖ УрО РАН

Финенко З. З., д. б. н., проф., ИМБИ РАН

Arvanitidis Chr., PhD (Marine Biol.), HCMR, Greece

Bat L., PhD (Marine Biol.), Prof., Sinop Univ., Turkey

Ben Souissi J., PhD (Env. Sc.), Prof., INAT, Tunis

Kociolek J. P., PhD (Marine Sc.), Prof., CU, USA

Magni P., PhD (Marine Sc.), IAMC-CNR, Italy

Moncheva S., PhD (Marine Biol.), Prof., IO BAS, Bulgaria

Bulgaria

Pešić V., PhD (Biol.), Prof., Univ. of Montenegro, Montenegro

Montenegro

Zaharia T., PhD (Ecology, Env. Sc.), NIMRD, Romania

Адрес редакции и издателя

Институт морских биологических исследований

имени А. О. Ковалевского РАН

пр. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Россия

Телефон: +7 (8692) 54-41-10

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

Editorial Board

Editor-in-chief

Gulin S. B., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Assistant editors

Tokarev Yu. N., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Soldatov A. A., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Executive secretary

Kornyychuk Yu. M., PhD (Biol.), IMBR RAS

Adrianov A. V., Acad. of RAS, D. Sc. (Biol.), Prof.,
IMB FEB RAS, Russia

Arvanitidis Chr., PhD (Marine Biol.), HCMR, Greece

Azovsky A. I., D. Sc. (Biol.), Prof., MSU, Russia

Bat L., PhD (Marine Biol.), Prof., Sinop Univ., Turkey

Ben Souissi J., PhD (Env. Sc.), Prof., INAT, Tunis

Egorov V. N., Acad. of RAS, D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Finenko Z. Z., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Genkal S. I., D. Sc. (Biol.), Prof., IBIW RAS, Russia

Kociolek J. P., PhD (Marine Sc.), Prof., CU, USA

Konvalov S. K., Corr. Member of RAS, D. Sc. (Geogr.),

Prof., MHI RAS, Russia

Magni P., PhD (Marine Sc.), IAMC-CNR, Italy

Milchakova N. A., PhD (Biol.), IMBR RAS

Mironov O. G., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Moncheva S., PhD (Marine Biol.), Prof., IO BAS, Bulgaria

Nevrova E. L., D. Sc. (Biol.), IMBR RAS

Pešić V., PhD (Biol.), Prof., Univ. of Montenegro, Montenegro

Prazukin A. V., D. Sc. (Biol.), IMBR RAS

Rudneva I. I., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Ryabushko V. I., D. Sc. (Biol.), IMBR RAS

Samyshev E. Z., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Sovga E. E., D. Sc. (Geogr.), Prof., MHI RAS, Russia

Trapeznikov A. V., D. Sc. (Biol.), IPAE UB RAS

Zaharia T., PhD (Ecology, Env. Sc.), NIMRD, Romania

Zuyev G. V., D. Sc. (Biol.), Prof., IMBR RAS

Address of the Editorial Office

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research

Russian Academy of Sciences

Nakhimov avenue, 2, Sevastopol, 299011, Russian Federation

Tel.: +7 (8692) 54-41-10

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

2018 Том 3 № 1

Основан в феврале 2016 г.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Научные сообщения

Асадов Х. Г., Аскерова С. А.

Сравнительная оценка балансного и синоптического методов определения
ассимиляционной ёмкости водных экосистем 3–8

Болтачева Н. А., Макаров М. В., Бондаренко Л. В., Ковалева М. А.

Макрозообентос рыхлых грунтов под мидийно-устричной фермой
(Чёрное море, район Севастополя) 9–22

Бондарев И. П., Ревков Н. К.

Консорты брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)
в северной части Чёрного моря. Часть III: Mollusca (Gastropoda) 23–34

Зуев Г. В., Бондарев В. А., Самотой Ю. В.

Локальный перелов черноморского шпрота (*Sprattus sprattus*: Clupeidae, Pisces)
и внутривидовая дифференциация 35–45

Копытина Н. И.

Corollospora intermedia и *Nia globospora* [as '*Nia globispora*'] —
новые для Чёрного моря виды морских грибов 46–52

Тренкениш Р. П., Лелеков А. С., Новикова Т. М.

Линейный рост морских микроводорослей в культуре 53–60

Исторические хроники

Русанов К. В.

Н. В. Морозова-Водяницкая на Новороссийской биологической станции:
первые годы (1920–1926) — самые трудные 61–72

Заметки

Живоглядова Л. А., Ревков Н. К., Ковалев Е. А.

Расширение ареала двустворчатого моллюска *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774)
в бассейне Нижнего Дона 73–75

Хроника и информация

К 125-летию Владимира Алексеевича Водяницкого 76–78

Памяти Галины-Ванцетти Васильевны Муриной (06.10.1927–01.02.2018) 79–80

Памяти Галины Евдокимовны Лазоренко (08.03.1942–14.02.2018) 81–83

Памяти Юрия Николаевича Токарева (19.08.1943–14.01.2018) 84–86

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ZOOLOGICAL INSTITUTE
KOVALEVSKY INSTITUTE
OF MARINE BIOLOGICAL RESEARCH

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

2018 Vol. 3 no. 1

Established in February 2016

SCIENTIFIC JOURNAL

4 issues per year

CONTENTS

Scientific communications

Asadov H. H., Askerova S. A.

Comparative evaluation of the balance and synoptic methods of determination
of the assimilation volume of water ecosystems 3–8

Boltacheva N. A., Makarov M. V., Bondarenko L. V., Kovaleva M. A.

The macrozoobenthos under clam farm (the Black Sea, Sevastopol region) 9–22

Bondarev I. P., Revkov N. K.

Consorts of gastropod *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)
in the Northern Black Sea. Part III: Mollusca (Gastropoda) 23–34

Zuyev G. V., Bondarev V. A., Samotoi Iu. V.

Local overfishing of the Black Sea sprat (*Sprattus sprattus*: Clupeidae, Pisces)
and intraspecies differentiation 35–45

Kopytina N. I.

Corollospora intermedia and *Nia globospora* [as '*Nia globispora*'], marine fungi
new for the Black Sea 46–52

Trenkenshu R. P., Lelekov A. S., Novikova T. M.

Linear growth of marine microalgae culture 53–60

Historical chronicles

Rusanov K. V.

N. V. Morozova-Vodyanitskaya in the Novorossiysk biological station:
the early years (1920–1926) where the most difficult ones 61–72

Notes

Zhivoglyadova L. A., Revkov N. K., Kovalev E. A.

Extension of the bivalve *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) areal
in the Lower Don river system 73–75

Chronicle and information

To the 125th anniversary of Vladimir Vodyanitsky 76–78

To the memory of Galina-Vantsetti Murina (06.10.1927–01.02.2018) 79–80

To the memory of Galina Lazorenko (08.03.1942–14.02.2018) 81–83

To the memory of Yuriy Tokarev (19.08.1943–14.01.2018) 84–86



УДК 551.5:574.5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БАЛАНСНОГО И СИНОПТИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АССИМИЛЯЦИОННОЙ ЁМКОСТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

© 2018 г. **Х.Г. Асадов, С.А. Аскерова**

Национальное аэрокосмическое агентство, Баку, Азербайджанская Республика

E-mail: asadzade@rambler.ru

Поступила в редакцию 20.10.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

Известно, что ассимиляционная ёмкость (АЕ) водной акватории определяется как максимальная динамическая вместимость такого количества загрязняющих веществ определённого вида, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы экосистемы при условии отсутствия нарушения её нормального функционирования. Статья посвящена сравнительному исследованию показателей АЕ, рассчитанных по балансному и синоптическому методам. Предложено геометрическое представление указанных сравняемых методов в трёхмерном пространстве $\{T, V, C\}$, где T — временной интервал, V — объём водной массы, C — концентрация загрязняющих веществ. Приведены количественные соотношения между двумя рассмотренными показателями АЕ. Полученные результаты применены к выбранным зонам акватории северной части прибрежной зоны азербайджанского сектора Каспийского моря. Показано, что для зимнего сезона значения ассимиляционной ёмкости, рассчитанные по синоптическому методу (A_c), несколько ниже, чем аналогичные показатели, рассчитанные по балансному методу (A_p), и составляют $(0,6 \div 0,8)$ от A_p . Такой результат можно считать лучше известных результатов, в которых разница в оценках достигает одного порядка.

Ключевые слова: ассимиляционная ёмкость, морские акватории, синоптический метод, балансный метод, загрязнение моря

Согласно определению Ю. А. Израэля и А. В. Цыбань [4], ассимиляционная ёмкость (АЕ) водной экосистемы по загрязняющему веществу определяется как максимальная динамическая вместимость такого количества загрязняющего вещества, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за счёт процессов седиментации, диффузии или любого другого переноса за пределы экосистемы без нарушения её нормального функционирования [1]. Согласно [2], уравнение динамики загрязняющего вещества в водной среде имеет вид:

$$V \frac{d\bar{C}_i}{dt} = \int_{S_a} (P_{ai} \pm P'_{ai}) dS + \int_L (P_{Li} \pm P'_{Li}) dL + \int_{S_b} (P_{bi} \pm P'_{bi}) dS + \int_{S_a} \int_0^{Z_b} B_{chi} k_{(z)} dz dS, \quad (1)$$

где V — объём водной экосистемы; \bar{C}_i — усреднённая величина концентрации загрязняющего вещества; S_a — площадь поверхности водного объекта; S_b — площадь дна; L — длина береговой линии; Z_b — глубина; P_i — параметр, характеризующий процессы обмена загрязняющего вещества через границу (например, атмосферное осаждение, седиментационный вынос и т. д.); B_{chi} — скорость микробиологического и химического разрушения загрязняющего вещества; $k_{(z)}$ — коэффициент, указывающий

на зависимость V_{chi} от освещённости и температуры. Штрихи обозначают те источники, которые характеризуют химическую и биологическую трансформацию в пограничной области.

В данной работе проводится сравнительное исследование показателей ассимиляционной ёмкости, рассчитанных по синоптическому (A_c) и балансному (A_p) методам.

Согласно [2], из уравнения (1), используя метод теории размерностей, можно получить следующее уравнение для вычисления суммарного удаления A_p загрязняющего вещества из водной экосистемы:

$$A_p = k \cdot \frac{V}{\tau} C_i, \quad (2)$$

где k — коэффициент запаса, отражающий экологические условия протекания процесса загрязнения в различных зонах экосистемы; τ — время пребывания загрязняющего вещества в экосистеме; C — концентрация загрязняющего вещества, $C \leq C_0$ (C_0 — критическая концентрация загрязняющего вещества в воде).

Ассимиляционная ёмкость может быть оценена по формуле (2) при $C = C_0$.

Кроме вышеуказанного метода определения ассимиляционной ёмкости А. М. Владимирова, существуют биогеохимический метод С. А. Патина [7], эколого-географический метод В. В. Дмитриева [3] и др.

Применительно к условиям загрязнения Каспийского моря наиболее целесообразным для использования является, на наш взгляд, «синоптический метод», разработанный специалистами Дагестанского государственного университета, ООО «Каспийская нефтяная компания» и ГУ «КаспМНИЦ» [5]. Согласно этому методу, ассимиляционная ёмкость водной экосистемы определяется как:

$$A_c = \left[\frac{(C_{max} - C_{min})}{T} \right] \cdot \frac{C_{пдк}}{C_{max}}, \quad (3)$$

где C_{max} — максимальная концентрация загрязняющих веществ; C_{min} — минимальная концентрация загрязняющих веществ, вычисленная для каждого загрязняющего вещества и каждой водной массы (C_{max} и C_{min} характеризуют неоднородное распределение загрязняющих веществ); T — длительность интервала между последними штормами; $C_{пдк}$ — предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде.

Показатель A_c рассчитывается отдельно для отдельных участков и далее экстраполируется на весь участок рассматриваемой площади моря.

Настоящая статья посвящена исследованию соотношения показателей АЕ, рассчитанных по формулам (2) и (3). Прежде всего, рассмотрим предлагаемое геометрическое представление вышеуказанных сравниваемых методов в трёхмерном пространстве $\{T, V, C\}$, где T — временной интервал; V — объём водной массы; C — концентрация загрязняющих веществ (рис. 1).

Как ясно из формул (2) и (3), показатель A_p , согласно геометрической интерпретации, изображённой на рис. 1, определяется как:

$$A_p = \frac{\text{Площадь}(OCiDV_1)}{T_1}, \quad (4)$$

а показатель A_c в случае $C_{min} = 0$ определится как:

$$A_c = tg\alpha = \frac{C_{пдк}}{T_1}. \quad (5)$$

Таким образом, как видно из представленной геометрической интерпретации A_p и A_c , геометрический смысл этих показателей является совершенно разным: A_c — фактически двухмерный, а A_p — трёхмерный показатель, применительно к одному конкретному участку моря.

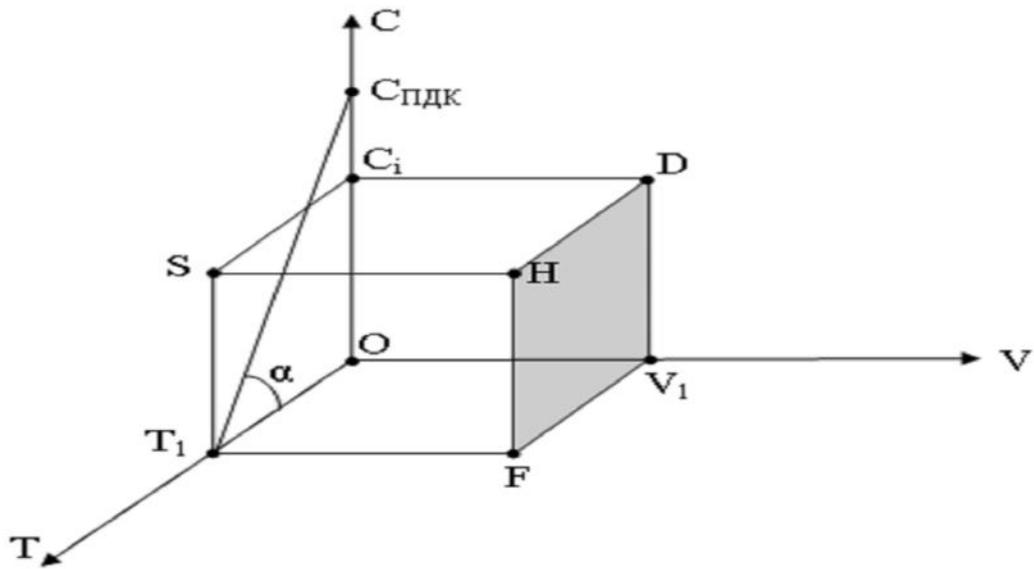


Рис. 1. Геометрическая интерпретация вычисляемых показателей A_i и A_1 по формулам (2) и (3)
Fig. 1. The geometric interpretation of the calculated indices A_i and A_1 by formulas (2) and (3)

Рассмотрим количественные соотношения между двумя обсуждаемыми показателями АЕ, которые могли бы быть полезными при проведении сравнительных или взаимосвязанных вычислений ассимиляционной ёмкости.

Введём на рассмотрение коэффициент отношения γ , определяемый как:

$$\gamma = \frac{A_c}{A_p} = \frac{\left[\frac{(C_{max} - C_{min})}{T} \right] \cdot \frac{C_{ПДК}}{C_{max}}}{k \cdot \frac{C_0 \cdot V}{\tau}} \quad (6)$$

Примем следующее соотношение:

$$\tau = k_1 \cdot T \quad (7)$$

Заметим, что условие (7) допускает наличие жёсткой связи между τ и T .

Примем:

$$C_0 = k_2 \cdot C_{max} \quad (8)$$

Заметим, что при условии (6), (7), (8) получаем:

$$\gamma = \frac{(C_{max} - C_{min}) \cdot C_{ПДК} \cdot k_1 \cdot T}{T \cdot C_{max}^2 \cdot k \cdot k_2 \cdot V} = \frac{k_3(C_{max} - C_{min})}{C_{max}^2} \quad (9)$$

где:

$$k_3 = \frac{C_{ПДК} \cdot k_1}{k \cdot k_2 \cdot V} \quad (10)$$

Исследуем выражение (9) на экстремум от C_{max} . Имеем:

$$\frac{d\gamma}{dC_{max}} = k_3 \cdot C_{max}^2 - 2C_{max} \cdot k_3(C_{max} - C_{min}), \quad (11)$$

при условии:

$$\frac{d\gamma}{dC_{max}} = 0. \quad (12)$$

Из выражения (11) находим:

$$C_{max} = 2(C_{max} - C_{min}). \quad (13)$$

Из равенства (13) окончательно получаем:

$$C_{max} = 2C_{min}. \quad (14)$$

Таким образом, при условии (14) показатель γ достигает экстремального значения.

Для проверки типа экстремума вычислим $\frac{d^2\gamma}{dC_{max}^2}$. Имеем:

$$\frac{d^2\gamma}{dC_{max}^2} = -2k_3 \cdot C_{max} + 2C_{min} \cdot k_3. \quad (15)$$

Очевидно, что в реальном случае имеем $C_{max} > C_{min}$. Следовательно, показатель γ при условии (14) достигает максимального значения. Вычислим γ_{max} . С учётом выражений (7) и (14) получим:

$$\gamma_{max} = \frac{k_3 \cdot (2C_{min} - C_{min})}{4C_{min}^2} = \frac{k_3}{4 \cdot C_{min}}. \quad (16)$$

С учётом выражений (9) и (16) имеем:

$$\gamma_{max} = \frac{C_{пдк} \cdot k_1}{4 \cdot k \cdot k_2 \cdot V \cdot C_{min}}. \quad (17)$$

При сравнительных вычислениях можно принять следующие условия:

$$k_1 = 0,15 \cdot k_2. \quad (18)$$

В этом случае имеем:

$$\gamma_{max} = \frac{0,15 \cdot C_{пдк}}{4 \cdot k \cdot V \cdot C_{min}}. \quad (19)$$

Таким образом, если для определённого участка вычислен показатель A_p , то, согласно (6) и (19), при $\gamma = \gamma_{max}$ получим:

$$A_c = \frac{0,15 \cdot C_{пдк} \cdot A_{p.с}}{4 \cdot k \cdot V \cdot C_{min}}, \quad (20)$$

где $A_{p.в}$ — ранее вычисленная величина A_p .

В практических вычислениях достаточным можно считать условие:

$$C_{пдк} = 10C_{min}. \quad (21)$$

Следовательно, из (20) и (21) получаем:

$$A_c = \frac{1,5 \cdot A_{p.e}}{4 \cdot k \cdot V} . \quad (22)$$

Для проведения практических расчётов воспользуемся результатами вычислений A_p из [5].

Эти результаты приведены в табл. 1, применительно к ассимиляционной ёмкости по отношению к фенолу в зонах северной части Азербайджанского побережья Каспия.

Таблица 1. Расчётные данные выбранной зоны для зимнего сезона

Table 1. Calculated data of the selected zone for the winter season

Зона А							
Сезон	V_a	$C_{ср}$, мг/л	C_{max} , мг/л	k	1/ τ	A_p/A_c (тон)	
						I полоса	II полоса
Зима	2,73 км ³	0,005	0,0238	0,210	0,07692	0,0373 (A_p)	0,180 (A_p)
						0,0289 (A_c)	0,118 (A_c)
Весна	2,73 км ³	0,005	0,0215	0,232	0,09960	0,0317 (A_p)	0,153 (A_p)
						0,0186 (A_c)	0,090 (A_c)

Как видно из данных выбранной зоны, приведённых в табл. 1, для обоих сезонов значения A_c несколько ниже, чем таковые A_p . При этом отношение указанных величин для весны одинаково для обеих полос и составляет 0,6. Однако для зимы указанное отношение для первой полосы, равное 0,775, несколько выше аналогичного показателя для второй полосы, составляющего 0,660. Очевидно, что такой результат можно считать лучше полученного в [6], где разница в оценках достигала одного порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Адаптационные характеристики водных экосистем* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://megalektsii.ru/s29592t4.html> [дата обращения 19.10.2017]. [Adaptatsionnye kharakteristiki vodnykh ekosistem [Electronic resource]. Available at: <https://megalektsii.ru/s29592t4.html> [accessed 19.10.2017]. (in Russ.)].
2. Владимирова А. М., Ляхин Ю. И., Матвеев Л. Т., Орлов В. Г. *Охрана окружающей среды*. Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. 423 с. [Vladimirova A. M., Lyakhin Yu. I., Matveev L. T., Orlov V. G. *Okhrana okruzhayushchej sredy*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991, 423 p. (in Russ.)].
3. Дмитриев В. В. Интегральная оценка экологического благополучия водного объекта: новый подход, результаты // *Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности* : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, РФ, 16–17 окт. 2015 г.). Астрахань, 2015. С. 43–45. [Dmitriev V. V. Integralnaya otsenka ekologicheskogo blagopoluchiya vodnogo ob'ekta: novyj podkhod, rezul'taty. In: *Hydrometeorological and environmental security of marine activity*: Proc. Intern. applied sci. conf. (Astrakhan, RF, 16–17 Oct. 2015). Astrakhan, 2015, pp. 43–45. [in Russ.]].
4. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Об ассимиляционной емкости Мирового океана // *Доклады Академии наук СССР*. 1983. Т. 272, № 3. С. 702–704. [Izrael Yu. A., Tsyban A. V. On the assimilation capacity of the World Ocean. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1983, vol. 272, no. 3, pp. 702–704. (in Russ.)].
5. Мехтиев А. Ш., Гюль А. К., Омарова Г. Д. *Исследование загрязнения северной части Азербайджанского побережья Каспия (по данным контактных и аэрокосмических измерений)*. Баку, 2009. 154 с. [Mekhtiev A. Sh., Gyul A. K., Omarova G. D. *Issledovanie*

zagryazneniya severnoi chasti Azerbaidzhanskogo poberezh'ya Kaspiya (po dannym kontaknykh i aerokosmicheskikh izmerenii). Baku, 2009, 154 p. (in Russ.).

6. Монахова Г. А., Абдурахманов Г. М., Ахмедова Г. А., Магомедбеков У. Г., Попова Н. В., Есина О. И. Оценка ассимиляционной емкости акватории лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» в отношении углеводородов с использованием нового «синоптического» метода // *Юг России: экология, развитие*. 2011. Т. 6, № 4. С. 207–212. [Monakhova G. A., Abdurakhmanov G. M., Akhmedova G. A., Magomedbekov U. G., Popova N. V., Esina O. I. Assessment of assimilative capacity of the license area “North Caspian area” in relation to hydrocarbons using the new “synoptic” method. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2011, vol. 6, no. 4, pp. 207–212. (in Russ.)]. doi: 10.18470/1992-1098-2011-4-207-212.
7. Патин С. А. *Нефть и экология континентального шельфа. В 2-х т. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия* / 2-е изд., перераб., доп. Москва: Изд-во ВНИРО, 2017. 326 с. [Patin S. A. *Oil and continental shelf ecology. In 2 vol. Vol. 1: Offshore oil and gas industry: actual situation, prospects, factors of impact* / 2nd edit. revised, extended. Moscow: VNIRO Publ., 2017, 326 p. (in Russ.)].

COMPARATIVE EVALUATION OF THE BALANCE AND SYNOPTIC METHODS OF DETERMINATION OF THE ASSIMILATION VOLUME OF WATER ECOSYSTEMS

H. H. Asadov, S. A. Askerova

National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan Republic

E-mail: asadzade@rambler.ru

The assimilation capacity of sea waters is known to be defined as a maximum dynamic volume of such content of pollutants which can be accumulated, destructed, transformed and excluded out of the limits of the ecosystem during a curtain time period if normal condition functioning of the ecosystem is not disturbed. The paper focuses on comparative analysis of assimilation capacity calculated using balance and synoptic methods. Geometrical representation of the compared methods in 3-D space {T, V, C} is suggested, where T is time interval, V is water mass volume, C is concentration of pollutants. Quantitative correlation between two considered values of assimilation capacity is given. The results obtained are applied for some areas of coastal northern zones of Azerbaijan sector of the Caspian Sea. It is shown that in winter season the value of assimilation capacity calculated using synoptic method is somewhat lower in comparison with the same parameter calculated by balance method and equal to 0.6–0.8 share of the latter. Such a result can be considered as much better in comparison with the known results where the difference reaches one order.

Keywords: assimilation capacity, sea waters, synoptic method, balance method, sea pollution



УДК 574.587:639.4(262.5)

МАКРОЗООБЕНТОС РЫХЛЫХ ГРУНТОВ ПОД МИДИЙНО-УСТРИЧНОЙ ФЕРМОЙ (ЧЁРНОЕ МОРЕ, РАЙОН СЕВАСТОПОЛЯ)

© 2018 г. Н. А. Болтачева, М. В. Макаров, Л. В. Бондаренко, М. А. Ковалева

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: kovalmargarita@mail.ru

Поступила в редакцию 10.07.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

В ходе съёмки 2015–2016 гг. проведено исследование видового состава, численности и биомассы макрозообентоса под мидийно-устричной фермой, расположенной в районе г. Севастополя. Материал собирали с помощью легководолазной техники ручным дночерпателем. Отмечено относительно низкое видовое разнообразие, обнаружено 56 видов макрозообентоса. Плотность макробентоса варьировала в пределах 500–975 экз.·м⁻², биомасса — от 0,8 до 383,1 г·м⁻². Зарегистрировано сообщество двусторчатого моллюска *Lucinella divaricata* (Linnaeus, 1758). Выявлены руководящие, характерные и редкие виды. Проведено сравнение с данными 1957 г. в районе Евпатория — Севастополь на сходных глубинах и грунтах. Обнаруженное сообщество отличается от регистрируемого ранее низкой плотностью особей и более высокой долей детритофагов, среди которых преобладают мелкие полихеты-грунтоеды.

Ключевые слова: макрозообентос, видовой состав, сообщества, разнообразие, Чёрное море, мидийно-устричная ферма

Марикультура, т. е. воспроизводство, разведение и товарное выращивание морских гидробионтов, в последнее время превратилась в широкомасштабную индустрию и стала играть ведущую роль в рыбохозяйственном комплексе большинства промышленно развитых стран. Она является органичным дополнением к морскому промыслу, позволяя целенаправленно восстанавливать и приумножать видовое богатство биоресурсов [3, 18, 20]. Аквакультура — одна из самых быстрорастущих отраслей производства продовольствия для человечества. Страны Азово-Черноморского бассейна обладают в этом отношении высоким потенциалом.

Массовое выращивание гидробионтов помимо получения экономической выгоды ставит и другие задачи в связи со сложным и неоднозначным влиянием аквакультуры на окружающую среду. Культивируемые моллюски — важный биологический ресурс, а их плантации — мощный средообразующий фактор. При выращивании моллюсков основному воздействию подвергаются донные экосистемы вследствие поступления дополнительных органических веществ в осадки с фекалиями и псевдофекалиями мидий, а также с осыпающимися с коллекторов другими гидробионтами [8]. Это влияет, в свою очередь, на физико-химические условия в придонном слое воды и в донных отложениях, что приводит к прямым и опосредованным воздействиям на сообщества морского бентоса [4, 18]. Масштабы влияния бывают разными и зависят от биомассы выращиваемых моллюсков, продолжительности культивирования, особенностей акватории. Ряд авторов сообщает об отсутствии негативных воздействий на зообентос или даже о некотором положительном влиянии на его разнообразие [1, 15]. В каждом конкретном случае необходимо тщательно отслеживать последствия функционирования марикультур и вырабатывать подходы, минимизирующие негативное воздействие марикультуры.

Задачи данного исследования — определить состояние сообщества бентоса под мидийно-устричной фермой в начальный период культивирования моллюсков с целью изучения закономерностей сукцессии сообщества бентали в этом участке акватории; провести сравнение обнаруженного сообщества с существовавшими ранее в близлежащих районах у западного побережья Крыма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ферма по культивированию мидий и устриц размещена в прибрежной зоне г. Севастополя (внешний рейд Севастопольской бухты) в акватории между южным молот Севастопольской бухты и западной границей гидрологического памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического». Координаты крайних точек фермы — $44^{\circ}37'02.2''\text{N}$, $33^{\circ}29'53.7''\text{E}$, $44^{\circ}37'05.6''\text{N}$, $33^{\circ}29'51.5''\text{E}$, $44^{\circ}37'13.3''\text{N}$, $33^{\circ}30'07.1''\text{E}$, $44^{\circ}37'07.8''\text{N}$, $33^{\circ}30'11.0''\text{E}$. Площадь акватории, занимаемая конструкциями фермы, составляет 4 га. Глубины в районе размещения фермы — 10–16 м. Мидийные коллекторы установлены весной 2014 г. К весне 2017 г. на трёх носителях фермы росло, предположительно, около 15 т мидий разных возрастных групп (от нескольких месяцев до трёх лет). Летом 2015 г. в акваторию марихозяйства помещены расположенные в две линии садки с устрицами в количестве до 100 тыс. штук.

Отбор проб макрозообентоса проводили на грунте, представляющем собой заиленный песок, один раз в месяц с апреля 2015 г. по май 2016 г. (кроме ноября 2015 г.), в двух повторностях. Материал собирали под мидийной фермой на глубине 16 м с помощью легководолазной техники ручным дночерпателем площадью захвата $0,04 \text{ м}^2$.

Последующую обработку материала проводили в лаборатории по стандартной методике: промывали через сито с размером ячеек $0,5 \text{ мм}$ и фиксировали 4% раствором формальдегида. Определяли видовой состав, плотность (N , экз. $\cdot\text{м}^{-2}$), биомассу (B , г $\cdot\text{м}^{-2}$) каждого вида, их встречаемость (P , %) и индекс функционального обилия (ИФО, $N^{0,25} \cdot B^{0,75}$). Для проведения сравнительного анализа сообществ рассчитывали индекс плотности (ИП) $\sqrt{N \cdot B}$, аналогичный ИФО. Для сравнения общности фаун в разные месяцы использовали кластерный анализ и матрицу сходства видов по коэффициенту Чекановского — Сёренсена, который рассчитывали по формуле $2c / (a + b)$, где a и b — число видов в сравниваемых сообществах, c — число общих для этих сообществ видов.

При выделении трофических групп макрозообентоса использовали литературные данные [2, 6, 7, 11, 17]. Для сравнения плотности видов и выравнивания относительного распределения особей среди видов в сообществе строили кривые доминирования — разнообразия [12]. Плотность видов сравнивали с помощью К-доминантных кривых [21]. При анализе видового разнообразия применяли индексный подход. Доминирование изучали с помощью индекса Симпсона [12], биоразнообразие — по индексу Шеннона, рассчитанному на основании численности, видовое богатство — по индексу Маргалефа [12], выравнивание — с помощью индекса Пиелу [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Макрозообентос отличался довольно низким уровнем альфа-разнообразия. Одновременно в пробе обнаруживали от 10 до 19 таксонов. Для сравнения видового состава макрозообентоса, собранного в различные месяцы, построили матрицу общности видов по коэффициенту Чекановского — Сёренсена (табл. 1).

Значения коэффициента варьируют в пределах от 0,30 до 0,79, составляя в среднем $0,54 \pm 0,02$. В 62 % случаев коэффициент общности выше 0,50. Построение иерархической дендрограммы станций всего временного ряда наблюдений дало близкие результаты: сходство абсолютного большинства проб составляло 60–80 %. Исключение — пробы, собранные в июне и августе 2015 г. и в феврале 2016 г. (рис. 1).

Таблица 1. Коэффициент общности видов макрозообентоса для разных месяцев 2015–2016 гг.

Table 1. The coefficient of species similarity of species of benthic invertebrates for different months of 2015–2016

	IV 2015	V 2015	VI 2015	VII 2015	VIII 2015	IX 2015	X 2015	XII 2015	I 2016	II 2016	III 2016
VI 2015	0,69										
VI 2015	0,50	0,55									
VII 2015	0,43	0,38	0,58								
VIII 2015	0,50	0,33	0,29	0,50							
IX 2015	0,65	0,58	0,37	0,58	0,46						
X 2015	0,69	0,55	0,48	0,67	0,42	0,63					
XII 2015	0,64	0,64	0,48	0,64	0,41	0,50	0,54				
I 2016	0,71	0,57	0,50	0,71	0,39	0,52	0,55	0,64			
II 2016	0,52	0,52	0,53	0,61	0,30	0,54	0,58	0,40	0,61		
III 2016	0,64	0,48	0,38	0,72	0,41	0,48	0,62	0,55	0,56	0,60	
IV 2016	0,65	0,52	0,44	0,58	0,40	0,47	0,63	0,79	0,58	0,50	0,69

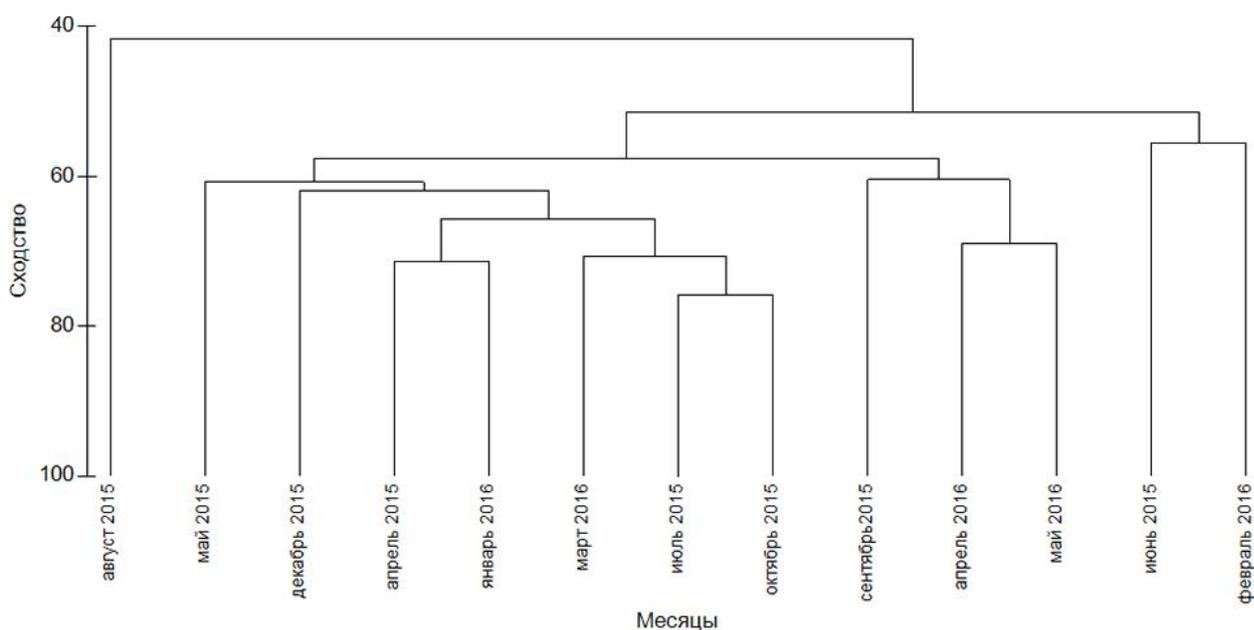


Рис. 1. Иерархическая дендрограмма всего временного ряда наблюдений

Fig. 1. Hierarchical dendrogram of the entire time series of observations

Высокий уровень сходства может свидетельствовать об однообразии условий, существующих в этом биотопе в течение времени исследования, и об отсутствии значимых сезонных изменений в сообществе. По показателям плотности и биомассы макрозообентоса чётких сезонных изменений также не выявлено. Аналогичное отсутствие сезонности для макрозообентоса зафиксировано другими авторами [6, 14]. По нашим сборам можно лишь отметить увеличение плотности и биомассы двусторчатого моллюска *Lucinella divaricata* в течение осенних месяцев, что может быть связано с размножением вида в тёплое время года. Данных о сроках размножения этого моллюска нет, поэтому мы сочли возможным объединить все сезонные сборы с целью анализа структуры сообщества в изученном биотопе.

С апреля 2015 г. по май 2016 г. зарегистрировали 56 видов макрозообентоса (17 видов Polychaeta, 13 — Crustacea, 12 — Bivalvia, 4 — Gastropoda, 10 — прочие) (табл. 2).

Таблица 2. Видовой состав и количественные показатели макрозообентоса (N — средняя плотность, экз.·м⁻²; B — средняя биомасса, г·м⁻²; P — встречаемость, %; ИФО — индекс функционального обилия; ИП — индекс плотности) в районе мидийной фермы

Table 2. Species composition and quantitative indices of macrozoobenthos (N – the average density, ind. per m²; B – average biomass, g·m⁻²; P – frequency of occurrence, %; ИФО – Functional Abundance Index; ИП – Density Index) in the area the clam farm

Таксоны	N	B	P	ИФО	ИП
CHORDATA					
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)	1	0,005	8	0,02	0,07
CNIDARIA					
<i>Edwardsia claparedii</i> (Panceri, 1869)	+	–	–	–	–
<i>Eudendrium ramosum</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–	–	–
ANNELIDA					
Polychaeta					
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	1	0,003	8	0,01	0,05
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	13	0,012	62	0,07	0,39
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	2	0,003	8	0,02	0,08
Capitellidae g. sp.	1	0,001	8	0,01	0,03
<i>Glycera</i> sp.	1	0,022	8	0,05	0,14
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	44	0,050	69	0,27	1,48
<i>Magelona rosea</i> Moore, 1907	2	0,002	15	0,01	0,06
<i>Megadrilus purpureus</i> (Schneider, 1868)	4	0,001	8	0,01	0,06
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	1	< 0,001	8	0,01	0,03
<i>Micronephthys stammeri</i> (Augener, 1932)	145	0,070	100	0,47	3,19
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	6	0,410	23	0,80	1,57
Nereidae g. sp.	1	0,002	8	0,01	0,04
Paraonidae g. sp.	2	0,002	8	0,01	0,06
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	+	–	–	–	–
<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843	2	0,001	15	0,01	0,04
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin Milne Edwards, 1834)	1	0,004	8	0,02	0,06
<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883	1	0,001	8	0,01	0,03
Spionidae g. sp.	4	0,004	23	0,02	0,13
<i>Syllis hyalina</i> Grube, 1863	1	0,001	8	0,01	0,03
Oligochaeta g. sp.	+	–	–	–	–
NEMERTEA					
	5	0,017	38	0,07	0,29

Продолжение на следующей странице...

Таксоны	N	B	P	ИФО	ИП
ARTHROPODA					
Crustacea					
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	1	< 0,001	8	0,01	0,03
<i>Ampelisca sevastopoliensis</i> Grintsov, 2010	+	—	—	—	—
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	+	—	—	—	—
<i>Caprella</i> sp.	1	0,010	8	0,03	0,10
<i>Cumella limicola</i> G. O. Sars, 1879	9	< 0,001	38	0,01	0,09
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	13	0,578	62	1,26	2,74
Harpacticoida g. sp.	+	—	—	—	—
<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950	1	< 0,001	8	0,01	0,03
<i>Jassa marmorata</i> Holmes, 1905	7	0,013	8	0,06	0,30
<i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794)	+	—	—	—	—
<i>Medicorophium runcicorne</i> (Della Valle, 1893)	+	—	—	—	—
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	1	0,002	8	0,01	0,04
<i>Nototropis guttatus</i> Costa, 1853	1	< 0,001	8	0,06	0,03
<i>Upogebia pusilla</i> (Petagna, 1792)	1	0,096	8	0,01	0,31
MOLLUSCA					
Gastropoda					
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	2	0,002	15	0,01	0,06
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	3	0,003	15	0,02	0,09
<i>Retusa variabilis</i> (Milaschewitsch, 1912)	1	0,001	8	0,01	0,03
<i>Tritia reticulata</i> (Linnaeus, 1758)	12	14,323	31	13,70	13,11
Bivalvia					
<i>Abra</i> sp.	17	0,009	62	0,06	0,39
<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G. B. Sowerby II, 1834)	1	0,005	8	0,02	0,07
<i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906)	1	23,077	8	10,53	4,80
Cardiidae g. sp.	11	0,016	46	0,08	0,42
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	70	4,256	100	8,58	17,28
<i>Fabulina fabula</i> (Gmelin, 1791)	1	0,017	15	0,05	0,13
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	39	0,225	77	0,82	2,96
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	104	0,626	100	2,25	8,07
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	34	5,825	85	9,05	2,41
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	6	0,051	31	0,17	0,55
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	4	0,010	8	0,04	0,20
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	80	0,784	92	2,49	7,92
<i>Spisula subtruncata</i> (Costa, 1778)	12	0,170	54	0,49	1,43
PHORONIDA					
<i>Phoronis psammophila</i> Cori, 1889	4	0,007	15	0,03	0,17

Примечание: + — вид обнаружен в качественных сборах

Note: + means that species has been found in quality samplings

К руководящим видам (встречаемость > 50%) относились полихеты *Aricidea claudiae*, *Heteromastus filiformis*, *Micronephthys stammeri*, рак-отшельник *Diogenes pugilator*, двустворчатые моллюски *Chamelea gallina*, *Lucinella divaricata*, *Gouldia minima*, *Mytilaster lineatus*, *Pitar rudis*, *Spisula subtruncata*, *Abra* sp. В группу характерных (встречаемость 25–50%) вошли 4 вида: кумовый рак *Cumella limicola*, брюхоногий моллюск *Tritia reticulata*, двустворчатые моллюски *Spisula subtruncata* и *Mytilus galloprovincialis*. Остальные виды относились к редким (встречаемость < 25%).

Плотность макрозообентоса колебалась в пределах 500–975 экз. \cdot м⁻² (в среднем 685 ± 58 экз. \cdot м⁻²). Моллюски составляли 59 % от общей плотности бентоса (в том числе *L. divaricata* — 15 %), Annelida — 34 % (в том числе полихеты *Micronephthys stammeri* — 22 %), Crustacea — 5 %. Биомасса изменялась в широких пределах от 0,8 до 383,1 г \cdot м⁻² (в среднем 50,7 г \cdot м⁻²). Относительно высокую биомассу имели гастроподы *Tritia reticulata* и зарегистрированный лишь однажды двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis*.

Группа многощетинковых червей представлена большим количеством видов (17), однако их плотность и биомасса невелики — 231 экз. \cdot м⁻² и 0,59 г \cdot м⁻² соответственно. Преобладали мелкие эррантные формы. Ряд видов, являющихся довольно крупными, представлен молодью. Наибольшая плотность (260 экз. \cdot м⁻²) отмечена для *M. stammeri* при средней 145 экз. \cdot м⁻². Данный вид часто встречается на заиленных грунтах на глубине 10–65 м. У побережья Болгарии средняя плотность поселения этих червей — 156 экз. \cdot м⁻². Максимальная плотность (4000 экз. \cdot м⁻²) отмечена у западного побережья Крыма при биомассе 2 г \cdot м⁻² [7, 9]. Из крупных полихет обнаружены взрослые экземпляры лишь одного вида — *N. hombergii* (с максимальной плотностью 25 экз. \cdot м⁻² и биомассой 2,88 г \cdot м⁻²). Представляет интерес распределение червей в различных слоях донных осадков: 9 из обнаруженных видов обитают на поверхности грунта, 6 — в верхнем слое осадков, 2 — в более глубоких слоях грунта. По количественным показателям преобладает вторая группа — полихеты, обитающие в верхних слоях осадка. Их вклад в общую плотность и биомассу многощетинковых червей составляет 69 и 87 % соответственно. К этой группе относятся, прежде всего, *M. stammeri*, *N. hombergii*, *A. claudiae*.

Ракообразные представлены 12 видами Malacostraca. На долю Amphipoda приходится около 67 % всех отмеченных в исследуемой акватории высших раков. Найдены 1 вид Cumacea и 3 вида Decapoda. Для данного биотопа характерен *Diogenes pugilator*, обнаруженный во все сезоны года. Этот вид обитает на разнообразных грунтах, на глубине от 0 до 50 м. Относится к собирающим детритофагам, также может питаться отмершими остатками животных и растений. К характерным видам для биотопа можно причислить также кумового рака *Cumella limicola*, имеющего высокую встречаемость при низкой плотности (13–50 экз. \cdot м⁻²). Данный вид обитает на дне, полузарывшись в илистый грунт. Питается детритом и микроорганизмами, взмучивая донные отложения. В севастопольской бухте Круглой в 2004 г. плотность поселения *C. limicola* варьировала в пределах от 10 до 130 экз. \cdot м⁻² [13]. Максимальная плотность поселений этого вида (1810 экз. \cdot м⁻²) зафиксирована в 1957 г. в акватории Юго-Западного Крыма на заиленном песке на глубине 12 м [5]. В числе редких видов в наших материалах отмечены рак-крот *Upogebia pusilla* и краб *Liocarcinus navigator*.

Видовой состав Gastropoda оказался очень беден. За год зарегистрировано лишь 4 вида, все — типичные обитатели мягких грунтов. По плотности и биомассе доминирует *Tritia reticulata* — вид-оппортунист, хорошо переносящий загрязнение [17]. Он встречается даже в очень загрязнённой Южной бухте [10]. Следует отметить наличие в макрозообентосе под фермой и *Hydrobia acuta*, хотя они больше тяготеют к мелководью в вершинных частях бухт и к илистому субстрату [17].

Двустворчатых моллюсков обнаружено 12 видов. Высокая встречаемость и наибольшая плотность зафиксированы у *Lucinella divaricata*, *Pitar rudis* и *Chamelea gallina*. Поселение *L. divaricata* представлено моллюсками размером 1–4 мм, и особи с максимальной длиной раковины составляли 10 %. Известно, что при таком размере (4 мм) особи этого вида размножаются. Максимальный размер моллюсков, отмеченный в исследованиях 1950–1960-х гг. в Чёрном море, — 5 мм, в 2010–2013 гг. — 5,5 мм [6, 14]. Плотность *L. divaricata* в течение периода исследований колебалась в пределах 25–163 экз. \cdot м⁻², при этом и плотность, и биомасса моллюсков имели более высокие значения осенью. Плотность *Ch. gallina* варьировала в пределах 50–150 экз. \cdot м⁻². Поселение представлено в основном моллюсками размером 1–8 мм, обнаружен лишь один экземпляр длиной 9,5 мм. Известно, что эти моллюски в акватории Юго-Западного Крыма достигают максимально 25–27 мм, размер годовиков составляет 10 мм и более, а живут моллюски до 9 лет [16, 19]. Созревание половых продуктов начинается у *Ch. gallina* размером 8–14 мм [16]. Следовательно, поселение *Ch. gallina* в течение всего периода

исследований состояло из молоди первого года жизни, а моллюски старших возрастных групп, достигшие половозрелости, практически отсутствовали. То же касается *P. rudis*. Его поселение представлено экземплярами размером 2–7 мм, при этом максимальная длина раковин данных моллюсков у берегов Крыма — 25 мм [6]. Половозрелыми являются особи размером 11–13 мм [6]. Плотность *P. rudis* варьировала в больших пределах (13–200 экз.·м²). В целом в отношении всех перечисленных видов моллюсков следует отметить низкие показатели плотности и биомассы по сравнению с таковыми других биотопов [6, 14].

Малое количество видов и то, что значительная их часть представлена ювенильными особями, а также низкие количественные показатели бентоса затрудняют выделение сообщества в данном биотопе общепринятыми методами. Попробуем не формализованно подойти к рассмотрению характера и природы изученного сообщества. В его ядро в первую очередь входят виды, имеющие встречаемость 90–100 %. Это моллюски *Ch. gallina*, *L. divaricata*, *P. rudis* и полихета *Micronephthys stammeri*. Из них высокую биомассу и ИФО имеют *Ch. gallina* и *L. divaricata*. Мы не учитывали два вида: *Anadara kagoshimensis* (один очень крупный экземпляр этого моллюска обнаружен лишь однажды за все время исследований) и *Tritia reticulata* (это большой подвижный плотоядный моллюск). Поселение *Ch. gallina* в течение всего периода исследований было представлено молодью первого года жизни и имело низкую плотность и биомассу. Поселение *P. rudis* также состояло в основном из ювенильных особей. Поселение *L. divaricata*, в отличие от таковых двух вышеупомянутых видов, содержало большой процент особей, способных к размножению. Таким образом, лишь этот вид из двустворчатых моллюсков в исследованном биотопе имел разновозрастную популяцию, а значит, его можно рассматривать как вид, «определяющий» сообщество. Для западного побережья Крыма в районе Севастополь — Евпатория в 1957 г. М. И. Киселёвой [5] на сходных глубинах и грунтах выделен биоценоз *L. divaricata*. Близким к нему по составу видов являлся биоценоз *M. stammeri*. Эти биоценозы отмечены на песчанистом иле, иногда с примесью обломков раковин моллюсков, на глубине 8–12 м. Мы провели сравнение сообщества макрозообентоса, обитающего под мидийной фермой, с вышеупомянутыми двумя сообществами. Использованы архивные материалы отдела экосистем шельфа ФГБУН ИМБИ.

Коэффициент общности фаун Чекановского — Сёренсена для сообщества, обнаруженного под мидийной фермой, и сообществ 1957 г. составил: для *L. divaricata* — 0,494, для *M. stammeri* — 0,486. Такие значения свидетельствуют о сходстве видового состава сравниваемых сообществ. Число видов, обнаруженных в количественных пробах под мидийной плантацией, — 42, в биоценозе люциnellы — 35, в биоценозе микронефтиса — 32. Биоценозы в этом исследовании выделили по показателю $\sqrt{N \cdot B}$. При этом учитывали и встречаемость видов.

Ядром биоценоза люциnellы в 1957 г. являлись *L. divaricata* и *C. limicola*. Средняя плотность популяции люциnellы — около 2000 экз.·м², преобладала молодь, однако присутствовали и взрослые (половозрелые) особи. Рак *C. limicola* отличался высокой плотностью (до 236 экз.·м²) и встречался на всех станциях. В поселении обнаружены яйценозные самки [5]. Моллюск *Ch. gallina* присутствовал не на всех станциях и был представлен преимущественно молодью. На нескольких станциях в этом сообществе отмечен *D. pugilator*, его средняя численность — 132 экз.·м².

Ядром биоценоза микронефтиса являлись *M. stammeri* и *Ch. gallina*. Индекс плотности $\sqrt{N \cdot B}$ хамелеи был выше, чем таковой микронефтиса, однако *Ch. gallina* встречался не на всех станциях, и в поселении преобладала молодь. Плотность *M. stammeri* достигала 2340 экз.·м². В целом сравнение количественных показателей развития анализируемых сообществ показало, что плотность сообщества под мидийной фермой (685 экз.·м²) приблизительно в пять раз ниже, чем таковая сообществ люциnellы (3312 экз.·м²) и микронефтиса (3909 экз.·м²). Значения средней биомассы вполне сравнимы: 50,7 г·м⁻² в исследованном сообществе, 26,11 г·м⁻² в сообществе люциnellы, 57,37 г·м⁻² в сообществе микронефтиса. Большие различия в численности отчасти можно объяснить отличиями в методе сбора проб. В 1957 г. отбирали одновременно макро- и мейобентос, а в 2015–2016 гг. — только макробентос. При использовании карточек первичных данных 1957 г. мы не учитывали материалы по мейобентосу,

однако полностью отделить данные по псевдомейобентосу не всегда возможно. На значения показателей сырой биомассы не влияет, как правило, учёт мейобентосной составляющей, поэтому их сравнение в данном контексте вполне корректно. Таким образом, мы полагаем, что исследованное сообщество обладает сходством с обоими этими сообществами, однако присутствие *D. pugilator* в числе руководящих, а *C. limicola* — в числе характерных видов делает его более близким сообществу *L. divaricata*. Если не учитывать *T. reticulata* (крупного подвижного плотоядного брюхоногого моллюска) и *Ch. gallina*, представленного ювенильными особями, то по индексу плотности сообщество, обитающее под мидийной фермой, можно отнести к сообществу *L. divaricata*.

При рассмотрении сообщества люцинеллы 1957 г. как сообщества с ненарушенной структурой интересно сравнить показатели разнообразия и трофическую структуру макрозообентоса этих сообществ у западного побережья Крыма и под мидийной фермой в прибрежной зоне г. Севастополя.

Значение индекса Симпсона (D), отражающего концентрацию доминирования в сообществе, в 2015–2016 гг. составило 0,1, а в сообществе *L. divaricata* в 1957 г. — 0,4. Таким образом, в 2015–2016 гг. уровень доминирования ниже, чем в 1957 г., а следовательно, разнообразие — больше ($1-D$). Разнообразие также анализировали по индексу Шеннона, придающему больший вес редким видам. В 2015–2016 гг. значение показателя составило 3,9, а в сообществе *L. divaricata* 1957 г. — 2,3. Значение индекса выравненности Пиелу также выше в сообществе под мидийной фермой (0,7 в 2015–2016 гг., 0,45 в 1957 г.). Значение индекса Маргалефа, отражающего биоразнообразие относительно видового богатства, в 2015–2016 гг. составило 4,8, в 1957 г. — 2,9. Таким образом, разнообразие донного сообщества под фермой выше, чем таковое в сообществе *L. divaricata* в 1957 г. Вероятно, это можно объяснить тем, что в 2015–2016 гг. отобрано большее количество проб.

Для оценки выравненности видов построили график доминирования — разнообразия макрозообентоса по его плотности (рис. 2).

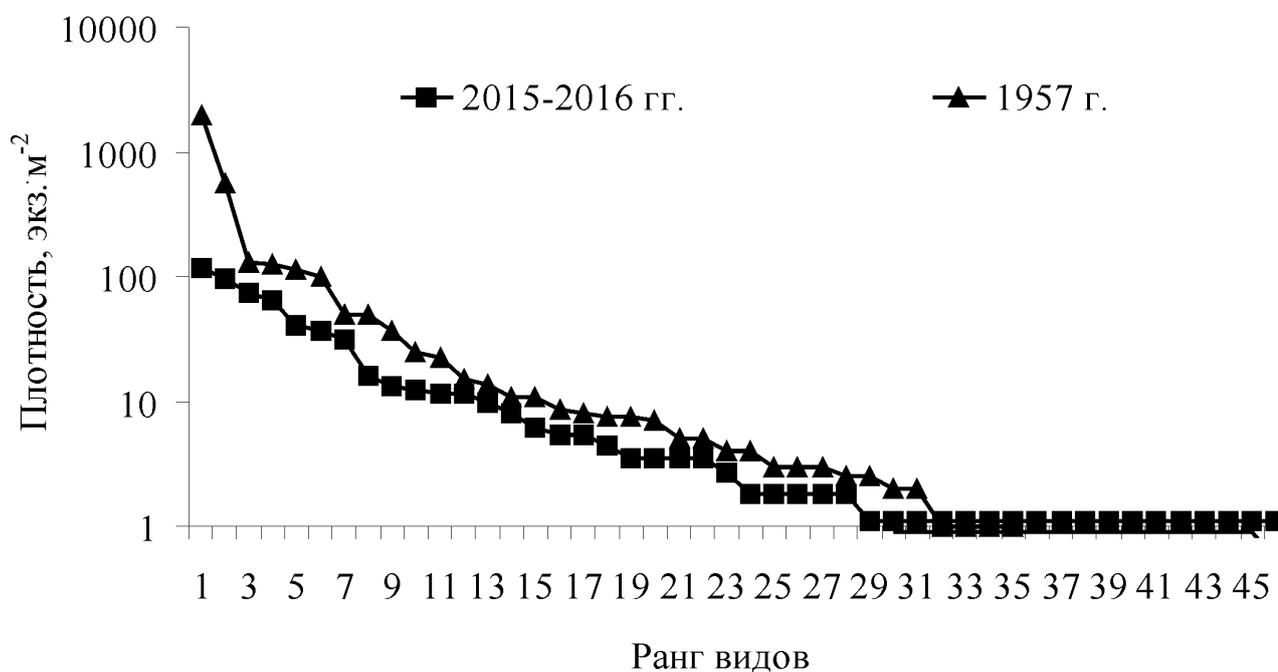


Рис. 2. Доминирование — разнообразие макрозообентоса в сообществах в 2015–2016 гг. (под мидийной фермой) и в 1957 г. (у зап. побережья Крыма)

Fig. 2. The dominance – diversity of macrozoobenthos in communities during 2015–2016 (under the clam farm) and in 1957 (off the west coast of the Crimea)

Доминирование в 2015–2016 гг. ниже, чем в 1957 г., что связано, однако, не с наличием благоприятных условий для видов в этом сообществе, а скорее с их относительно низкой плотностью. Если в 1957 г. ведущую позицию занимал *L. divaricata*, а субдоминантом являлся *M. stammeri*, то в 2015–2016 гг. они поменялись местами: мелкие детритоядные полихеты *M. stammeri* стали доминировать по численности.

Для определения изменений, произошедших в биотопе под влиянием внешних воздействий, построены К-доминантные кривые пропорций плотности и биомассы каждого вида в биотопе для двух периодов исследований (рис. 3).

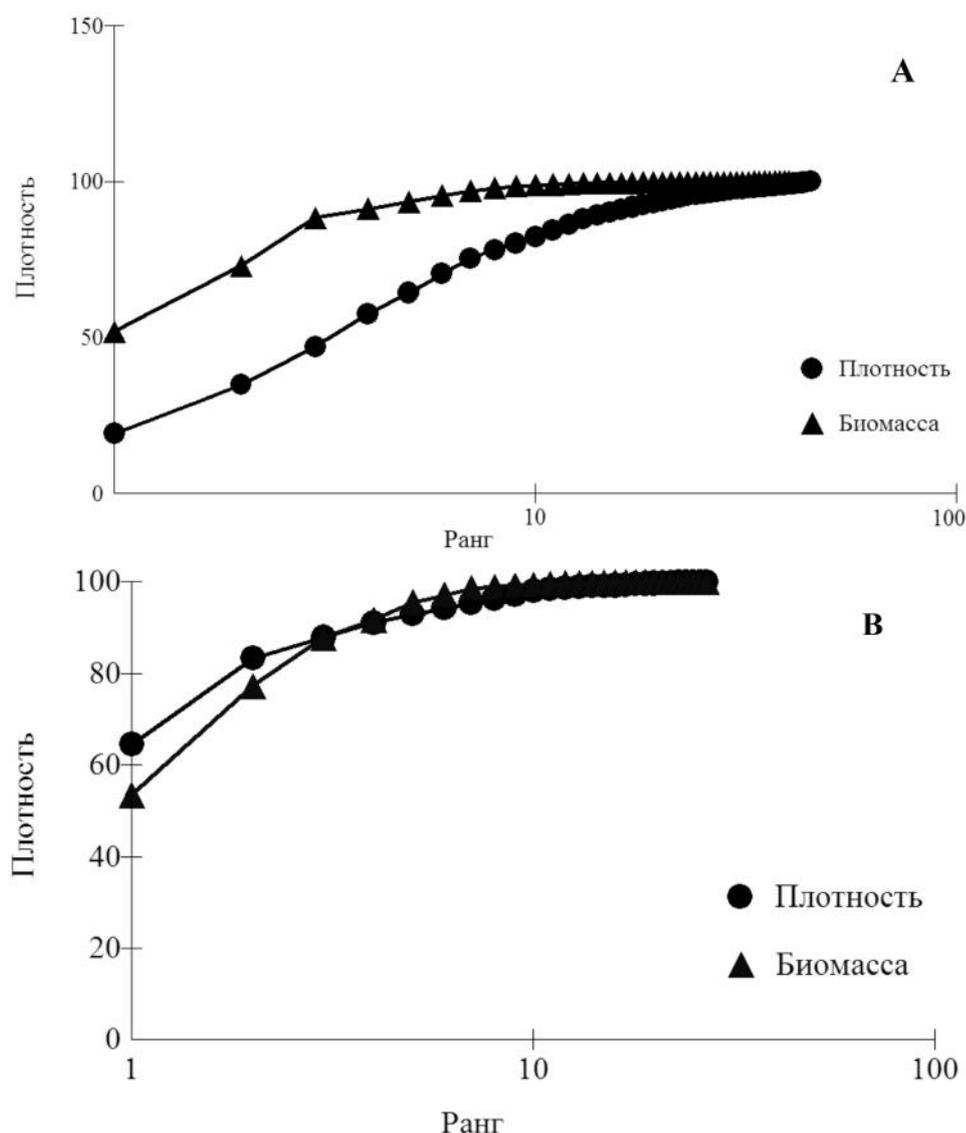


Рис. 3. Кривые К-доминирования плотности и биомассы для сообществ макрозообентоса: А — в 2015–2016 гг. (под мидийной фермой), В — в 1957 г. (у западного побережья Крыма)

Fig. 3. Curves of K-dominance of density and biomass in the communities of macrozoobenthos: А — during 2015–2016 (under the clam farm), В — in 1957 (off the west coast of Crimea)

По взаимному расположению этих кривых можно сделать выводы о наличии изменений во взаимоотношении К- и г-стратегов в сообществе. Графически наличие доминирующих К-стратегов (видов с относительно большой биомассой) в сообществе проявляется в том, что кривая биомассы располагается выше кривой плотности. Такая картина наблюдается на кривых К-доминирования в сообществе 2015–2016 гг. Сказать однозначно, какие организмы преобладают в сообществе люцинеллы в 1957 г. (с К- или г-стратегией), нельзя. На наш взгляд, такая ситуация возникла ввиду доминирова-

ния молоди в момент сбора проб: их брали в сезон размножения большинства бентосных организмов. Возможно, отображение именно этого факта, а не ухудшения условий среды, мы видим на указанных кривых.

Трофическая структура сообщества в 2015–2016 гг. представлена пятью пищевыми группировками: детритофагами, сестонофагами, хищниками, полифагами и плотоядными. В 1957 г. структура сообщества *L. divaricata* была несколько разнообразнее, отмечены представители этих же пяти группировок и фитофаги (2 вида), не обнаруженные в 2015–2016 гг. В видовом составе в оба периода преобладали детритофаги и сестонофаги, их соотношение было близким (рис. 4).

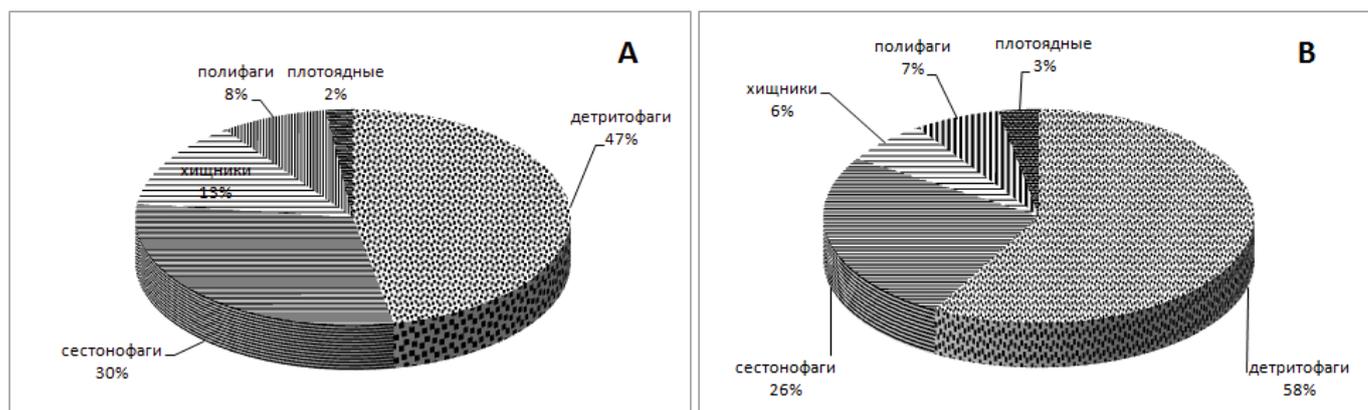


Рис. 4. Соотношение количества видов разных трофических группировок в сообществе *L. divaricata*: А — в 2015–2016 гг. (под мидийной фермой), В — в 1957 г. (у зап. побережья Крыма)

Fig. 4. The ratio of species in different trophic groups in the community of *L. divaricata*: А – during 2015–2016 (under the clam farm), В – in 1957 (off the west coast of Crimea)

В 2015–2016 гг. в сообществе было отмечено 22 вида детритофагов и 14 видов сестонофагов, а в 1957 г. — 18 и 8 видов соответственно. К детритофагам относятся преимущественно Polychaeta и Crustacea, а к сестонофагам — Bivalvia. Соотношение плотности представителей разных трофических группировок в сообществе заметно отличалось. В 2015–2016 гг. плотность сестонофагов не намного больше, чем детритофагов (341 и 240 экз.·м⁻² соответственно), в то время как в 1957 г. сестонофагов в 2,6 раза больше, чем детритофагов (рис. 5).

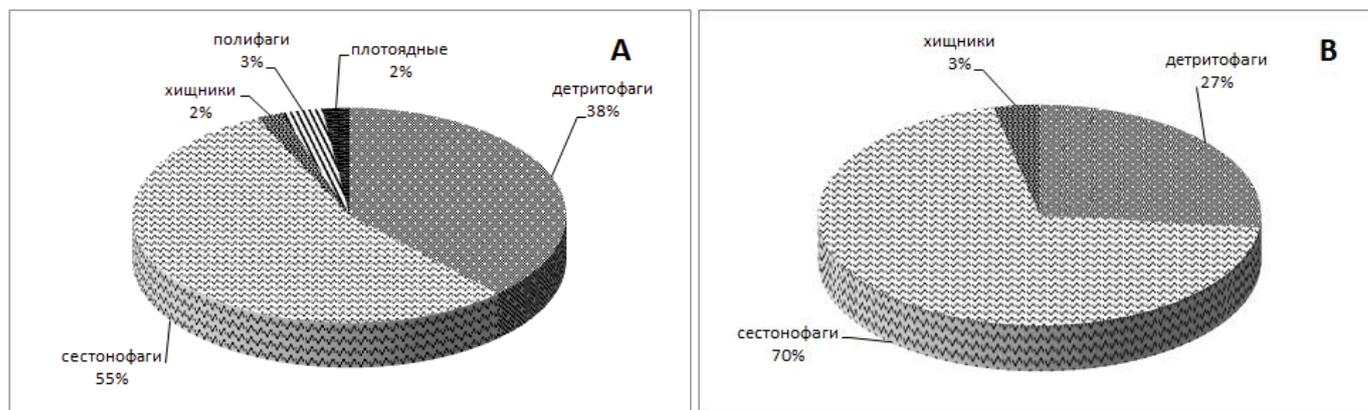


Рис. 5. Соотношение численности представителей разных трофических группировок в сообществе *L. divaricata*: А — в 2015–2016 гг. (под мидийной фермой), В — в 1957 г. (у западного побережья Крыма)

Fig. 5. The ratio of abundance in different trophic groups in the community of *L. divaricata*: А – during 2015–2016 (under the clam farm), В – in 1957 (off the west coast of Crimea)

Роль детритофагов в сообществе люцинеллы в 2015–2016 гг. возросла по сравнению с таковой этого же сообщества в 1957 г. По биомассе в оба периода исследований преобладали сестонофаги, однако их относительная доля в 2015–2016 гг. чуть меньше, чем в 1957 г. (68 против 74 %). При этом вклад в биомассу плотоядных видов увеличился, составив 29 %. Известно, что группа детритофагов подразделяется на виды, собирающие детрит с поверхности грунта, и виды, безвыборочно заглатывающие грунт. В сообществе под мидийной фермой преобладали грунтоеды, их доля составляла 70 % численности всех детритофагов. Такая трофическая структура сообщества под мидийной фермой может свидетельствовать о повышенном содержании органического вещества в донных осадках, которое, возможно, поступает от мидий, размещённых на коллекторах, в результате чего возрастает численность и роль донных беспозвоночных — детритофагов.

Таким образом, макрозообентос под фермой отличается относительной бедностью таксономического разнообразия и низкими количественными показателями. Руководящие виды представлены или мелкими видами, или ювенильными формами крупных двустворчатых моллюсков. Аналогичное сообщество ранее отмечали в близлежащей акватории на похожих глубинах и грунтах возле устьев рек Кача и Западный Булганак [5]. Следовательно, относительная бедность сообщества макрозообентоса может иметь естественные причины и не быть следствием антропогенного воздействия на среду обитания, однако отличие в трофической структуре сообщества под марихозайством и сообщества, зарегистрированного в 1957 г., может свидетельствовать о наличии дополнительного ресурса, который поступает на дно в связи с деятельностью марикультурного хозяйства. Известно, что на первых этапах функционирования таких хозяйств на дне под ними идёт интенсивное увеличение мелких быстро размножающихся детритофагов [4, 8]. При первоначально небольшой нагрузке на окружающую среду мидиевого хозяйства численность донных сообществ невелика. Исследованное нами сообщество *L. divaricata* как раз и отличается низкой общей плотностью макробентоса и высокой долей детритофагов. При этом наиболее многочисленные представители детритофагов — мелкие короткоживущие полихеты *M. stammeri*. Преобладание среди детритофагов группы грунтоедов, обитающих в толще осадка, может отчасти свидетельствовать о том, что поступление органического вещества на дно увеличено и что оно недостаточно используется собирающими детритофагами на поверхности дна.

Заключение. Макрозообентос под хозяйством марикультуры на первоначальном этапе его функционирования отличается относительной бедностью таксономического разнообразия и низкими количественными показателями. Обнаруженное сообщество можно идентифицировать как сообщество *Lucinella divaricata*. Сходное сообщество с доминированием люцинеллы отмечено в 1957 г. в акватории вблизи Севастополя. Настоящее сообщество отличается от регистрируемого ранее более низкой плотностью особей, однако показатели его разнообразия выше, чем в 1957 г. Руководящие виды представлены или мелкими видами, или ювенильными формами крупных двустворчатых моллюсков. Трофическая структура сообщества характеризуется более высокой долей детритофагов, среди которых преобладают мелкие полихеты-грунтоеды. Обнаруженные отличия позволяют предположить, что исследуемое сообщество находится в процессе трансформации, однако утверждать, что это является следствием деятельности марихозайства, нельзя. Необходим дальнейший мониторинг состояния бентосного сообщества, обитающего под мидийной плантацией, с целью изучения влияния культивирования моллюсков на экосистему прибрежной зоны г. Севастополя.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Абаев В. Ю. *Влияние культивирования мидий на экосистемы Анапского шельфа Черного моря*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Краснодар, 2001. 18 с. [Abayev V. Yu. *Vliyanie kultivirovaniya midiy na ekosistemi Anapskogo shelfa Chernogo morya*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. Krasnodar, 2001. 18 p. (in Russ.)].
2. Грезе И. И. *Амфиподы Чёрного моря и их биология*. Киев : Наукова думка, 1977. 156 с. [Greze I. I. *Amfipody Chernogo morya i ikh biologiya*. Kiev: Naukova dumka, 1977, 156 p. (in Russ.)].
3. Дергалева Ж. Т., Яхонтова И. В., Коваленко Ю. И. Марикультура моллюсков и ее роль в решении проблем черноморского побережья Краснодарского края // *Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки*. Москва : Изд-во ВНИРО, 2004. С. 140–143. [Dergaleva Zh. T., Yakhontova I. V., Kovalenko Yu. I. Marikul'tura mollyuskov i ee rol' v reshenii problem chernomorskogo poberezh'ya Krasnodarskogo kraya. In: *Morskie pribrezhnye ekosistemy: vodorosli, bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki*. Moscow: Izd-vo VNIRO, 2004, pp. 140–143. (in Russ.)].
4. Иванов М. В., Чивилев С. М. Долговременная сукцессия бентоса под хозяйствами марикультуры мидий в Белом море // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета*. Серия 3. Биология. 2007. № 4. С. 63–72. [Ivanov M. V., Chivilev S. M. The long-term benthic succession under the White Sea mussel farms. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya 3. Biologiya, 2007, no. 4, pp. 63–72. (in Russ.)].
5. Киселева М. И., Славина О. Я. Донные биоценозы у западного побережья Крыма // *Труды Севастопольской биологической станции*. 1964. Т. 15. С. 152–177. [Kiseleva M. I., Slavina O. Ya. Donnye biotsenozy u zapadnogo poberezh'ya Kryma. *Trudy Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii*, 1964, vol. 15, pp. 152–177. (in Russ.)].
6. Киселева М. И. *Бентос рыхлых грунтов Черного моря*. Киев : Наукова думка, 1981. 165 с. [Kiseleva M. I. *Bentos rykhlykh gruntov Chernogo morya*. Kiev: Naukova dumka, 1981, 165 p. (in Russ.)].
7. Киселёва М. И. *Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2004. 409 с. [Kiseleva M. I. *Mnogoshchetinkovye chervi (Polychaeta) Chernogo i Azovskogo morei*. Apatity: Izd-vo KNTs RAN, 2004, 409 p. (in Russ.)].
8. Кругликов О. Е., Иванов М. В. Воздействие соностровского мидиевого хозяйства на бентосные сообщества // *70-летие Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова*: материалы науч. конф. (9–10 авг. 2008 г.). Москва, 2008. С. 70–74. [Kruglikov O. E., Ivanov M. V. Vozdeistvie sonostrovskogo midievogo khozyaistva na bentosnye soobshchestva // *70-letie Belomorskoj biologicheskoi stantsii im. N. A. Pertsova*: materialy nauch. konf. (9–10 Aug. 2008). Moscow, 2008, pp. 70–74. (in Russ.)].
9. Кънева-Абаджиева В., Маринов Т. Разделение на зообентоса на пясъчиата биоценоза пред българския черноморски бряг // *Изв. НИИ риб. стопанс. и океаногр.* 1966. Т. 7. С. 69–95. [K"neva-Abadzhieva V., Marinov T. Razpredelenie na zoobentosa na pyas"chiata biotsenoza pred b"lgarskiya chernomorski bryag. *Izv. NII rib. stopans. i okeanogr.* 1966, vol. 7, pp. 69–95. (in Bulg.)].
10. Макаров М. В. Сезонная динамика Gastropoda в Севастопольской бухте (Черное море) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 2004. Вып. 10. С. 184–189. [Makarov M. V. Sezonnaya dinamika Gastropoda v Sevastopol'skoi bukhte (Chernoe more). In: *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*: sb. nauch. tr. Sevastopol, 2004, iss. 10, pp. 184–189. (in Russ.)].

11. Маккавеева Е. Б. *Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря*. Киев : Наукова думка, 1979. 229 с. [Makaveeva E. B. *Bespozvonochnyye zaroslei makrofitov Chernogo morya*. Kiev: Naukova dumka, 1979, 229 p. (in Russ.)].
12. Одум Ю. *Экология*. Москва: Мир, 1986. 376 с. [Odum Yu. *Ecology*. Moscow: Mir, 1986, 376 p. (in Russ.)].
13. Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Гринцов В. А. Структура таксоцена Malacostraca акватории бухты Круглой (юго-западный Крым, Чёрное море) // *Экология моря*. 2008. Вып. 75. С. 71–76. [Revkov N. K., Bondarenko L. V., Grintsov V. A. The structure of Malacostraca taxocene at Kruglaya Bay (south-western Crimea, Black Sea). *Ekologiya morya*, 2008, iss. 75, pp. 71–76. (in Russ.)].
14. Ревков Н. К., Тимофеев В. А., Лисицкая Е. В. Состав и сезонная динамика макрозообентоса локального биотического комплекса *Chamelea gallina* (западный Крым, Чёрное море) // *Экосистемы*. 2014. Вып. 11. С. 247–259. [Revkov N. K., Timofeev V. A., Lisitskaya E. V. Composition and seasonal dynamics of macrozoobenthos in local biotic complex *Chamelea gallina* (western Crimea, the Black Sea). *Ekosistemy*, 2014, iss. 11, pp. 247–259. (in Russ.)].
15. Погребов В. Б., Рябушко В. И., Ревков Н. К. Влияние мидиевого хозяйства на макрозообентос бухты Ласпи Черного моря // *5-я Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным*, Минск (Нарочь), 9–13 окт. 1990 г. : тез. докл. Москва, 1990. С. 21–22. [Pogrebov V. S., Ryabushko V. I. Vliyanie midievogo khozyaistva na makrobentos bukhty Laspi Chernogo morya. In: *5-ya Vsesoyuz. konf. po promyslovym bespozvonochnym*. Minsk (Naroch), 9–13 Oct. 1990: tez. dokl. Moscow, 1990, pp. 21–22. (in Russ.)].
16. Чухчин В. Д. Биология размножения *Venus gallina* L. (Lamellibranchiata) в Черном море // *Бентос*. Киев : Наукова думка, 1965. С. 15–23. [Chukhchin V. D. Biologiya razmnozheniya *Venus gallina* L. (Lamellibranchiata) v Chernom more. In: *Bentos*. Kiev: Naukova dumka, 1965, pp. 15–23. (in Russ.)].
17. Чухчин В. Д. *Экология брюхоногих моллюсков Черного моря*. Киев : Наукова думка, 1984. 176 с. [Chukhchin V. D. *Ekologiya bryukhonogikh mollyuskov Chernogo morya*. Kiev: Naukova dumka, 1984, 176 p. (in Russ.)].
18. Basurco B., Lovatelli A. The aquaculture situation in the Mediterranean Sea. Predictions for the future. In: *International Conference on the Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment*, Thessalonica (Greece), 29–31 May 2003. Available at: <http://www.oceandocs.org/odin/bitstream/1834/543/1/Basurco.pdf>.
19. Boltacheva N. A., Mazlymyan S. A. The Growth and Longevity of *Chamelea gallina* (Mollusca, Veneridae) in the Black Sea. *Vestnik zoologii*, 2003, vol. 37, iss. 3, pp. 71–74.
20. Theodorou J. A., Perdikaris C., Filippopoulos N. G. Evolution through innovation in aquaculture: a critical review of the greek mariculture industry. *Journal of Applied Aquaculture*, 2015, vol. 27, pp. 160–181. doi: 10.1080/10454438.2015.1049473.
21. Warwick R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 1986, vol. 92, iss. 4, pp. 557–562. doi: 10.1007/BF00392515.

**THE MACROZOOBENTHOS UNDER CLAM FARM
(THE BLACK SEA, SEVASTOPOL REGION)**

N. A. Boltacheva, M. V. Makarov, L. V. Bondarenko, M. A. Kovaleva

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: kovalmargarita@mail.ru

During 2015–2106 the macrozoobenthos under the clam farm located in the area of Sevastopol was investigated. The aim of the study is to consider species composition, density and biomass of macrozoobenthos in the area of the clam farm. The samples were taken using standard benthic techniques. Relatively low species diversity was observed, with 56 species of macrozoobenthos identified. The density was 500–975 ind. per m², the biomass varied from 0.8 to 381.1 g·m⁻². The community of the bivalve mollusk *Lucinella divaricata* (Linnaeus, 1758) was found. Trophic structure of the community with high quantity of detritus feeders dominated by small polychaetes was determined. The dominating, typical and rare species were identified. Comparison with the data obtained in 1957 in Evpatoriya – Sevastopol area at the same depths and sediments was made.

Keywords: macrozoobenthos, species composition, communities, diversity, Black Sea, clam farm



УДК 594.3:591.557(262.5)

**КОНСОРТЫ БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА
RAPANA VENOSA (VALENCIENNES, 1846) В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ.
ЧАСТЬ III: MOLLUSCA (GASTROPODA)**

© 2018 г. **И. П. Бондарев, Н. К. Ревков**

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия
E-mail: igor.p.bondarev@gmail.com

Поступила в редакцию 25.10.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

Данная работа — продолжение инвентаризации таксономического состава консортного сообщества *Rapana venosa*. Раковина крупной инвазивной гастроподы *R. venosa*, занявшей экологическую нишу терминального хищника бентосного сообщества, одновременно является привлекательным субстратом для различных гидробионтов-обрастателей и связанных с ними подвижных форм, среди которых — мелкие брюхоногие моллюски. Последние являются практически неучтённым звеном консорции *R. venosa*. Изучение данной группы в составе эпибионтов рапаны выполнено на материале, полученном в семи районах северной части Чёрного моря: 1 — Мамайя, побережье Румынии; 2 — северо-западное побережье Крыма, район м. Тарханкут; 3 — юго-западное побережье Крыма, Севастополь; 4 — Южный берег Крыма (ЮБК), Алушка; 5 — ЮБК, Ялта — Алушта; 6 — юго-восточный берег Крыма, Карадаг; 7 — Керченский пролив. Сбор рапаны в прибрежной зоне до глубины 15 м проведён с использованием легководолазного оборудования, в более глубоководной зоне (до 40 м) — дночерпателем «Океан-50» с борта НИС «Профессор Водяницкий». Гастроподы в качестве консортов рапаны обнаружены преимущественно в р-не 3, где в летне-осенний сезон 2015–2017 гг. проведены наиболее детальные работы и собрано около 90 % материала (1100 из 1216 особей *R. venosa*). Они представлены 14 видами 9 родов 6 семейств, из них 7 видов с кладками яиц. Их преимущественная локализация — в эпифитоне водорослевых обрастаний раковины, где моллюски-консорты могут формировать значительные скопления (более 60 особей). Непосредственно на раковине рапаны гастроподы обнаружены единично или небольшими группами — от 2–5 до 10 особей. Наиболее многочисленным и часто встречаемым (до 25 %) видом является *Bittium reticulatum* (Cerithiidae). Менее многочисленны *Tricolia pullus* (Phasianellidae) (5–10 %, в бухте Казачья — до 25 %) и *Rissoa splendida* (Rissoidae) (встречаемость в среднем около 10 %). Остальные виды обнаружены единично. Наибольшее видовое разнообразие и численность гастропод отмечены на глубине 4–10 м в консорции экоморфы *R. venosa* рыхлых грунтов — 14 видов; на скальной экоморфе рапаны, обитающей в зоне более высокой гидродинамики, — всего 2 вида. Наши исследования показывают, что экологическая роль инвазивного вида *R. venosa* не сводится к хищничеству. В частности, рапана способствует размножению, развитию и расселению других видов гастропод. В биотопе рыхлых грунтов с дефицитом твёрдого субстрата, необходимого для размножения многих видов гидробионтов, включая гастропод, *R. venosa* выступает в качестве фактора «оазисного» увеличения биологического разнообразия бентоса в целом.

Ключевые слова: консорция, *Rapana venosa*, Чёрное море, экология, эпибионты, Mollusca, Gastropoda

Хищная гастропода-вселенец *Rapana venosa* является самым крупным моллюском (до 175 мм) в современной экосистеме Чёрного моря [2]. На начальном этапе колонизации бассейна наиболее ярко проявилась способность рапаны к разрушительному воздействию на донные экосистемы. *R. venosa* считается крайне опасным инвазивным хищником [18], она фигурирует в списках основных причин уничтожения устричных банок [19], а также сокращения скаловых поселений мидии [18] и популяций

других видов двустворчатых моллюсков [10, 21]. *R. venosa* представляет потенциальную угрозу не только для двустворок, являющихся её основной пищей [2, 3, 20, 24]: рапана способна питаться представителями других видов гастропод [3, 20]. Сказанное выше отражает один из наиболее дискутируемых в литературе вопросов о роли «нежелательного» вселенца в новых для него условиях существования.

Получаемые в последние десятилетия данные свидетельствуют о том, что не всё так просто и однозначно в понимании роли рапаны в экономике прибрежных государств и влияния её как хищника на межгодовую и многолетнюю динамику аборигенных популяций моллюсков и бентоса в целом. С 1980-х гг. в странах черноморского региона рапана стала рассматриваться как объект коммерческого промысла. Её добыча превышает в отдельные годы добычу черноморской мидии [15]. Как оказалось, снижение показателей развития двустворчатых моллюсков группы фильтраторов-сестонофагов, отмечаемое после пика кризиса черноморской экосистемы конца 1980-х — начала 1990-х гг., также не всегда является результатом пресса хищной рапаны, но может быть следствием стабильного снижения трофности акваторий [16]. В исследованиях многолетней динамики бентоса Юго-Восточного Крыма (район Карадага) получены данные, которые указывают на наличие «мягкого» пресса хищника, не нарушающего общую структуру бентоса [14].

Результаты недавно выполненных исследований позволили расширить представления о современной экологической роли рапаны как ядра консорции эпибионтов; на рыхлых грунтах в условиях дефицита твёрдого субстрата она выступает как фактор, способствующий «оазисному» увеличению биологического разнообразия бентоса [4, 5, 6, 8, 23]. Среди постоянных и временных обитателей макрозообентоса на раковине рапаны уже отмечены представители Porifera (1 вид), Cnidaria (2), Bryozoa (5), Chordata (5), Polyplacophora (3), Bivalvia (7 видов) [5, 6]. Следующим шагом, предпринятым в данной публикации, стало составление аннотированного списка группы брюхоногих моллюсков-консортот *R. venosa*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал и методики детально описаны в предыдущих работах [5, 6]. Дополнительно использованы сборы 2017 г. в бухтах Голубая (260 экз., глубины 4–6 м) и Казачья (100 экз., 3–5 м). Всего проанализирована консортная структура 1216 экз. *R. venosa* (табл. 1).

Таблица 1. Районы исследований в северной части Чёрного моря с указанием количества экземпляров *R. venosa* по датам сбора, глубинам и грунтам

Table 1. Studied regions in the northern part of the Black Sea, including *R. venosa* specimens number, sampling dates, sea depths and bottom grounds

№ п/п	Район	Кол-во экз.	Месяц, год	Глубина, м	Грунт
1	Пляж Мамайя	12	XI, 2008	0,0–1,5	песок
2	СЗЧМ	11	X–XI, 2010	19,5–25,0	ил с ракушей
3	Севастополь	980	VI–IX, 2015–2017	2,0–10,0	песок
		130	VI–IX, 2015–2017	1,5–4,0	скала
4	Алупка	25	IX, 2016	0,5–5,5	скала
5	Ялта — Алушта	2	X–XI, 2010	34,0, 40,0	ил
6	Карадаг	2	VI, 2007	3,0	скала
		14	X–XI, 2010	21,8–23,0	песчаный ил
7	Керчь	40	VII, 2012	8,0–15,0	илистый песок

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В предшествующих исследованиях в качестве консортот *R. venosa* в Чёрном море из гастропод указана только *Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758) [17]. В Адриатическом море в обрастаниях раковин *R. venosa* отмечены яйцевые капсулы *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758) и самой рапаны [23]. По нашим данным,

в составе консорции, ядром которой является *R. venosa*, брюхоногие моллюски представлены 14 видами 9 родов 6 семейств (табл. 2).

Таблица 2. Список таксонов Gastropoda консорции *R. venosa* и их встречаемость на раковинах экоморф рапаны рыхлых (1) и скальных (2) грунтов по глубинам

Table 2. The list of gastropod taxa in *R. venosa* consortium and their occurrence on the shells of the soft (1) and rocky (2) ground rapana ecomorphs depending on the depth

Таксон	Встречаемость		Глубина, м
	1	2	
<i>Giubbula adraticea</i>	+	-	2,0–4,0
<i>Tricolia pullus</i>	++	+	1,5–8,0
<i>Bittium reticulatum</i>	+++	++	1,5–15,0
<i>Calyptraea chinensis</i>	+	-	4,0–6,0
<i>Pusillina inconspicua</i> (= <i>Mutiturbocella inconspicua</i>)	+	-	3,5–4,0
<i>Pusillina lineolata</i>	+	-	2,5–6,0
<i>Rissoa membranacea</i>	+	-	2,5–6,0
<i>Rissoa parva</i>	+	-	2,5–6,0
<i>Rissoa splendida</i>	++	-	2,5–6,0
<i>Setia valvatoides</i>	+	-	3,0
<i>Tritia reticulata</i> (= <i>Nassarius reticulatus</i>) — только яйцевые капсулы	+++	-	3,0–34,0
<i>Tritia (Cyclope) neritea</i>	+	-	4,0–8,0
<i>T. (Cyclope) pellucida</i>	+	-	4,0–6,0
<i>Odostomia</i> sp.	+	-	4,5

Примечание. Встречаемость гастропод на раковинах *R. venosa* оценивали по шкале: «-» — таксон не обнаружен, «+» — встречается редко (до 1 % выборки), «++» — нечасто (2–10 %), «+++» — часто (11–30 %)

Note. The occurrence of gastropods on the *R. venosa* shells was estimated by the following scale: “-” – taxon is not found, “+” – rarely found (1 % of the total sample), “++” – uncommon (2–10 %), “+++” – common (11–30 %)

Гастроподы в качестве эпибионтов *R. venosa* обнаружены нами преимущественно в р-не 3, где отобрано около 90 % исследованного материала. Наибольшее число видов и количество особей гастропод-консортов приходится на глубины 4,0–6,0 м. Эти данные находятся в соответствии с информацией по распределению моллюсков в эпифитоне, где их численность от глубины 1 м к глубине 5 м увеличивается почти в 10 раз, а биомасса возрастает более чем в 30 раз. Объясняется всё тем, что по мере роста глубины снижается воздействие прибойности, препятствующей оседанию личинок [12]. Этот же фактор лимитирует возможность удерживания подвижных гастропод на раковине рапаны и на её водорослевом обрастании.

Гастроподы присутствуют в консорции *R. venosa* преимущественно в составе эпифитона водорослевых обрастаний раковины, где могут образовывать скопления в несколько десятков (более 60) особей. Непосредственно на поверхности раковины отдельных рапан обнаружено до 10 экз. гастропод 1–4 видов. Преимущественное обнаружение большинства гастропод-консортов на водорослевом обрастании раковины рапаны объясняется их фитофагией [20].

Как и на макрофитах бентоса Чёрного моря в целом [12], брюхоногие моллюски составляют основную часть биомассы эпифитона на водорослевых обрастаниях *R. venosa*. По нашей оценке, таковые показатели биомассы не уступают, а в отдельных случаях существенно превосходят (186 г·кг⁻¹) средние значения биомассы обрастания макрофитов Чёрного моря (6–22 г·кг⁻¹) [12]. Максимальные численность (61 экз.) и биомасса (1,03 г) гастропод обнаружены нами на особи *R. venosa* с самым крупным кустиком бурой водоросли *Cladostephus spongiosus* (Hudson) C. Agardth, 1817 высотой 7 см из бухты Голубой (р-н 3, глубина 5 м). Расчётные значения численности (8714 экз.·кг⁻¹) и биомассы (147 г·кг⁻¹) эпифитных гастропод в нашем случае значительно превосходят соответствующие показатели развития (2520 экз.·кг⁻¹, 13,8 г·кг⁻¹), определённые для этого вида водорослей в севастопольской бухте Круглой (Омега) (р-н 3) [11]. Скопление гастропод на *C. spongiosus* объясняется тем, что этот вид водоросли

имеет сильно разветвлённый куст и его веточки опушены тонкими частыми короткими шиповидными отростками. Большая удельная поверхность данной водоросли способствует оседанию и удерживанию частичек детрита и развитию значительного количества диатомовых, которые являются основной пищей эпифитонных гастропод.

Семейство Trochidae. На песчаных рапанах в бухтах Голубая и Казачья (р-н 3) на глубинах 2–4 м обнаружены одиночно 18 экземпляров *Gibbula adriatica* (Philippi, 1844). Высота раковины гиббул не превышала 5,2 мм, вес — 0,021 г. Данный вид является растительноядным микрофагом и относится к зарослевым моллюскам [20]. В консорции его привлекают водорослевые обрастания рапаны, среди которых он находит диатомей, мелкие нитчатые водоросли и детрит.

Семейство Phasianellidae. Ювенильные и взрослые *Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758) на поверхности раковин рапаны отмечались и ранее (Юго-Восточный Крым, район Карадага, глубина 3–4 м) [17]. Триколия является растительноядным микрофагом и относится к зарослевым моллюскам [20]. Нами *T. pullus* обнаружена на глубинах 1,5–8,0 м в составе водорослевого обрастания и на раковинах песчаной и скальной рапаны. В консорции присутствуют как молодь (от 1,0 мм), так и взрослые особи триколии с высотой раковины до 7,5 мм. Их максимальная численность (11 экз.) обнаружена на кустике бурой водоросли *Cladostephus spongiosus* (см. выше). Обычно в консорции присутствуют 1–2, реже 3–8 особей триколии при частоте встречаемости в разных бухтах 5–10 %. В сборах 2017 г. в бухте Казачьей (р-н 3) на глубинах 2–4 м обнаружено максимальное количество триколии с встречаемостью 25 %, что не изменяет, однако, обобщённый статус обнаружения данного вида в консорции рапаны (табл. 2) Для триколии характерен широкий полиморфизм рисунка и окраски раковины (рис. 1). При этом на одной рапане могут присутствовать различные её морфы (рис. 1 А, F).

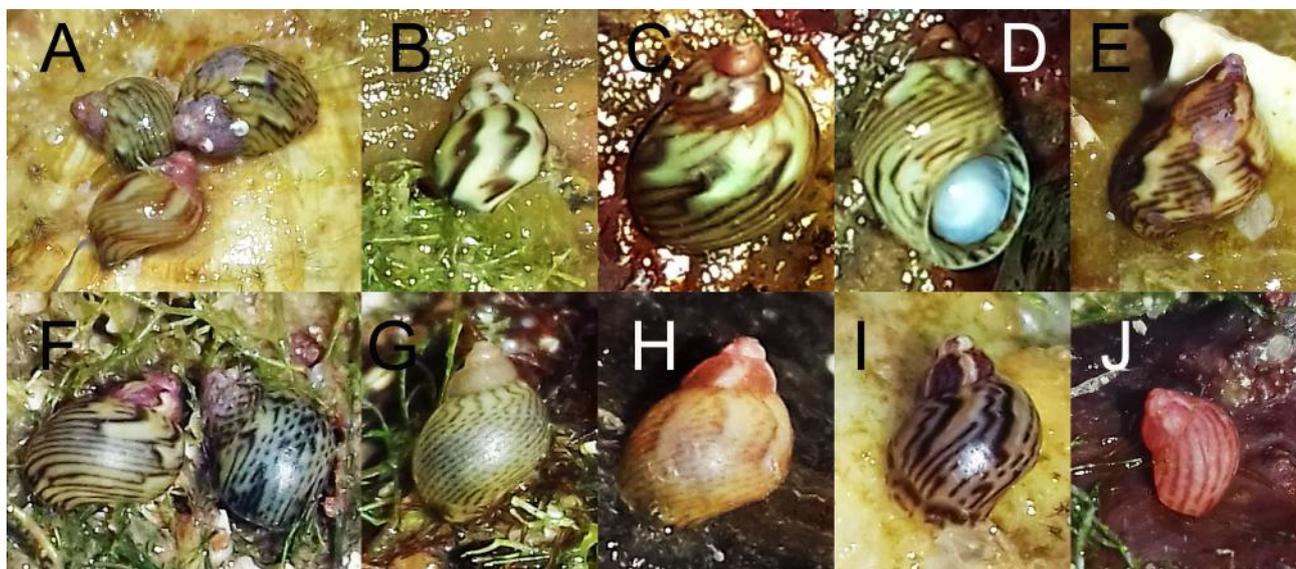


Рис. 1. А–J — вариации окраски и рисунка *T. pullus* размером (H) 2,5–7,0 мм на поверхности раковин рапаны, С–D — один и тот же экземпляр (расположен: С — дорсально, D — вентрально), р-н 3, с глубины 3,5–6,0 м

Fig. 1. А–J – color and pattern variations of *T. pullus* with shell size (H) 2.5–7.0 mm on the shell surface of rapa whelk, С–D – one and the same specimen (disposed: С – dorsally, D – ventrally), reg. 3, from the depth of 3.5–6.0 m

Семейство Cerithiidae. *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) — наиболее характерный вид гастропод в консорции рапаны. Является растительноядным микрофагом и относится к гетеротопным моллюскам (встречается в большом количестве как в зарослевых сообществах, так и на грунте среди зарослей макрофитов) [20]. Биттиум обнаружен в обрастании обеих экоморф рапаны на глубинах 1,5–15,0 м, однако чаще (до 25 %) встречается на песчаной рапане. На поверхности раковины рапаны и в её водо-

рослевым обрастании обычно присутствуют (в количестве 1–5 экз.) как молодь, так и взрослые особи *B. reticulatum* размером до 14 мм. Самое большое скопление битиума (42 экз.) обнаружено на кустике *C. spongiosus* высотой 7 см и диаметром 7 см из бухты Голубой (р-н 3), где его биомасса составила 0,74 г (105,7 г·кг⁻¹ водоросли).

Семейство Calyptraeidae. Основным биотопом *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758) в Чёрном море являются песчано-ракушечные и ракушечные грунты. *C. chinensis* — фильтратор-сестонофаг, питается фитопланктоном и детритом [20]. Один экземпляр *C. chinensis* (ширина раковины — 10,5 мм, сырой вес — 0,05 г) обнаружен на песчаной рапане на глубине 6 м в бухте Голубой, ещё один (4,5 мм и 0,01 г соответственно) — на глубине 4,5 м в бухте Казачьей (р-н 3).

Семейство Rissoidae в консорции представлено 6 видами. Все они являются растительноядными микрофагами и относятся к зарослевым моллюскам [20]. Обнаружены преимущественно в водоросле-вом обрастании песчаной рапаны на глубинах 2,5–6,0 м; реже риссой можно видеть на поверхности раковины рапаны.

Pusillina inconspicua (Alder, 1844) встречена единично на глубинах 3,5–4,0 м (р-н 3) на песчаной форме *R. venosa* в бухтах Голубая (3 экз. на разных особях рапаны) и Круглая (2 экз. на одной рапане). Высота раковины — до 2,0 мм, вес особей — от 0,001 до 0,010 г.

Pusillina lineolata (Michaud, 1830) (рис. 2 А) обнаружена в бухте Казачьей (р-н 3), имела встречае-мость 5 %. Высота раковины не превышал 5,2 мм, вес — 0,03 г.



Рис. 2. Два экземпляра *Pusillina lineolata* (А) и *Rissoa splendida* (В) на поверхности обросшей водорослями раковины рапаны с глубины 4 м, р-н 3

Fig. 2. Two specimens of *Pusillina lineolata* (A) and *Rissoa splendida* (B) on the shell surface of rapa whelk fouled with algae from the depth of 4 m, reg. 3

Rissoa membranacea (J. Adams, 1800). В консорции присутствуют ювенильные и взрослые особи с высотой раковины до 5,8 мм, единично и группами до 3 экз. в р-не 3.

Rissoa parva (da Costa, 1778). Особи размером до 4,3 мм и средним весом 0,005 г обнаружены единично на песчаной рапане в р-не 3 на глубине 2,5 м.

Rissoa splendida Eichwald, 1830 (рис. 2 В). Это самый массовый и распространённый вид риссой в консорции (частота встречаемости — до 10 %). Ювенильные и взрослые особи с высотой раковины до 7,7 мм и средним весом 0,021 г обнаружены в р-не 3 единично и группами до 5 экз.

Setia valvatoides (Milaschewitsch, 1909). Два экземпляра с высотой раковины до 1,3 мм и общим весом 0,0002 г обнаружены на песчаной рапане бухты Голубой (р-н 3) на глубине 3,0 м.

Семейство Nassariidae. Современные молекулярно-генетические исследования привели к неожиданному результату, продемонстрировав, что филогенетически восточно-атлантические/средиземноморские виды *Nassarius* должны быть отнесены к одному региональному кладу и принадлежать роду *Tritia*. Более того, несмотря на очевидную морфологическую специфичность рода *Cyclope*, молекулярный анализ не обнаружил филогенетических оснований для использования данного таксона для родового и даже подродового уровня в рамках рода *Tritia* [22]. Но, поскольку классификация гастропод традиционно строится на морфологии раковин, мы считаем целесообразным и соответствующим принципам биологической систематики сохранение широко известного и используемого в современной литературе таксона *Cyclope* [1, 9] как минимум для обозначения соответствующего подрода *Tritia*.

Tritia reticulata (Linnaeus, 1758) (= *Nassarius reticulatus* (L., 1758)). Относится к всеядным моллюскам, может нападать на двустворчатых моллюсков с тонкостенной раковиной. Его основным биотопом в Чёрном море являются рыхлые грунты до глубин 30 м [20]. В консорции *R. venosa* зарегистрированы только яйцевые капсулы этого вида (см. ниже).

Tritia (Cyclope) neritea (Linnaeus, 1758) (= *Cyclope neritea* (L., 1758), *Nana neritea* (L., 1758), *Cyclope westerlundi* Brusina, 1900). На глубинах 4 и 8 м в р-не 3 обнаружены две ювенильные особи с шириной раковины до 6,5 мм и сильно выступающим завитком, соответствующим фенотипу *westerlundi*.

Tritia (Cyclope) pellucida (Risso, 1826) (= *Cyclope donovani*, Risso, 1826). Обнаружена на глубинах 4–6 м в р-не 3. Преобладают (9 экз.) ювенильные особи. Зрелые тритии с полностью сформированным терминальным валиком внешней губы (рис. 3) размером до 8,5 мм обнаружены трижды.

Принято считать, что в Чёрном море обитают два вида тритий, ранее относимых к роду *Cyclope*, — *C. neritea* и *C. donovani* [1, 7, 9, 13]. Однако есть мнение [25], что *T. (C.) donovani* является младшим синонимом *T. (C.) neritea*.

Согласно [20], раковины с фенотипом *westerlundi* могут представлять вариацию раковин молодки как *T. (Cyclope) neritea*, так и *T. (Cyclope) pellucida*. Взрослые формы этих видов отличаются размерами (*T. (Cyclope) neritea* несколько крупнее) и рядом особенностей каллуса и завитка. Учитывая изложенное выше, мы считаем правильным до молекулярно-генетического подтверждения видовых статусов *neritea* и *pellucida* диагностировать обнаруженных на рапане зрелых «циклопов» как *T. (Cyclope) pellucida*. Морфу *westerlundi* относим к *T. neritea* в соответствии с современной редакцией WoRMS (2017).

Тритии (*Cyclope*) являются плотоядными моллюсками, но иногда питаются водорослями и детритом [20]. Часть пищи они могут получать на поверхности песчаной рапаны, поросшей водорослями. Там они и были обнаружены в диапазоне глубин 4–8 м.

Семейство Pyramidellidae. Единственный ювенильный экземпляр *Odostomia* sp. (высота раковины — 1,7 мм, вес — 0,0005 г) обнаружен на песчаной рапане, поднятой с глубины 4,5 м в Голубой бухте (р-н 3). Большинство представителей рода являются эктопаразитами, питающимися тканями определённых хозяев [20].

Яйцекладки брюхоногих моллюсков. Наличие на раковинах *R. venosa* её крупных (до 25 мм в высоту) кожистых стручковидных коконов отмечено в качестве характерного обрастания рапаны Средиземного моря [23]. В предшествующих исследованиях консорции рапаны в Чёрном море [8] из кладок гастропод указаны только капсулы рапаны. Наши данные расширяют список гастропод, чьи кладки обнаружены на раковине рапаны и её водорослевом обрастании, до семи видов. Чаше других это кластеры яйцевых капсул (коконов) самой рапаны (рис. 4).

Обычно рапана формирует яйцекладку на скальном субстрате, гораздо реже её можно увидеть на достаточно прочных упругих водорослях рода *Cystoseira*. Кладки яиц *R. venosa* обнаружены на поверхности раковин самцов и самок обеих экоморф рапаны. На некоторых особях кладки рапаны могут покрывать до 70 % внешней поверхности их раковины.



Рис. 3. *T. (Cyclope) pellucida* на поверхности раковины рапаны, обросшей красной корковой водорослью *Peyssonnelia dubyi*, с глубины 4 м, р-н 3

Fig. 3. *T. (Cyclope) pellucida* on the rapa whelk shell surface, fouled with red cortical algae *Peyssonnelia dubyi*, from the depth 4 m, reg. 3



Рис. 4. Рапана (H = 61,8 мм) с кластером яйцевых капсул *R. venosa*, анемоном *Diadumene lineata* (слева) и *Amphibalanus improvisus* (справа), с глубины 34 м, р-н 5

Fig. 4. Rapa whelk (H = 61.8 mm) with a cluster of *R. venosa* egg capsules, anemone *Diadumene lineata* (left) and *Amphibalanus improvisus* (right), from the depth 34 m, reg. 5

Нередко на раковине песчаной формы *R. venosa* можно обнаружить яйцекладки широко распространенного на рыхлых грунтах другого хищного брюхоногого моллюска *Tritia reticulata*. В северной части Адриатического моря его яйцевые капсулы встречаются у 6 % песчаной и 3 % скальной формы рапаны [23], однако на раковине черноморской рапаны они ранее не зарегистрированы [8]. Яйцевые капсулы *T. reticulata* высотой до 4,5 мм (рис. 5) отмечены нами у 15 % особей песчаной рапаны (в среднем 4–6, максимально до 21 капсулы), начиная с глубины 2,5 м, и не встречены на раковинах её скальной экоформы. До середины августа капсулы наполнены яйцами, а позже, как правило, пусты.

Довольно редко (до 5 % в совокупности) в консорции встречаются яйцевые кладки риссоид, среди которых преобладают овальные приплюснутые капсулы *R. splendida* размером до 1,5 мм в поперечнике. Кладки других видов риссой обнаружены единично. Также редко на раковине песчаной формы рапаны встречаются кладки *Gibbula adriatica* размером около 8 мм.

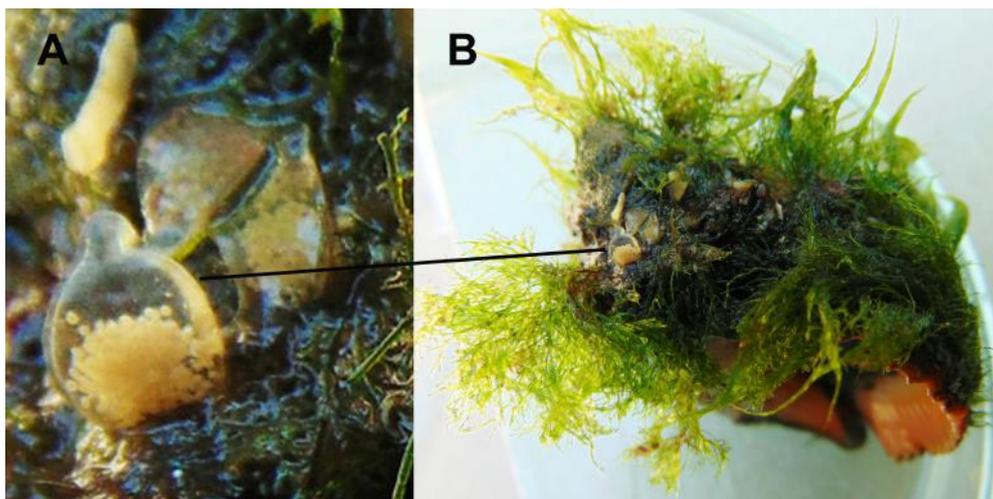


Рис. 5. А — яйцевые капсулы *T. reticulata* на поверхности раковины рапаны с глубины 4,5 м, р-н 3; В — *R. venosa* с характерными обрастаниями водорослей *Cladophora* spp., среди которых прикреплены яйцевые капсулы *T. reticulata*

Fig. 5. А – egg capsules of *T. reticulata* on shell surface of the rapa whelk from the depth 4.5 m, reg. 3; В – *R. venosa* with typical fouling algae *Cladophora* spp., among which *T. reticulata* egg capsules are attached

Из всех гастропод, обнаруженных в составе обрастания раковин рапаны, четыре вида (*Calyptraea chinensis*, *Setia valvatoides*, *T. (Cyclope) neritea* и *T. (Cyclope) pellucida*) не имеют пелагической стадии развития, что ограничивает возможности освоения ими новых (или поддержания стабильности в развитии популяции на всём пространстве уже занятых) акваторий. В этом отношении «подвижный субстрат», каковым является рапана, в условиях её большей миграционной активности становится фактором, способствующим поддержанию и расширению жизненного пространства связанных с ней менее подвижных видов.

Заключение. В составе эпибионтов *R. venosa* брюхоногие моллюски представлены 14 видами 9 родов 6 семейств. Степень и длительность взаимодействия гастропод-консортов с ядром сообщества различна. *Gibbula adriatica* и риссоиды встречаются на рапане на разных стадиях развития, включая яйцекладки. *Tricolia pullus* размножается, выбрасывая яйца прямо в воду, где и происходит их оплодотворение и развитие. *Tritia reticulata* связана с *R. venosa* только на этапе кладки яйцевых капсул на поверхность раковины рапаны. Можно утверждать, что *R. venosa* способствует поселению, распространению и сохранению гастропод-консортов, особенно видов с непелагическим типом развития.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Анистратенко В. В. Определитель гребнежаберных моллюсков (Gastropoda Pectinibranchia) фауны Украины. Ч. 1. Морские и солоноватоводные // *Вестник зоологии*. 1998. Отд. вып. № 8. С. 3–65. [Anistratenko V. V. Handbook for identification of Pectinibranch Gastropods of the Ukrainian fauna. Pt. I. Marine and brackishwater. *Vestnik zoologii*, 1998, suppl. 8, pp. 3–65. (in Russ.)].
2. Бондарев И. П. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // *Ruthenica*. 2010. Т. 20, № 2. С. 69–90. [Bondarev I. P. Shell morphogenesis and intraspecific differentiation of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). *Ruthenica*, 2010, vol. 20, no. 2, pp. 69–90. (in Russ.)].

3. Бондарев И. П. Особенности питания и перспективы развития рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в Чёрном море // *Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов* : материалы Междунар. конф. (Ростов-на-Дону, 27 ноября 2015 г.). Ростов-н/Д. : ФГБНУ «АзНИИРХ», 2015. С. 44–48. [Bondarev I. P. Feeding habits and development prospects of rapa-whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in the Black Sea. In: *Voprosy sokhraneniya bioraznoobraziya vodnykh ob"ektov*: materialy Mezhdunar. konf. (Rostov-on-Don, 27 Nov. 2015). Rostov-on-Don: FGBNU "AzNIIRKh", 2015, pp. 44–48. (in Russ.)].
4. Бондарев И. П. Экологические связи рапаны (*Rapana venosa* Valenciennes, 1846) с представителями ихтиофауны в Черном море // *Морской биологический журнал*. 2016. Т. 1, № 4. С. 76–77. [Bondarev I. P. Ecological interrelations of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) with ichthyofauna in the Black Sea. *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2016, vol. 1, no. 4, pp. 76–77. (in Russ.)]. doi: [10.21072/mbj.2016.01.4.10](https://doi.org/10.21072/mbj.2016.01.4.10).
5. Бондарев И. П., Ревков Н. К. Консорты брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в северной части Чёрного моря. Ч. I: Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Chordata // *Морской биологический журнал*. 2017. Т. 2, № 2. С. 21–34. [Bondarev I. P., Revkov N. K. Consorts of Gastropod *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in the Northern Black Sea. Pt. I: Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Chordata. *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 21–34. (in Russ.)]. doi: [10.21072/mbj.2017.02.2.02](https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.2.02).
6. Бондарев И. П., Ревков Н. К. Консорты брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в северной части Чёрного моря. Ч. II: Mollusca (Polyplacophora, Bivalvia) // *Морской биологический журнал*. 2017. Т. 2, № 3. С. 12–22. [Bondarev I. P., Revkov N. K. Consorts of Gastropod *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in the Northern Black Sea. Pt. II: Mollusca (Polyplacophora, Bivalvia). *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2017, vol. 2, no. 3, pp. 12–
22. (in Russ.)]. doi: [10.21072/mbj.2017.02.3.02](https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.3.02).
7. Голиков А. Н., Старобогатов Я. И., Скарлато О. А. Тип моллюски – Mollusca // *Определитель фауны Черного и Азовского морей*. Киев : Наукова думка, 1972. Т. 3. С. 60–249. [Golikov A. N., Starobogatov Ya. I., Skarlato O. A. Typ mollyuski — Mollusca. In: *Opredelitel' fauny Chernogo i Azovskogo morei*. Kiev: Naukova dumka, 1972, vol. 3, pp. 60–249. (in Russ.)].
8. Емельянов И. Г., Комиссарова М. С., Марченко В. С. Консортивные связи инвазионного вида гастропод *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на шельфе Черного моря. (Консортивні зв'язки інвазійного виду гастропод *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на шельфі Чорного моря) // *Екологія та ноосферологія*. 2010. Т. 21, № 3–4. С. 92–97. [Emelyanov I. G., Komisarova M. S., Marchenko V. S. Consorting correlation of the invasive species *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in the shelf area of the Black Sea. *Ekologiya i Noosferologiya*. 2010, vol. 21, no. 3–4, pp. 92–97. (in Ukrainian)].
9. Кантор Ю. И., Сысоев А. В. *Морские и солоноватоводные брюхоногие моллюски России и сопредельных стран: иллюстрированный каталог*. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2006. 371 с. [Kantor Yu. I., Sysoev A. V. *Marine and brackish water Gastropoda of Russia and adjacent countries: an illustrated catalogue*. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2006, 371 p. (in Russ.)].
10. Киселева М. И., Валовая Н. А., Новоселов С. Ю. Видовой состав и количественное развитие бентоса в биотопе песка района Карадагского заповедника // *Экология моря*. 1984. Вып. 17. С. 70–75. [Kiseleva M. I., Valovaya N. A., Novoselov S. Yu. Species composition and quantitative development of benthos in the sand biotope of the Karadag reservation. *Ekologiya morya*, 1984, iss. 17, pp. 70–75. (in Russ.)].
11. Макаров М. В., Бондаренко Л. В., Копий В. Г. Эпифитон макрофитов бухты Круглая (Юго-Западный Крым, Черное море) // *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали VI Міжнар. наук.

- конф. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2011. С. 97–99. [Makarov M. V., Bondarenko L. V., Kopyi V. G. Epiphyton of macrophytes of Kruglaya Bay (the South-Western Crimea, Black Sea). In: *Biodiversity and the role of animals in ecosystems: Proc. VI Intern. Conf. Dnepropetrovsk: DNU, 2011, pp. 97–99. (in Russ.)*].
12. Маккавеева Е. Б. *Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря*. Киев : Наукова думка, 1979. 228 с. [Makaveeva E. B. *Invertebrates of the Black Sea macrophytes*. Kiev: Naukova dumka, 1979, 228 p. (in Russ.)].
 13. Ревков Н. К. Таксономический состав донной фауны Крымского побережья Черного моря // *Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор)*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. С. 209–218, 326–338. [Revkov N. K. Taxonomical composition of the bottom fauna at the Black Sea Crimean coast. In: *Modern condition of biological diversity in near-shore zone of Crimea (the Black Sea sector)*. Sevastopol: Ekosi-Gidrofizika, 2003, pp. 209–218, 326–338. (in Russ.)].
 14. Ревков Н. К. Некоторые замечания по составу и многолетней динамике фауны моллюсков рыхлых грунтов юго-восточного Крыма (Черное море) // *Кардаг – 2009 : сб. науч. тр., посвящ. 95-летию Кардагской науч. станции и 30-летию Кардагского природного заповедника Национальной академии наук Украины* / ред. А. В. Гаевская, А. Л. Морозова. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 251–261. [Revkov N. K. Some remarks on the structure and long-term dynamics of mollusks on soft bottoms at southeast Crimea (the Black Sea). In: *Karadag – 2009: sb. nauch. tr., posvjash. 95-letiju Karadagskoj nauch. stancii i 30-letiju Karadagского prirodnogo zapovednika Nacional'noj akademii nauk Ukrainy* / A. V. Gaevskaja, A. L. Morozova (Eds.). Sevastopol: Ekosi-Gidrofizika, 2009, pp. 251–261. (in Russ.)].
 15. Ревков Н. К. Макрозообентос украинского шельфа Чёрного моря. Современное состояние зооресурсов бентали Азово-Черноморского бассейна // *Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 140–162. [Revkov N. K. Macrozoobenthos of the Ukrainian zone of the Black Sea shelf. In: *The modern state the bottom zooresources of the Azov-Black sea basin. Biological resources of the Black Sea and Sea of Azov*. Sevastopol: Ekosi-Gidrofizika, 2011, pp. 140–162. (in Russ.)]. doi: 10.13140/RG.2.1.4583.7280.
 16. Ревков Н. К. Особенности колонизации Чёрного моря недавним вселенцем – двустворчатым моллюском *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae) // *Морской биологический журнал*. 2016. Т. 1, № 2. С. 3–17. [Revkov N. K. Colonization's features of the Black Sea basin by recent invader *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae). *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2016, vol. 1, no. 2, pp. 3–17. (in Russ.)]. doi: 10.21072/mbj.2016.01.2.01.
 17. Ревков Н. К., Костенко Н. С., Киселева Г. А., Анистратенко В. В. Тип Моллюски Mollusca Cuvier, 1797 // *Кардаг. Гидробиологические исследования : сб. науч. тр., посвящ. 90-летию Кардагской научной станции им. Т. И. Вяземского и 25-летию Кардагского природного заповедника НАН Украины*. Симферополь : Соната, 2004. Кн. 2. С. 399–435. [Revkov N. K., Kostenko N. S., Kiseleva G. A., Anistratenko V. V. Тип Molljuskii Mollusca Cuvier, 1797. *Karadag. Gidrobiologicheskie issledovanija: sb. nauch. tr., posvjash. 90-letiju Karadagской nauchnoj stancii im. T. I. Vjazemского i 25-letiju Karadagского prirodnogo zapovednika NAN Ukrainy*. Simferopol: Sonata, 2004, book. 2, pp. 399–435. (in Russ.)].
 18. Смирнова Ю. Д. Адаптация вселенца *Rapana venosa* в северной части Черного моря (на примере акватории Кардагского заповедника) // *Universum: Химия и биология*. 2016. № 12 (30). Режим доступа: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3950>. [Smirnova Yu. D. Invader *Rapana venosa*'s adaptation in the northern part of the Black Sea (on the example of water areas of the Karadag reserve). *Universum: Himija i biologija*, 2016, no. 12 (30). (in Russ.)]. Available at: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3950>.

19. Чухчин В. Д. Рапана (*Rapana bezoar* L.) на Гудаутской устричной банке // *Труды Севастопольской биологической станции*. 1961. Т. 14. С. 178–187. [Chukhchin V. D. *Rapana (Rapana bezoar* L.) на Gudautskoj ustrichnoj banke. *Trudy Sevastopol'skoj biologicheskoy stancii*, 1961, vol. 14, pp. 178–187. (in Russ.)].
20. Чухчин В. Д. *Экология брюхоногих моллюсков Черного моря*. Киев : Наукова думка, 1984. 176 с. [Chukhchin V. D. *Ekologiya bryukhonogikh mollyuskov Chernogo morya*. Kiev: Naukova dumka, 1984, 176 p. (in Russ.)].
21. Chikina M. V., Kucheruk N. V. Long-term changes in the structure of coastal benthic communities in the northeastern part of the Black Sea: influence of alien species. *Oceanology*, 2005, vol. 45, suppl. 1, pp. 176–182.
22. Galindo L. A., Puillandre N., Utge J., Lozouet P., Bouchet P. The phylogeny and systematics of the Nassariidae revisited (Gastropoda, Buccinoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2016, vol. 99, pp. 337–353. doi: 10.1016/j.ympev.2016.03.019.
23. Savini D., Castellazzi M., Favruzzo M., Occhipinti-Ambrogi A. The alien mollusk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846; Gastropoda, Muricidae) in the northern Adriatic Sea: population structure and shell morphology. *Chemistry and Ecology*, 2004, vol. 20, suppl. 1, pp. 411–424. doi: 10.1080/02757540310001629242.
24. Snigirov S., Medinets V., Chichkin V., and Sylantsev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea. *Aquatic Invasions*, 2013, vol. 8, iss. 3, pp. 289–297. doi: 10.3391/ai.2013.8.3.05.
25. Wilke T. Annotated check-list of the marine gastropods of the Bulgarian Black Sea coast. *Proceedings of the Institute of Fisheries – Varna*, 1996, vol. 24, pp. 144–166.

**CONSORTS OF GASTROPOD *RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846)
IN THE NORTHERN BLACK SEA.
PART III: MOLLUSCA (GASTROPODA)**

I. P. Bondarev, N. K. Revkov

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: igor.p.bondarev@gmail.com

This work is a continuation of a series of descriptions of the taxonomic composition of the consort community of *Rapana venosa*. The shell of the large invasive gastropod *R. venosa*, which occupies the ecological niche of the terminal predator in benthic community, is simultaneously an attractive substrate for various hydrobionts – fouling and associated mobile forms, one of which is small gastropod mollusks. The latter are poorly explored and accounted for in the *R. venosa* consortium. The study of this group of hydrobionts in the composition of epibionts of rapana was carried out on the material obtained in 7 regions of the northern part of the Black Sea: 1 – Mamaya, coast of Romania; 2 – NW Crimean coast, Tarkhankut area; 3 – SW coast of Crimea, Sevastopol; 4 – Southern coast of Crimea, Alupka; 5 – Southern coast of Crimea, Yalta – Alushta; 6 – SE coast of Crimea, Karadag; 7 – Kerch Strait. Sampling of rapa-whelk in the coastal zone up to a depth of 15 m was carried out using light water diving equipment, in the deeper zone (up to 40 m), the “Ocean-50” bottom grabber was used from the board of the RV “Professor Vodyanitsky”. Gastropods as consorts of rapa-whelk were found predominantly in reg. 3, where in the summer – autumn season 2015–2017 the most detailed works were carried out and about 90 % of the material was sampled (1100 of 1216 *R. venosa* specimens). It was found that gastropods in the consortia of rapana were represented by 14 species of 9 genera of 6 families, 7 species of them with egg laying. The gastropods were observed in the consortium of *R. venosa* mainly in the epiphyton community of algal fouling of the shell, where the mollusc-consorts can form significant clusters – more than 60 individuals. Directly on the shell of the rapa-whelk, the gastropods were found singly or in small groups – from 2–5 to 10 individuals. The most numerous and often occurring (up to 25 %) gastropod species in the consortium of *R. venosa* was *Bittium reticulatum* (Cerithiidae). Less numerous were *Tricolia pullus* (Phasianellidae) (5–10 %, in Kazachya Bay – up to 25 %) and *Rissoa splendida* (Rissoidae)

(the occurrence on the average was about 10 %). The remaining species were observed singly. The highest species diversity and abundance of gastropods were recorded at the depth of 4–10 m in the consortium of loose soils *R. venosa* ecomorph – 14 species; on the rocky ecomorph of rapa-whelk inhabiting the zone of more intensive hydrodynamics – only 2 species. Our research demonstrates that the ecological role of the invasive species of the Black Sea fauna, *R. venosa*, is not limited to be a predation. In particular, it contributes to reproduction, development and resettlement of other gastropod species. In the biotope of loose soils, where there is a deficit of the solid substrate necessary for reproduction of many species of hydrobionts, including gastropods, *R. venosa* is “oasis” increasing the biological diversity of the benthos as a whole.

Keywords: consortium, *Rapana venosa*, Black Sea, ecology, epibionts, Mollusca, Gastropoda



УДК 597.541(262.5)

**ЛОКАЛЬНЫЙ ПЕРЕЛОВ
ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА (*SPRATTUS SPRATTUS*: CLUPEIDAE, PISCES)
И ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ**

© 2018 г. Г. В. Зуев, В. А. Бондарев, Ю. В. Самотой

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия
E-mail: zuev-ger@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.08.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

Черноморский шпрот (*Sprattus sprattus*) принадлежит к числу наиболее многочисленных видов рыб в Азово-Черноморском бассейне и является промысловым объектом во всех причерноморских странах. Его вылов достигает 100 тыс. тонн. Мониторинг состояния популяции и выявление факторов риска в условиях роста интенсивности промысла и изменения климата являются актуальными задачами. Предмет исследования данной статьи — оценка воздействия промысла на состояние популяции черноморского шпрота и определение перспективы дальнейшей эксплуатации его промыслового запаса. В основу публикации положены результаты собственных исследований и материалы ежегодных отчётов Научно-технического и экономического комитета по рыболовству (STECF) Европейской комиссии. Изучена многолетняя (2003–2013) динамика интегральных показателей размерно-возрастной структуры (средней длины и среднего возраста) и вылова шпрота из двух близких по климатическим условиям географических регионов — Крымского и Западного (шельф Болгарии и Румынии). Лов шпрота в обоих регионах производили с помощью разноглубинных тралов в зоне шельфа в придонном слое воды. Во всех расчётах использована стандартная длина (SL), выраженная в см. Установлены межрегиональные отличия показателей размерно-возрастной структуры и условий промысла. В Крымском регионе средняя длина шпрота изменялась от 5,57 до 6,85 см, среднемноголетняя — 6,43 см. Межгодовая амплитуда колебаний достигала 20 %. Средний возраст изменялся от 0,9 до 1,57 года, среднемноголетний составил 1,4 года. Установлены отрицательные тренды средней длины и среднего возраста, свидетельствующие об ухудшении состояния популяции в целом и её промыслового качества в частности. Годовой вылов шпрота изменялся от 11,4 до 24,8 тыс. т, среднемноголетний составил 16,09 тыс. т. Межгодовая амплитуда колебаний — более 2,2 раза. Установлена сопряжённость межгодовых колебаний высоких уловов и низких значений средней длины и среднего возраста, смещённых относительно вылова на один год вперёд, а также показана тесная отрицательная связь между ними ($r = -0,81, p < 0,01$ и $r = -0,82, p < 0,01$). В Западном регионе, в отличие от Крымского, шпрот более крупный. Его средняя длина изменялась от 7,24 до 7,62 см, среднемноголетняя — 7,46 см. Межгодовая амплитуда колебаний менее 5 % указывает на стабильное состояние популяции. Годовой вылов шпрота изменялся от 2,77 до 4,64 тыс. т, при этом уровень промысловой нагрузки на популяцию не превышал предельно допустимого. Среднемноголетний вылов составил 3,75 тыс. т, что в 4,3 раза ниже, чем в Крымском регионе. Связь между выловом и средней длиной шпрота, смещённой на один год вперёд, отсутствует ($r = -0,27, p > 0,15$). Локальный перелов шпрота в Крымском регионе в сочетании с многолетней, последовательно прогрессирующей деградацией состояния популяции следует рассматривать как косвенный показатель структурированности промыслового запаса, предполагающий внутривидовую дифференциацию. Данный вывод носит предварительный характер, необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: шпрот, средняя длина, средний возраст, промысловый улов, корреляция, перелов

Черноморский шпрот относится к числу наиболее массовых видов рыб, населяющих Азово-Черноморский бассейн. Благодаря своей многочисленности он играет ключевую роль в пелагической экосистеме как связующее звено между зоопланктоном и представителями высшего трофического уровня: крупными хищными рыбами, дельфинами, птицами. В то же время шпрот является промысловым объектом во всех причерноморских странах. Современный промысловый запас испытывает межгодовые колебания и оценивается в 300–400 тыс. т. Максимально допустимый уровень изъятия, обеспечивающий сохранение условий устойчивого воспроизводства шпрота, составляет около 100 тыс. т. Его вылов колебался в последнее десятилетие от 27,4 до 120,7 тыс. т [16]. Основные районы промысла — шельф Анатолийского побережья Турции в районе Синопа — Самсуна, шельф Крымского полуострова и шельф, прилегающий к побережью Болгарии и Румынии.

Согласно результатам наших предыдущих многолетних (2000–2011) исследований размерно-возрастной структуры шпрота в Крымском регионе, биологическое состояние его популяции в этот период последовательно и закономерно ухудшалось, что сопровождалось уменьшением средней длины (измельчением) и среднего возраста (омоложением) особей. Основной причиной послужил, по нашему мнению, слишком интенсивный и неконтролируемый вылов [5, 6, 7, 8]. Вместе с тем ряд авторов [1, 2, 3, 9, 12, 17] связывает этот процесс напрямую с нарушением условий питания шпрота, которые сложились в конце 1990-х гг. в северной половине Чёрного моря в результате глобального потепления, повлёкшего общее повышение температуры воздуха в регионе [10]. Определённо, это должно создавать неблагоприятные условия для комплекса холодолюбивых видов в целом и для шпрота, бореального по своему происхождению, в частности. Существует и другая точка зрения [11]. Согласно ей, причиной измельчения шпрота в Крымском регионе послужило перераспределение промысловой нагрузки на популяцию между внешним глубоководным и прибрежным мелководным участками шельфа в пользу последнего, где преобладает мелкий шпрот. Это произошло после изменения в 1998 г. украинского таможенного законодательства: выловленные за пределами территориальных вод Украины (12-мильной прибрежной зоны) живые ресурсы стали приравниваться к импортируемым продуктам. В результате произошло существенное сокращение внешнего (за пределами 12 миль) промысла и, как следствие, вылова крупного шпрота.

Данная статья посвящена изучению многолетней (2003–2013) динамики размерно-возрастной структуры и вылова шпрота на крымском шельфе и в прибрежных водах Болгарии и Румынии с целью оценки воздействия промысла на состояние его популяции в этих близких по климатическим условиям регионах и определения перспектив дальнейшей эксплуатации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу статьи положены результаты собственных многолетних (2003–2013) исследований, а также материалы отчётов Научно-технического и экономического комитета по рыболовству (STECF) Европейской комиссии. Выборки шпрота получены из траловых уловов промысловых судов из прибрежных вод Болгарии и Румынии (Западный регион) и шельфовой зоны Крыма (Крымский регион) (рис. 1). Во всех расчётах использовали стандартную длину (SL) рыб (от начала рыла до конца позвоночника), полученную путём прямого измерения в Крымском регионе и расчётным путём ($TL \times 0,86$) — в Западном. Индивидуальный возраст определяли по отолитам; для расчёта среднего популяционного возраста (\bar{A}) использовали размерно-возрастной ключ (табл. 1). Общее количество исследованных особей превысило 65 000 экз. Сведения о вылове шпрота в Крымском регионе приведены по данным Восточно-Крымского государственного управления рыбоохраны (ныне Крымский отдел государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов Азово-Черноморского территориального управления Федерального агентства по рыболовству), информация о вылове в водах Болгарии и Румынии — по данным STECF.



Рис. 1. Район исследования: 1 — Крымский регион; 2 — Западный регион (шельф Болгарии и Румынии)

Fig. 1. Research area: 1 – the Crimean region; 2 – the Western region (the shelf of Bulgaria and Romania)

Таблица 1. Размерно-возрастной ключ черноморского шпрота

Table 1. Size-age key of the Black Sea sprat

Стандартная длина, см	Возраст, годы			
	0+	1+	2+	3+
4,5–4,9	100*	–		
5,0–5,4	90	10		
5,5–5,9	30	70		
6,0–6,4	10	90		
6,5–6,9	–	100	–	
7,0–7,4		90	10	
7,5–7,9		50	50	
8,0–8,4		10	90	
8,5–8,9		–	100	
9,0–9,4			90	10
9,5–9,9			70	30
10,0–10,4			30	70
10,5–10,9				100

* — в процентах

* – in percentages

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размерно-возрастная структура является одним из основных индикаторов состояния популяции (вида) и отражает такие важные процессы жизнедеятельности, как темпы роста, интенсивность воспроизводства, уровень смертности, скорость смены поколений [13]. Она зависит как от внутренних особенностей популяции, так и от воздействия внешних (естественных и антропогенных) факторов. При изучении размерно-возрастной структуры шпрота использовали такие интегральные её показатели, как средняя длина и средний возраст особей из июльских и августовских уловов.

В Крымском регионе в 2003–2013 гг. средняя длина шпрота изменялась от 5,57 до 6,85 см, её среднемноголетнее значение — 6,43 см (табл. 2, рис. 2А). Межгодовая амплитуда колебаний составляла 18,7%. При этом в многолетнем плане на фоне значительных межгодовых колебаний происходило

последовательное уменьшение средней длины (отрицательный тренд). В 2003–2005 гг. она составляла 6,69 см, а в 2011–2013 гг. сократилась до 6,08 см. Средний возраст в это время изменялся от 0,90 до 1,57 года, его среднемноголетнее значение — 1,40 года. Межгодовая амплитуда колебаний превышала 57 %. В многолетнем плане средний возраст сократился почти на 24 % — с 1,51 года в 2003–2005 гг. до 1,22 года в 2011–2013 гг. В результате промысловое качество популяции изменилось в худшую сторону. Данные негативные структурные преобразования являются результатом количественного перераспределения в составе уловов представителей разных возрастных групп (поколений). В 2003–2005 гг. возрастной состав уловов был представлен тремя поколениями (сеголетками (0+), двухлетками (1+) и трёхлетками (2+)) в численном соотношении 7,2, 84,5 и 8,3 % соответственно, тогда как в 2011–2013 гг. это соотношение составляло 29,0, 69,6 и 1,4 % (см. табл. 2). Как видно, возрастная структура претерпела весьма заметные изменения. В наибольшей степени они коснулись представителей младшей (сеголеток) и старшей (трёхлеток) возрастных групп. Относительная численность первых увеличилась более чем вчетверо, тогда как численность вторых сократилась почти в шесть раз. Фактически в 2011–2013 гг. возрастной состав популяции шпрота в Крымском регионе был представлен лишь двумя поколениями.

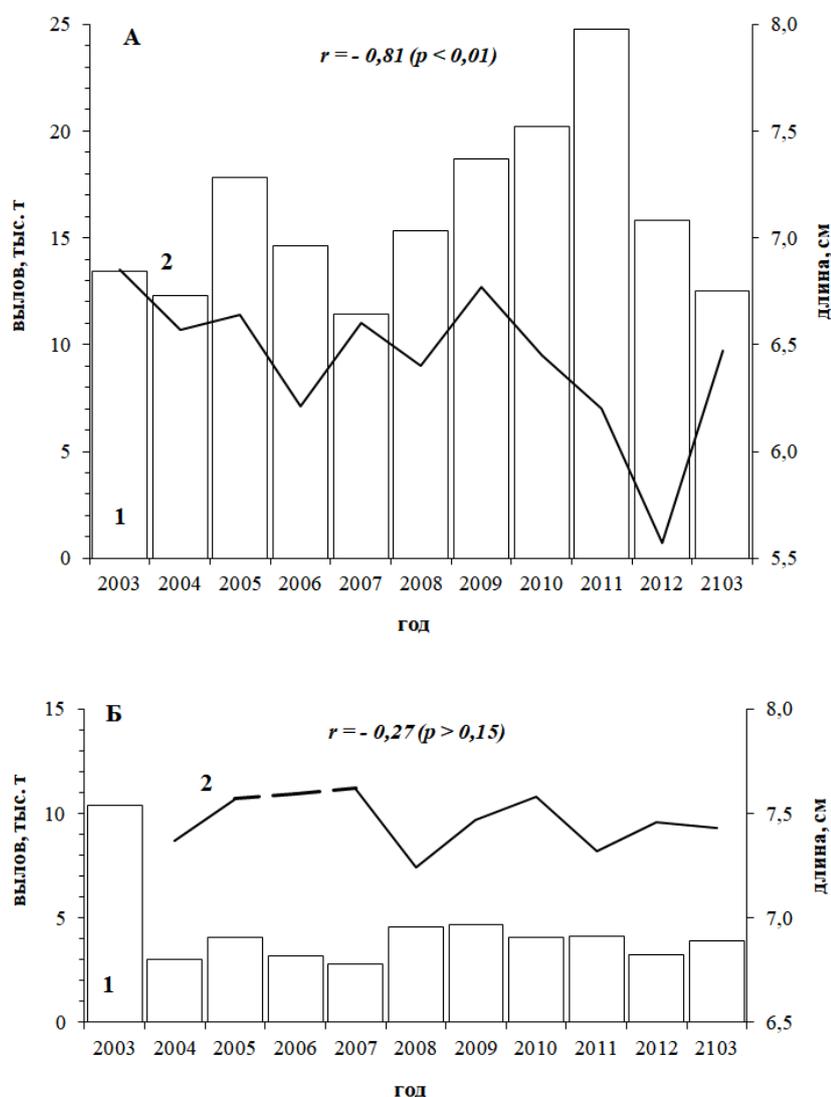


Рис. 2. Средняя длина и вылов шпрота в Крымском (А) и Западном (Б) регионах Чёрного моря в 2003–2013 гг.

Fig. 2. Average length and catch of sprat in the Crimean (A) and Western (Б) regions of the Black Sea in 2003–2013

Таблица 2. Показатели размерно-возрастной структуры и вылов шпрота в Крымском регионе в 2003–2013 гг. (июль — август)**Table 2.** Size-age structure and catch of sprat in the Crimean region in 2003–2013 (July – August)

Год	Средняя длина, см	Возраст, %				Вылов, тыс. т
		0+	1+	2+	средний	
2003	6,85	8,6	76,0	15,4	1,57	13,44
2004	6,57	5,0	93,2	1,8	1,47	12,32
2005	6,64	7,9	84,5	7,6	1,50	17,82
2006	6,21	21,9	75,7	2,4	1,31	14,64
2007	6,60	4,9	92,5	2,6	1,48	11,40
2008	6,40	12,1	84,0	3,9	1,42	15,34
2009	6,77	4,0	90,4	5,6	1,52	18,70
2010	6,45	10,6	85,6	3,8	1,43	20,21
2011	6,20	17,2	81,7	1,1	1,33	24,78
2012	5,57	59,9	39,2	0,9	0,90	15,75
2013	6,47	9,8	88,0	8,2	1,42	12,52

В 2003–2013 гг. промышленный лов на Крымском шельфе проводили мало- и среднетоннажными судами с помощью разноглубинных тралов в придонном слое. Промысел продолжался в течение всего года в диапазоне глубин от 20–25 до 70–80 м. Величина вылова изменялась от 11,4 (2007) до 24,78 тыс. т (2011), то есть межгодовая амплитуда его колебаний составляла почти 2,2 раза (см. табл. 2, рис. 2А). Среднегодовое значение вылова — 16,1 тыс. т. В многолетнем плане прослеживается нестабильный, колебательный характер вылова. Высокие уловы зафиксированы в 2005 г. (17,82 тыс. т) и 2009–2011 гг. (18,7–24,78 тыс. т), низкие — в 2003–2004 гг. (12,32–13,44 тыс. т), 2006–2008 гг. (11,4–15,34 тыс. т) и 2012–2013 гг. (12,5–15,8 тыс. т). Результативность промысла подвержена не только межгодовой изменчивости, но и выраженным сезонным изменениям. Уловы достигают максимальных значений в весенне-летний период (апрель — сентябрь) и снижаются в осенне-зимний (октябрь — март). Доля весенне-летних уловов в разные годы изменялась от 66,3 до 90,1 % (при среднем значении 77,8 %), доля осенне-зимних — от 9,9 до 33,7 % (при среднем значении 22,2 %). В свою очередь, выделяются наиболее «добычливые» месяцы — июль и август: общий вылов в разные годы варьировал от 23,9 до 47,4 %, а в среднем составил 34,5 %. Именно по этой причине при изучении многолетней динамики размерно-возрастной структуры шпрота использованы значения средней длины и среднего возраста особей из летних (объединённых июльских и августовских) уловов как наиболее достоверные и объективно отражающие состояние популяции показатели.

В многолетнем плане прослеживается сопряжённость межгодовых колебаний величины вылова и средней длины шпрота: вслед за высокими (более 17–18 тыс. т) выловами происходит с опозданием на один год уменьшение его средней длины. Так, низкие значения средней длины наблюдались в 2004, 2006 и 2012 г. после высоких уловов в 2003, 2005 и 2009–2011 гг. Своего самого низкого значения средняя длина достигла в 2012 г. после трёхлетнего (2009–2011) периода высоких уловов; в 2011 г., в частности, зафиксирован рекордный за последние несколько десятилетий вылов — 24,78 тыс. т. Возникает вопрос: эта сопряжённость является случайным совпадением или отражает связь между данными показателями как результат негативного воздействия на популяцию слишком интенсивной эксплуатации?

Для ответа на этот вопрос изучена корреляционная зависимость между величиной вылова и средней длиной шпрота, смещённой относительно вылова на следующий календарный год, то есть на год вперёд. Данное смещение длины связано с тем, что основу промысловых уловов шпрота составляют двухлетки (возраст 1+), в результате чего последствия вылова могут отразиться на возрастном и, соответственно, размерном составе популяции не ранее чем через год. Так, в 2003–2013 гг. доля двухлеток изменялась от 39,2 до 93,2 % и составляла в среднем 81 %. Результат корреляционного анализа выявил наличие тесной отрицательной связи ($r = -0,81$, $p < 0,01$) между ними. Сходный результат получен

при изучении корреляции между выловом и средним возрастом шпрота ($r = -0,82$, $p < 0,01$). Из этого следует, что в 2000-е гг. вылов шпрота в Крымском регионе превышал биологически допустимый, то есть имел место перелов.

Одновременно изучена многолетняя динамика вылова и средней длины шпрота в Западном регионе (воды Болгарии и Румынии), близком по своим климатическим (в частности, метео- и гидрологическим) условиям к Крымскому, что позволяет исключить воздействие на популяцию температурного и тесно связанного с ним трофического факторов. Оба региона находятся под воздействием климатообразующих факторов, основные из которых — циклы Северо-Атлантического колебания и Атлантической мультидекадной осцилляции, определяющие долгопериодные изменения температуры воздуха и воды в этих регионах [10].

В 2003–2013 гг. средняя длина шпрота в уловах в Западном регионе, в отличие от таковой в Крымском, сохранялась практически постоянной, варьируя от 7,24 до 7,62 см. Межгодовой размах колебаний не превышал 5 %, то есть оставался в пределах ошибки (табл. 3, рис. 2Б). Среднемноголетнее значение длины 7,46 см на 16 % больше показателя средней длины шпрота в Крымском регионе (6,43 см). Как видно, по размерному составу и характеру его многолетней динамики между шпротом из разных регионов существуют вполне определённые различия. Следует заметить, что полученный результат не согласуется с утверждением о «*практическом соответствии показателей размерного состава шпрота из болгарских и румынских вод распределению длины в украинских уловах в 2005–2009 гг.*» [11]. Правда, к сожалению, авторы не приводят размеры шпрота в украинских уловах.

Промышленный лов шпрота в Западном регионе также проводили с помощью разноглубинных тралов в пределах относительно постоянного диапазона глубин, ограниченного 70-метровой изобатой, то есть в батиметрически сходных с крымскими условиях. В продолжение всего 11-летнего периода, за исключением 2003 г., вылов сохранялся относительно постоянным, варьируя в пределах от 2,77 до 4,64 тыс. т. (см. табл. 3, рис. 2Б). Межгодовая амплитуда колебаний не превышала 1,7 раза. Среднемноголетняя величина вылова шпрота составила 3,75 тыс. т, что в 4,3 раза ниже таковой в Крымском регионе. Уровень промысловой нагрузки на популяцию в соответствии с расчётной величиной коэффициента промысловой смертности, которая изменялась от 0,3 до 0,7, в среднем не превышал предельно допустимый [11].

Таблица 3. Средняя длина и вылов шпрота в Западном регионе в 2003–2013 гг.

Table 3. Average length and catch of sprat in the Western region in 2003–2013

Год	Средняя длина, см	Вылов, тыс. т
2003	–	10,37
2004	7,37	3,02
2005	7,57	4,06
2006	–	3,15
2007	7,62	2,77
2008	7,24	4,54
2009	7,47	4,64
2010	7,58	4,08
2011	7,32	4,09
2012	7,46	3,25
2013	7,45	3,89

Для оценки воздействия промысла на состояние популяции изучена корреляция между величиной вылова и средней длиной шпрота, смещённой относительно вылова на один год вперёд. Коэффициент корреляции ($r = -0,27$, $p > 0,15$) свидетельствует об отсутствии связи между показателями. Данный результат был вполне ожидаем по следующим причинам: во-первых, как упоминалось выше, вылов в этом регионе строго контролировался, во избежание слишком интенсивной эксплуатации промысловая на-

грузка на популяцию не превышала предельно допустимого уровня; во-вторых, расчётная величина общего допустимого вылова шпрота в водах Болгарии и Румынии оценивается более чем в 10 тыс. т, превышая почти в три раза его среднемноголетнюю величину (3,75 тыс. т) в 2003–2013 гг. [14].

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что наблюдаемое в 2000-х гг. неблагоприятное состояние шпрота в Крымском регионе в основном является результатом его слишком интенсивной эксплуатации. Влияние климатического (температурного) и пищевого факторов на состояние популяции следует признать второстепенным. Относительно батиметрического перераспределения промысловой нагрузки на популяцию, которое могло бы явиться возможной причиной измельчания и омоложения шпрота в Крымском регионе (см. выше), следует заметить, что в данном случае речь идёт о временном периоде 2003–2013 гг., то есть о промысле в новых правовых условиях, в пределах 12-мильной прибрежной зоны, в диапазоне глубин от 20–25 до 70–80 м. Таким образом, батиметрическое перераспределение промысловой нагрузки на популяцию если не исключается полностью, то существенно минимизируется.

Факт локального перелома шпрота в Крымском регионе в сочетании с последовательно возрастающей степенью деградации популяции даёт основание рассматривать его в качестве показателя структурированности промыслового запаса, его подразделённости на ряд пространственно обособленных, самовозобновляемых образований (единиц запаса), что предполагает, соответственно, наличие внутривидовой дифференциации. Неоднородность пространственного распределения шпрота вполне согласуется с особенностями его миграционного поведения, для которого характерны незначительные по расстоянию сезонные миграции, ориентированные перпендикулярно береговой линии: весной — на мелководье, осенью — на глубину [4, 16].

В литературе известны примеры локального перелома шпрота. Так, слишком интенсивный промысел как одну из причин сокращения промыслового запаса шпрота в начале 1990-х гг., наряду с низким пополнением и вспышкой численности гребневика-мнемиопсиса, приводит К. Проданов [18]: “*Since 1988 the sharp decline of sprat biomass was accompanied by fishing mortality increase in 1989 owing to the sprat fishery of the former USSR*” (см. с. 170).

В докладе Комиссии по защите Чёрного моря от загрязнения [19] отмечается, что снижение величины среднего вылова на единицу промыслового усилия и среднего размера шпрота в водах Болгарии и Румынии в 2006–2007 гг. связано со слишком высоким уровнем промыслового пресса на популяцию: “*The decreasing CPUE and mean catch size in Bulgarian and Romanian fisheries in 2006–2007 indicate that current level of fishing pressure might be too strong for the size of exploited stock biomass and therefore further catch limitation may be need*” (см. с. 331).

В Крымском регионе после рекордно высоких уловов шпрота в 2001 и 2002 гг. (19,5 и 21,4 тыс. т соответственно) в последующие два года объёмы вылова сократились более чем в 1,5 раза (до 13,4 тыс. т в 2003 г. и 12,5 тыс. т в 2004 г.) [8]. Одновременно произошли определённые изменения биологической структуры популяции, в частности размерных и возрастных показателей, нашедшие отражение в уменьшении средней длины особей (измельчании) и снижении их среднего возраста (омоложении). Ничем другим, кроме как сверхэксплуатацией промыслового запаса в 2001–2002 гг., это объяснить нельзя.

Подобная ситуация имела место у Анатолийского побережья в 2012 и 2013 гг. Вылов шпрота сократился тогда в 7,2 и 9,7 раза соответственно после беспрецедентно высокого (87,14 тыс. т) вылова шпрота Турцией в этом регионе в 2011 г. [14]. При этом произошло существенное (более чем пятикратное) снижение эффективности промысла, сопровождавшееся уменьшением размеров шпрота.

Факты локального перелома расходятся с существующим в настоящее время представлением, согласно которому промысловый запас шпрота в пределах видového ареала является единым, что в принципе исключает возможность перелома. Данная концепция вызывает вполне обоснованные сомнения в связи с тем, что никаких доказательств в её пользу не приводится. Рассматривать промысловый запас шпрота в качестве единого было негласно принято для простоты расчётов различных промысловых параметров, что со всей очевидностью следует из ежегодного доклада Комитета по рыболовству [15]:

“Due to the lack of information about the structure of sprat (*Sprattus sprattus*) population in the Black Sea this stock was assumed to be confined within the GSA 29 boundaries” (см. с. 42). Таким образом, в реальности концепция единого промыслового запаса шпрота зиждется не на фактах, а на авторитетах. Разрешение противоречия между концепцией единого запаса и фактами локального перелова шпрота возможно лишь при наличии внутривидовой дифференциации.

Заключение. С помощью показателей размерно-возрастной структуры (средней длины и среднего возраста) и их многолетней (2003–2013) динамики изучено современное состояние черноморского шпрота (*Sprattus sprattus*) в двух близких по климатическим условиям регионах Чёрного моря — Западном (прибрежные воды Болгарии и Румынии) и Крымском. Установлены региональные отличия в состоянии популяции и показана их связь с интенсивностью промысла. В Западном регионе шпрот более крупный, его средняя длина составляет 7,46 см. В течение периода исследований она сохранялась практически постоянной, а межгодовая амплитуда её колебаний не превышала 5 %, то есть оставалась в пределах ошибки. Состояние популяции стабильное. Средний вылов составлял 3,75 тыс. т в год. В Крымском регионе шпрот более мелкий, его средняя длина — 6,43 см. Межгодовая амплитуда колебаний длины достигла почти 20 %. В многолетнем плане происходило её последовательное уменьшение (отрицательный тренд). Состояние популяции нестабильное. Средний вылов — 16,09 тыс. т.

Для оценки воздействия промысла на состояние шпрота в регионах изучена связь между выловом и размерно-возрастными показателями. В Крымском регионе между ними установлена тесная отрицательная связь: выловы выше 15–16 тыс. т сопровождаются уменьшением средней длины и среднего возраста шпрота, смещёнными относительно вылова на один год вперёд (соответствующие коэффициенты корреляции составляют $-0,81, p < 0,01$ и $-0,82, p < 0,01$). Таким образом, главным фактором, определяющим угнетённое и нестабильное состояние популяции шпрота в Крымском регионе, послужила слишком высокая интенсивность промысла. Негативное влияние климатического (температурного) и трофического факторов на состояние популяции следует признать второстепенным. В Западном регионе связь между выловом шпрота и средней длиной отсутствует: коэффициент корреляции между ними равен $-0,27, p > 0,15$.

Необходимым условием для предотвращения дальнейшей деградации, а также для восстановления и поддержания стабильного состояния популяции шпрота в Крымском регионе является регулирование промысла. В соответствии с выявленной многолетней (2003–2013) сопряжённостью межгодовых колебаний вылова и размерно-возрастных показателей, величина вылова, не нарушающая состояние популяции, не должна превышать того уровня изъятия промыслового запаса, за которым следует уменьшение абсолютных значений этих показателей. Согласно данному условию, вылов не должен превышать 17–18 тыс. т, за исключением лет с высоким пополнением промысловой биомассы, повторяющихся с квазидекадной периодичностью.

Локальный перелов шпрота в Крымском регионе в сочетании с многолетней, последовательно прогрессирующей деградацией популяции следует рассматривать, по нашему мнению, в качестве косвенного показателя структурированности промыслового запаса, его подразделённости на ряд пространственно обособленных, самовозобновляемых образований (единиц запаса), предполагающего наличие внутривидовой дифференциации. Однако данный вывод носит сугубо предварительный характер, необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Глущенко Т. И. Питание и оценка рациона черноморского шпрота в 2009–2010 годах // *Труды ЮгНИРО*. 2011. Вып. 49. С. 34–39. [Glushchenko T. I. Nutrition and assessment of Black Sea sprat in 2009–2010. *Trudy YugNIRO*, 2011, iss. 49, pp. 34–39. (in Russ.)].
2. Глущенко Т. И., Сороколит Л. К., Негода С. А. Условия нагула черноморского шпрота в основных районах летнего промысла в современный период // *Рыбное хозяйство Украины*. 2005. № 3–4. С. 3–5. [Glushchenko T. I., Sorokolit L. K., Negoda S. A. Usloviya nagula chernomorskogo shprota v osnovnykh raionakh letnego promysla v sovremennyi period. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2005, no. 3–4, pp. 3–5. (in Russ.)].
3. Глущенко Т. И., Чащин А. К. Особенности питания черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) и формирование его нагульных скоплений // *Морской экологический журнал*. 2008. Т. 7, № 3. С. 5–14. [Glushchenko T. I., Chashchin A. K. Peculiarities of nutrition of the Black Sea sprat *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) and formation of its feeding accumulations. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2008, vol. 7, no. 3, pp. 5–14. (in Russ.)].
4. Гусар А. Г., Гетманцев В. А. *Черноморский шпрот*. Москва : ИЭМЭЖ АН СССР, 1985. 229 с. [Gusar A. G., Getmantsev V. A. *Chernomorskii shprot*. Moscow: IEMEZh AN SSSR, 1985, 229 p. (in Russ.)].
5. Зуев Г. В., Бондарев В. А. Размерно-возрастная структура популяции черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) у побережья Крыма. // *Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона* : материалы VIII Междунар. конф. (Керчь, 26–27 июня 2013 г.). Керчь : ЮгНИРО, 2013. С. 67–75. [Zuev G. V., Bondarev V. A. Razmerno-vozrastnaya struktura populyatsii chernomorskogo shprota *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) u poberezh'ya Kryma. In: *Sovremennye rybokhozyaistvennyye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona*: materialy VIII Mezhdunar. konf. (Kerch, 26–27 July 2013). Kerch: YugNIRO, 2013, pp. 67–75. (in Russ.)].
6. Зуев Г. В., Бондарев В. А., Завьялов А. В., Самотой Ю. В. Многолетняя динамика промысла и возрастной структуры черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces, Clupeidae) в водах Украины (Крымский регион) // *Морской экологический журнал*. 2013. Т. 12, № 3. С. 39–47. [Zuev G. V., Bondarev V. A., Zav'yalov A. V., Samotoi Yu. V. Long-time dynamics of fisheries and age structure of the Black Sea sprat population *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) in Ukrainian waters (Crimean region). *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2013, vol. 12, no. 3, pp. 39–47. (in Russ.)].
7. Зуев Г. В., Бондарев В. А., Самотой Ю. В. Географическая изменчивость размерно-возрастной структуры черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) и его внутривидовая дифференциация // *Морской биологический журнал*. 2016. Т. 1, № 1. С. 24–35. [Zuev G. V., Bondarev V. A., Samotoi Yu. V. Geographical variability of length-age structure of the Black Sea sprat *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) and intraspecific differentiation. *Morskoy biologicheskij zhurnal*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 24–35. (in Russ.)]. doi: 10.21072/mbj.2016.01.1.03.
8. Зуев Г. В., Гуцал Д. К., Мельникова Е. Б., Бондарев В. А. Современные представления о структуре промыслового запаса черноморского шпрота, его состоянии и рациональном использовании в водах Украины // *Рыбное хозяйство Украины*. 2008. № 1. С. 8–12. [Zuev G. V., Gutsal D. K., Mel'nikova E. B., Bondarev V. A. Sovremennye predstavleniya o strukture promyslovogo zapasa chernomorskogo shprota, ego sostoyanii i ratsional'nom ispol'zovanii v vodakh Ukrainy. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2008, no. 1, pp. 8–12. (in Russ.)].
9. Никольский В. Н., Шульман Г. Е., Юнева Т. В., Щепкина А. М., Ивлева Е. В., Бат Л., Кидейш А. О современном состоянии обес-

- печенности пицей черноморского шпрота // *Доповіди НАН України*. 2007. № 5. С. 194–198. [Nikolsky V. N., Shulman G. E., Yuneva T. V., Shchepkina A. M., Ivleva E. V., Bat L., Kideys A. О *sovremennom sostoyanii obespechennosti pishchei chernomorskogo shprota*. *Dopovidi NAN Ukrainy*. 2007, no. 5, pp. 194–198. (in Russ.)].
10. Репетин Л. Н. Пространственная и временная изменчивость температурного режима прибрежной зоны Черного моря // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа*. 2012. Вып. 26, т. 1. С. 99–116. [Repetin L. N. Spatial and temporal variability of temperature regime in the Black Sea coastal zone. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe issledovanie resursov shel'fa*, 2012, iss. 26, vol. 1, pp. 99–116. (in Russ.)].
11. Шляхов В. А., Шляхова О. В. Динамика структуры траловых уловов шпрота на украинском шельфе Черного моря и воздействие на нее природных факторов и рыболовства // *Труды ЮзНИРО*. 2011. Т. 49. С. 12–33. [Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V. Dynamics of trawl catch structure of Black Sea sprat on the Black Sea Ukrainian shelf and impact of natural factors and fishery on them. *Trudy YugNIRO*, 2011, vol. 49, pp. 12–33. (in Russ.)].
12. Шульман Г. Е., Никольский В. Н., Юнева Т. В. Воздействие глобальных климатических и региональных факторов на мелких пелагических рыб Черного моря // *Морской экологический журнал*. 2007. Т. 6, № 4. С. 18–30. [Shulman G. E., Nikolsky V. N., Yuneva T. V. Influence of global climatic and regional anthropogenic factors on small pelagic fishes of the Black Sea. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2007, vol. 6, no. 4, pp. 18–30. (in Russ.)].
13. Яблоков А. В. Популяционная биология. Москва : Высшая школа, 1987. 303 с. [Yablokov A. V. *Populyatsionnaya biologiya*. Moscow: Vysshaya shkola, 1987, 303 p. (in Russ.)].
14. *Black Sea assessments* (STECF-14-14). (Oct. 2014). Sampson D., Damalas D., Osio G. C. (Eds.). Luxemburg: EU Publ., 2014, 421 p. (Sci., Techn. and Econom. Comm. for Fish. STECF).
15. *Black Sea assessments* (STECF-15-16). (Oct. 2015). Cardinale M., Damalas D. (Eds.). Luxemburg: EU Publ., 2015, 278 p. (Sci., Techn. and Econom. Comm. for Fish. STECF).
16. Ivanov L., Beverton R. J. H. Fisheries resources of the Mediterranean. Part two: Black Sea. In: *General Fisheries Council for the Mediterranean: Studies and Reviews*. Rome: FAO, 1985, no. 60, 135 p.
17. Mihneva V., Raykov V., Grishin A., Stefanova K. Sprat feeding in front of the Bulgarian Black Sea coast. In: *Medcoast 15: Proc. of Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment* (Varna, Bulgaria, 6–10 Oct., 2015). Varna, 2015, vol. 1, pp. 431–443.
18. Prodanov K., Mikhailov K., Daskalov G., Maxim K., Chashchin A., Arkhipov A., Shlyakhov V., Ozdamar E. Environmental Impact on Fish Resources in the Black Sea. In: *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea* / Özsoy E., Mikaelyan A. (Eds.). Netherlands: Kluwer Acade. Publ., 1997, pp. 163–181. (NATO Asi Series 2; vol. 27).
19. Shlyakhov V. A., Daskalov G. M. The state of marine living resources. In: *State of the Environment of the Black Sea (2001–2006/7)* / T. Oguz (Ed.). Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC) 2008-3. Istanbul, Turkey, 2008, pp. 291–334.

**LOCAL OVERFISHING
OF THE BLACK SEA SPRAT (*SPRATTUS SPRATTUS*: CLUPEIDAE, PISCES)
AND INTRASPECIES DIFFERENTIATION**

G. V. Zuyev, V. A. Bondarev, Iu. V. Samotoi

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: zuev-ger@yandex.ru

The Black Sea sprat (*Sprattus sprattus*) is known to be one of the most numerous fish species in the Azov – Black Sea basin. It is an object of fishing in all the Black Sea countries, its catch reaches 100 thousand tons. Therefore, the task to monitor the state of the sprat population and identify the risk factors under existing conditions of increasing fishing intensity and climate change is of great importance. The subject of the study is to assess the impact of fishing on the state of the Black Sea sprat population and estimate the prospects of further exploitation of its commercial stock. The article is based on the results of our research and the annual reports of the European Commission's Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). The catch of sprat in both regions was carried out with mid-water trawls, in the shelf zone in the near-bottom layer of water. In all calculations, the standard length (*SL*) in cm was measured. Long-term (2003–2013) dynamics of integrated characteristics of the size-age structure of sprat population (average length and average age of sprat) and also sprat catch from two geographically similar in climatic conditions regions, the Crimean region and the Western region (the shelf of Bulgaria and Romania), was investigated. Interregional differences in characteristics of the size-age population structure and fishing conditions were identified. In the Crimean region, the average length of sprat varied from 5.57 to 6.85 cm, the average was 6.43 cm. The interannual amplitude of the *SL* fluctuations was near 20 %. The average sprat age varied from 0.9 to 1.57 year, the average fish age in the population was 1.4 year. The interannual amplitude of sprat age fluctuations was more than 57 %. Negative trends of the average sprat length and its average age have been determined, indicating deterioration of the population state as a whole and of its commercial quality, in particular. The annual commercial catch of sprat varied from 11.4 to 24.78 thousand tons, the average annual catch was 16.09 thousand tons. The interannual amplitude of the catch fluctuations was more than 2.2 time. A close negative correlation between high catches and low average lengths and, as well as low average sprat age in the population for one year forward, was found ($r = -0.81, p < 0.01$ and $r = -0.82, p < 0.01$). In the Western region, unlike the Crimean, the sprat was longer, the average length of fish varied from 7.24 to 7.62 cm, average was 7.46 cm. Interannual amplitude of fluctuations less than 5 % indicated a sustainable state of the population. The annual commercial catch of sprat varied from 2.77 to 4.64 thousand tons, with the fishing effort upon the population did not exceed the maximum allowable level. The average annual catch was 3.75 thousand tons, which was 4.3 time lower than that in the Crimean region. There was no significant correlation between the catch and the average length of sprat ($r = -0.27, p > 0.15$). Local overfishing of sprat in the Crimean region together with long-term progressive deterioration of the sprat population state suggested division of total commercial fish stock into separate commercial unit stocks. This contradicts the concept of total commercial stock (a single population) of the Black Sea sprat. This conclusion is preliminary and further investigations in this area are to be made.

Keywords: sprat, average length, average age, commercial catch, correlation, overfishing



УДК [582.282+582.284](262.5)

COROLLOSPORA INTERMEDIA И NIA GLOBOSPORA [AS 'NIA GLOBISPORА'] — НОВЫЕ ДЛЯ ЧЁРНОГО МОРЯ ВИДЫ МОРСКИХ ГРИБОВ

© 2018 г. **Н. И. Копытина**

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: kopytina_n@mail.ru

Поступила в редакцию 21.07.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

В прибрежной зоне Чёрного моря обнаружены два новых вида морских грибов: аскомицет *Corollospora intermedia* (I. Schmidt) E. B. G. Jones 1969 и базидиомицет *Nia globospora* Barata & Basilio 1997 [as '*Nia globispora*' Barata & Basilio 1997]. Приведено морфологическое описание грибов, представлены фотографии. Обобщены данные о распространении грибов этих видов. Морфометрические параметры грибов из Чёрного моря не отличаются от таковых из других районов их распространения. Вид *N. globospora* впервые указан для морей России.

Ключевые слова: облигатно морские грибы, Чёрное море, *Corollospora intermedia*, *Nia globospora* [as '*Nia globispora*']

Морские грибы — это обширная самостоятельная экологическая группа водных организмов, населяющих все солоноватоводные экосистемы нашей планеты. По определению J. Kohlmeyer и E. Kohlmeyer [18], облигатно морские грибы способны расти и размножаться исключительно в морских и эстуарных местах обитания. В морской микологии большое внимание уделяют мицелиальным (высшим) грибам, развивающимся преимущественно на целлюлозосодержащих субстратах (макроводорослях, морских травах, фрагментах наземных травянистых и древесных растений), которые постоянно находятся или некоторое время находились в морской воде, а затем были выброшены на побережье. Именно с этими субстратами главным образом ассоциированы истинно морские виды микромицетов. Морские лигнофильные грибы вызывают мягкую гниль древесины. Термин «мягкая гниль» означает разложение погружённых в воду одревесневших частей растения до мягкого состояния под воздействием грибов и бактерий. Для выявления видового состава этой группы грибов блоки, изготовленные из разных видов растений, выставляют на экспозицию в море в качестве приманок. Споры и мицелий грибов оседают на приманках, на которых затем проращивают грибы в лабораторных условиях [18].

К 2000 г. было известно 444 вида облигатно морских грибов: 360 из отдела Ascomycota (177 родов), 10 из отдела Basidiomycota (7 родов), 74 вида митоспорических (группа Mitosporic Fungi) или бесполой (группа Anamorphic Fungi) грибов (51 род) [15]. Тип питания данных грибов — сапротрофный.

За период 2000–2008 гг. выявлено 43 новых вида [16]. Использование сканирующего электронного микроскопа и применение методов генетического анализа позволили пересмотреть систематическую принадлежность обнаруженных ранее видов и выделить новые в известных родах микромицетов. Число видов грибов также возросло — за счёт наземных и пресноводных форм, которые в последнее время выделили из морских экосистем. Итак, на 2008 г. число морских видов увеличилось до 530 [16].

В работе 2015 г. Jones et al. [17] указывают 1112 видов в 472 родах: в отделе Ascomycota — 805 видов (в 352 родах), Basidiomycota — 21 (в 17 родах), Chytridiomycota — 26 (в 13 родах), Zygomycota —

3 (в 2 родах), Blastocladiomycota — 1 вид (1 род), Anamorphic Fungi — 43 (в 26 родах). Морские дрожжи: Ascomycota — 138 видов (в 35 родах), Basidiomycota — 75 видов (в 26 родах).

Исследование микобиоты древесины в супра- и псевдолиторальной зонах на побережье полуострова Крым (Россия) и в северо-западной части Чёрного моря (Одесская область, Украина) периодически проводят с 1970-х гг. [1, 2, 4, 6, 7, 9]. В прибрежных водах этих районов моря выявлено 58 видов облигатно морских грибов, из них 22 на побережье п-ва Крым и 53 в северо-западной части Чёрного моря (далее — СЗЧМ), 16 видов — общие.

Исследование видового состава грибов на целлюлозосодержащих субстратах проводят для выявления видового разнообразия облигатно морской микобиоты отдельных районов и мониторинга вселения чужеродных видов в экосистему моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Естественной приманкой для морских грибов служит древесина, попавшая с суши в море. Сухие и влажные фрагменты древесины (с признаками разложения) собраны на побережье галечных пляжей г. Севастополя (бухты Камышовая, Казачья, Артиллерийская, Южная) и на песчаном побережье СЗЧМ в пределах Одесской области (Одесский залив, лиманы Тилигульский, Малый Аджалыкский (Григорьевский), Большой Аджалыкский (Дофиновский), Сухой, Днестровский). Районы исследования отличаются по климатическим условиям, гидрологическому режиму, глубине, типу грунта, видовому составу наземной древесной растительности. Данные факторы обуславливают различия в видовом составе микобиоты. Грибы выделяли методом «накопления — дорастивания» [1]. Субстраты помещали в чашки Петри, заливали стерильной морской водой с антибиотиками (стрептомицином в концентрации 0,03 % или смесью пенициллина и стрептомицина из расчета 10 000 ед. на 1000 мл среды) [10]. Чашки экспонировали при температуре 18–25 °С (это оптимум для роста многих видов морских грибов) до появления на поверхности субстратов плодовых тел аскомицетов, базидиомицетов или конидий анаморфных грибов. Измерение спор грибов проводили при увеличении ×400, с помощью микроскопа с вмонтированной кинокамерой Motic B1 Series System Microscopes. Идентификацию видов проводили по работам M. Varata, M. C. Basilio, J. L. Baptista-Ferreira, а также J. Kohlmeyer, E. Kohlmeyer [11, 18].

В течение 2000–2015 гг. исследовано около 6000 фрагментов древесины, 5500 субстратов отобрано в СЗЧМ.

Видовые названия грибов соответствуют международным электронным номенклатурным базам данных Index Fungorum и MycoBank.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Halosphaeriaceae — крупнейшее семейство облигатно морских грибов, которое включает 141 вид из 59 родов [17]. Наибольшее число видов грибов зарегистрировано в роду *Corollospora*. Род представлен сапротрофными видами, распространёнными на разлагающихся целлюлозосодержащих субстратах, часто зарытых в песок. Грибы формируют плодовые тела на древесине, песчинках, раковинах моллюсков и других твёрдых материалах. В условиях лабораторного культивирования плодовые тела также образуются на стенках и дне посуды. В работе Jones et al. [17] в роде *Corollospora* указаны 22 вида, но в этот список не включён *C. trifurcata* (Höhnk) Kohlm. 1962, который, согласно базе данных Index Fungorum, в настоящее время снова отнесён к этому роду. В 2016 г. описан ещё один новый для науки представитель рода *C. borealis* S. Tibell 2016 [22]. Следовательно, в состав рода входят 24 вида.

Для Чёрного моря известны виды *C. lacera* (Linder) Kohlm. 1962, *C. maritima* Werderm. 1922, *C. portsaidica* Abdel-Wahab & Nagah. 2009, *C. pulchella* Kohlm., I. Schmidt & N.B. Nair 1967, *C. trifurcata* (Höhnk) Kohlm. 1962 [1, 2, 6, 23]. Следует также отметить, что в районе г. Геленджика Е. Н. Бубнова [3] выделила вид *Varicosporina ramulosa* Meyers & Kohlm. 1965, телеоморфой которого, возможно, является вид *C. angusta* Nakagiri & Tokura 1988 (= *C. ramulosa* (Meyers & Kohlm.) E. V. G. Jones & Abdel-Wahab, 2016). Половая стадия данного вида в Чёрном море пока не обнаружена.

Типовой вид рода — *Corollospora maritima* Werderm. 1922.

Ниже приводим описание нового для Чёрного моря вида из рода *Corollospora*.

Отдел *Ascomycota*

Класс *Sordariomycetes*

Порядок *Halosphaeriales*

Семейство *Halosphaeriaceae*

Род *Corollospora* Werderm. 1922

Вид *Corollospora intermedia* (I. Schmidt) E. B. G. Jones, *Natur Naturschutz Mecklenberg* 7: 6 (1970) [1969].

Анаморфа: ? *Varicosporina prolifera* Nakagiri, *Trans. Mycol. Soc. Japan* 27(2): 198 (1986).

Перитеции сферические 100–340 (–575) мкм высотой и 100–360 мкм диаметром, одиночные или сгруппированные, поверхностные, смолянисто-чёрные, имеют базальную «подошву» и «шейку», зрелые плодовые тела очень твёрдые. Аски 46–66×14–23 мкм, восьмиспоровые, булавовидные, сидячие или на коротких ножках, тонкостенные, рано растворяются. Длина аскоспор без придатков: 25–34×7–12 мкм, споры веретеновидные, с тремя перегородками, в районе перегородок суженные, гиалиновые. В клетках спор могут находиться капли масла. В районе центральной перегородки расположены латеральные отростки 6,6–20,0×0,2–1,8 мкм, бесцветные, прозрачные, заострённые на концах. Полярные отростки 4–10 мкм, прямые или слегка согнутые, похожие на шип, базальная часть расширена, на конце отростка находится прозрачный «флажок» 15,4–41,8×2,2–8,6 мкм [18] (рис. 1).

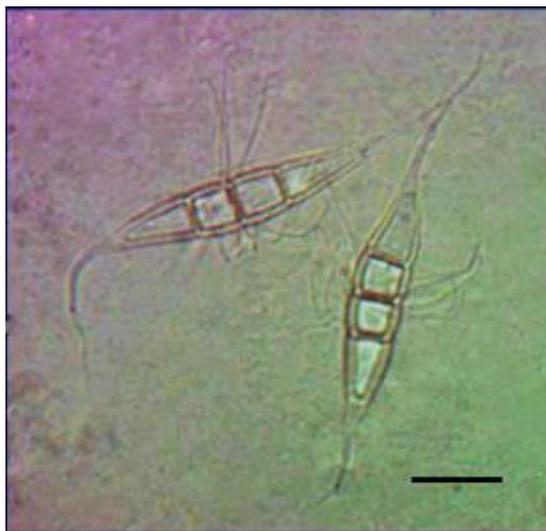


Рис. 1. *Corollospora intermedia* — аскоспоры, длина линейки — 10 мкм

Fig. 1. *Corollospora intermedia* – ascospores, scale bar is 10 μm

Образ жизни: сапротроф.

Субстраты: бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, Schmidt. 1969, *Fucus serratus* Linnaeus, 1753, отмершие талломы *Fucus*, *Laminaria saccharina* (Linnaeus) J. V. Lamouroux 1813, песок, древесина мангровых деревьев. Также споры микромицета обнаружены в пене [5, 8, 11, 14, 18, 20, 22].

По литературным данным, гриб выявлен в прибрежных водах Атлантического океана (Португалия, Германия), Средиземного моря (Египет), Красного моря (Саудовская Аравия), Индийского океана (Аравийское море (Индия), Мадагаскар, Индонезия), Тихого океана (Восточно-Китайское море (Китай), Японское море (Россия), Новая Зеландия), Северного Ледовитого океана (Белое море) [5, 8, 11, 14, 18, 20, 22].

В Чёрном море вид обнаружен один раз, в сентябре 2011 г., на древесном плавнике в бухте Казачьей (г. Севастополь, п-ов Крым).

В морской среде выявлен 21 вид базидиальных грибов из классов Ustilaginomycetes, Exobasidiomycetes, Agaricomycetes [17]. Род *Nia* содержит 3 вида. Вид *N. vibrissa* R. T. Moore & Meyers 1961 широко распространён в солёных и пресноводных экосистемах мира, в том числе в Чёрном море [2, 7]. *N. epidermoidea* M. A. Rosselló & Descals 1993 и *N. globospora* в литературных источниках встречаются крайне редко, поэтому выявление *N. globospora* в прибрежных водах Чёрного моря представляет бесспорный интерес для морских микологов.

Типовой вид рода — *Nia vibrissa* R. T. Moore & Meyers 1961.

Ниже приводим описание нового для Чёрного моря вида из рода *Nia*.

Отдел Basidiomycota

Класс Agaricomycetes

Порядок Agaricales

Семейство Niaceae

Род *Nia* R. T. Moore & Meyers 1961

Вид *Nia globospora* Barata & Basilio [as '*Nia globispora*'], in Barata, Basilio & Baptista-Ferreira Mycol. Res. 101(6): 687 (1997)

= *Nia globispora* Barata & Basilio [as '*globospora*'], in Barata, Basilio & Baptista-Ferreira Mycol. Res. 101(6): 687 (1997).

Голотип: 960209 MRS 101/2/5. Herb. M. Barata (Centro de Micologia da Universidade de Lisboa (LISU), Portugal).

Плодовые тела (базидиомы) сферические, 661–802 мкм в диаметре (в Чёрном море — до 1000 мкм), одиночные или сгруппированные, поверхностные, на ножке, вначале белого цвета, потом становятся жёлтыми. Перидиум (наружная оболочка плодового тела грибов) без волосков. Глеба (внутренняя часть плодовых тел у базидиальных грибов, отличающаяся от перидия более рыхлой и мягкой консистенцией) с гиалиновой перегородкой. Базидия (15,0-) 17,5–37,5 (-41,3) мкм длиной с базальным зажимом, шаровидной формы, 8,8–15,0 (-20,0) мкм диаметром, с четырьмя базидиоспорами на вершине. Базидиоспоры (5,7-) 8,8–10,0 (-11,3) мкм, круглые, одноклеточные, гиалиновые, толстостенные, с 5 (-7) цилиндрическими придатками, закруглёнными на конце, прямыми или слегка изогнутыми вокруг споры, прозрачные (3,0-) 4,8–8,0 (-8,8) мкм [11] (рис. 2).

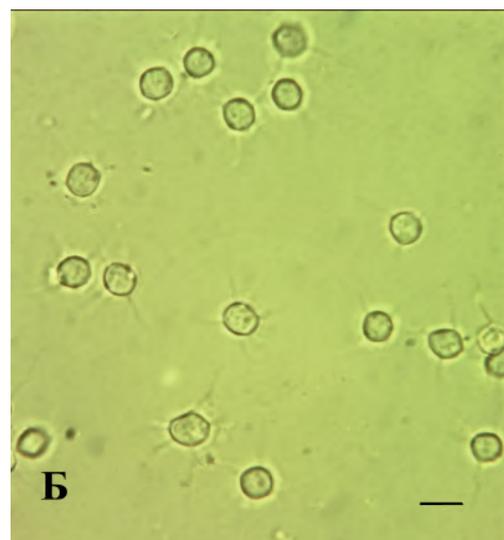


Рис. 2. *Nia globospora*. А — плодовое тело (длина линейки — 150 мкм), Б — базидиоспоры (длина линейки — 10 мкм)

Fig. 2. *Nia globospora*. А – basidiocarps (scale bar is 150 μ m), Б – basidiospores (scale bar is 10 μ m)

Субстраты: стебли морской травы *Spartina maritima* (M. A. Curtis) Fernald, 1916, древесный плавник, песок [11, 12, 13].

По литературным данным, микромицет выявлен в прибрежных водах Атлантического океана (Португалия), Средиземного моря (Египет), Индийского океана (Аравийское море (Индия)), Тихого океана (Восточно-Китайское море (Китай)) [11, 12, 13].

В первоописании вида авторы указывают, что *N. globospora* обнаружен на приманках (стеблях морской травы *S. maritima*), которые в течение шести месяцев были постоянно погружены в воду в устье реки Мира (Португалия), на участке, где солёность воды составляла 9,8 ‰ в сезон дождей и поднималась до 40,3 ‰ в сухую погоду, поэтому гриб считается морским видом [11].

В Чёрном море вид *N. globospora* найден на фрагменте древесного плавника на побережье б. Качаьей (Крым) и на древесном плавнике, зарытом в песок, в СЗЧМ (низовья Григорьевского (Малого Аджалыкского) и Днестровского лиманов, побережье Одесского залива). Солёность в местах обнаружения вида составляла 6–18 ‰.

В течение 2006–2010 гг. гриб выделен 10 раз из древесного плавника, зарытого в песок, и из перьев птиц. *N. globospora* и *N. vibrissa* впервые выделены на перьях птиц, и это увеличивает число субстратов, на которых поселяются данные виды.

Морфометрические параметры грибов из Чёрного моря не отличаются от таковых из других районов их распространения. Данные виды микромицетов очень редко встречаются в исследуемых районах. Аскомицет *Corollospora intemedia* — в целом обычный и широко распространённый гриб, но в Чёрном море его ранее не находили. Второй вид — базидиомицет *Nia globospora* — более редкий. Он всего несколько раз упоминался в литературе, поэтому его выявление — чрезвычайно интересный факт. Данная работа — первое сообщение о его обитании в морях России.

Описанные виды микромицетов указаны в новом полном списке грибов, известных из морских вод Европы, который опубликован в 2006 г. с учётом таксономических изменений в названиях видов [19].

Обнаружение данных видов может свидетельствовать о возможности их инвазии из других районов Мирового океана. Дальнейшие исследования покажут, смогут ли эти микромицеты акклиматизироваться в экосистеме Чёрного моря.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6).

Благодарности. Автор выражает благодарность к. б. н., с. н. с. О. И. Беляевой, бывшей сотруднице Научно-исследовательского центра Вооружённых сил Украины «Государственный океанариум» (г. Севастополь), за помощь в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Андриенко А. А., Копытина Н. И. Нові для Чорного моря види морських аскоміцетів // *Український ботанічний журнал*. 1995. Т. 52, № 6. С. 824–828. [Andrienko A. A., Kopytina N. I. New species of marine ascomycetes for the Black Sea. *Ukrains'kij botanichnij zhurnal*, 1995, vol. 52, no. 6, pp. 824–828. (in Ukrainian)].
2. Багрий-Шахматова Л. М. *Высшие морские грибы Чёрного моря*. Москва, 1988. 90 с. Деп. в ВИНТИ № 3928-B88. [Bagrii-Shakhmatova L. M. *Vysshie morskije griby Chernogo morya*. Moscow, 1988, 90 p. Dep. v VINITI no. 3928-B88. (in Russ.)].
3. Бубнова Е. Н. Грибы прибрежной зоны Чёрного моря в районе Голубой бухты (восточное побережье, окрестности г. Геленджика) // *Микология и фитопатология*. 2014. Т. 48, вып. 1. С. 20–30. [Bubnova E. N. Fungi of the Blue Bay (Black Sea, Eastern coast near the town of Gelendzhik). *Mikologiya i fitopatologiya*, 2014, vol. 48, iss. 1, pp. 20–30. (in Russ.)].

4. Дудка И. А., Копытина Н. И. Новые для Чёрного моря виды морских гифомицетов из рода *Cumulospora* // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2007. Вып. 15. С. 575–580. [Dudka I. A., Kopytina N. I. A new species marine hyphomycetes of the genus *Cumulospora* in the Black Sea. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*, 2007, iss. 15, pp. 575–580. (in Russ.)].
5. Зверева Л. В. Мицелиальные грибы-лигнотрофы залива Восток (Японское море) // *Микология и фитопатология*. 2008. Т. 42, Вып. 3. С. 244–251. [Zvereva L. V. Filamentous lignicolous marine fungi from Vostok Bay (Sea of Japan). *Mikologiya i fitopatologiya*, 2008, vol. 42, iss. 4, pp. 244–251. (in Russ.)].
6. Зелезінська Л. М. Нові для мікофлори СРСР види морських аскоміцетів // *Український ботанічний журнал*. 1979. Т. 35, № 1. С. 38–43. [Zelezins'ka L. M. Novi dlya mikoflori SRSR vidi mors'kikh askomitsetiv. *Ukrains'kij botanichnij zhurnal*. 1979, vol. 35, no. 1, pp. 38–43. (in Ukrainian)].
7. Зелезінська Л. М. Знахідки морського базидіоміцета *Nia vibrissa* Moore et Meyers у північно-західній частині Чорного моря // *Український ботанічний журнал*. 1979. Т. 35, № 4. С. 375–376. [Zelezins'ka L. M. Znakhidki mors'kogo bazidiomitseta *Nia vibrissa* Moore et Meyers u pivnichno-zakhidnii chastini Chornogo morya. *Ukrains'kij botanichnij zhurnal*. 1979, vol. 35, no. 4, pp. 375–376. (in Ukrainian)].
8. *Каталог биоты Беломорской биологической станции МГУ* / ред. А. В. Чесунов, Н. М. Калякина, Е. Н. Бубнова. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2008. 384 с. [A catalogue of biota of the White sea biological station of the Moscow State University / A. V. Tchesunov, N. M. Kaljakina, E. N. Bubnova (Eds). Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2008, 384 p. (in Russ.)].
9. Копытина Н. И., Бубнова Е. Н. Новые для Чёрного моря грибы из порядка Pleosporales // *Микология и фитопатология*. 2011. Т. 45, вып. 4. С. 316–322. [Kopytina N. I., Bubnova E. N. Pleosporalean fungi new for the Black Sea. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2011, vol. 45, iss. 4, pp. 316–322. (in Russ.)].
10. Литвинов М. А., Дудка И. А. *Методы исследования микроскопических грибов пресных и соленых (морских) водоемов*. Ленинград : Наука, 1975. 151 с. [Litvinov M. A., Dudka I. A. *Metody issledovaniya mikroskopicheskikh gribov presnykh i solenykh (morskikh) vodoemov*. Leningrad: Nauka, 1975, 151 p. (in Russ.)].
11. Barata M., Basilio M. C., Baptista-Ferreira J. L. *Nia globospora*, a new marine gasteromycete on baits of *Spartina maritima* in Portugal. *Mycological Research*, 1997, vol. 101, iss. 6, pp. 687–690. doi: 10.1017/S0953756296003231.
12. Barata M. Marine fungi from Mira river salt marsh in Portugal. *Revista Iberoamericana Micologia*, 2006, vol. 23, iss. 3, pp. 179–184. doi: 10.1016/S1130-1406(06)70040-7.
13. Sridhar K. R., Karamchand K. S., Pascoal C., Cássio F. Assemblage and Diversity of Fungi on Wood and Seaweed Litter of Seven Northwest Portuguese Beaches. In: *Biology of Marine Fungi / Raghukumar C. (Ed.)*. Berlin: Springer, 2012, ch. 11, pp. 210–228.
14. Borse B. D., Borse K. N., Pawar N. S., Tuwar A. R. Marine fungi from India–XII. A revised check list. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2013, vol. 42, no. 1, pp. 110–119.
15. Hyde K. D., Pointing S. B. *Marine Mycology – A Practical Approach*. Hong Kong : Fungal Diversity Press, 2000, 370 p.
16. Jones E. B. G., Sakayaroj J., Suetrong S., Somrithipol S., Pang K. L. Classification of marine Ascomycota, anamorphic taxa and Basidiomycota. *Fungal Diversity*, 2009, vol. 35, pp. 1–187.
17. Jones E. B. G., Suetrong S., Sakayaroj J., Bahkali A. H., Abdel-Wahab M. A., Boekhout T., Pang K.-L. Classification of marine Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota. *Fungal Diversity*, 2015, vol. 73, pp. 1–72. doi: 10.1007/s13225-015-0339-4.
18. Kohlmeyer J., Kohlmeyer E. *Marine Mycology. The Higher Fungi*. N. Y.: Academic Press, 1979, 690 p.
19. Landy E. T., Jones G. M. What is the Fungal Diversity of Marine Ecosystems in Europe? *Mycologist*, 2006, vol. 20, iss. 1, pp. 15–21. doi: 10.1016/j.mycol.2005.11.010.

20. Prasannarai K., Sridhar K. R. Abundance and diversity of marine fungi on intertidal woody litter of the west coast of India on prolonged incubation. *Fungal Diversity*. 2003, vol. 14, pp. 127–141.
21. Tibell S. New records of marine fungi from Sweden. *Svensk Mykologisk Tidskrift*, 2016, vol. 37, no. 2, pp. 43–54.
22. Tuwar A. R., Patil V. R., Pawar N. B., Borse K. N. and Borse B. D. Marine fungi from India-XIII. The genus *Corollospora* Werdermann. *Science park*, 2016, vol. 3, no. 27, pp. 1–8.
23. Zaitsev Yu., Kopytina N., Garkusha O., Serbinova I. Preliminary Observations of the Samsun Bay Splash Zone Biodiversity. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 2010, vol. 16, no. 3, pp. 245–252.

***COROLLOSPORA INTERMEDIA* AND *NIA GLOBOSPORA* [AS '*NIA GLOBISPOR*A'],
MARINE FUNGI NEW FOR THE BLACK SEA**

N. I. Kopytina

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: kopytina_n@mail.ru

Two new species of marine fungi have been found in the coastal zone of the Black Sea: ascomycete *Corollospora intermedia* (I. Schmidt) E. B. G. Jones 1969 and basidiomycete *Nia globospora* Barata & Basilio 1997 [as '*Nia globispora*' Barata & Basilio 1997]. The article focuses on morphological descriptions of the fungi, and summarizes the data on the areas of these species. Morphometric parameters of fungi from the Black Sea do not differ from those in other regions of areas. *N. globospora* was registered in the seas of Russia for the first time.

Keywords: higher marine fungi, Black Sea, *Corollospora intermedia*, *Nia globospora* [as '*Nia globispora*']



УДК 579:582.26/.27:577.1:519.2

ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ МОРСКИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В КУЛЬТУРЕ

© 2018 г. Р. П. Тренкеншу, А. С. Лелеков, Т. М. Новикова

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: nowtanj@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.06.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

Предложено новое объяснение линейного роста плотности культур микроводорослей. Получены уравнения, описывающие зависимость коэффициента поглощения света и удельной скорости синтеза биомассы от концентрации хлорофилла а. Рассчитан удельный коэффициент экстинкции для культуры *Tetraselmis viridis*, который составил $0,008 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$ хлорофилла а.

Ключевые слова: коэффициент поглощения света, удельная скорость роста, хлорофилл а

Многочисленными экспериментальными исследованиями показано, что рост микроводорослей в накопительной культуре характеризуется наличием линейного участка (линейной фазы роста). Этот участок имеет относительно большую протяжённость во времени, а плотность культуры иногда увеличивается в десятки раз. Такой рост связан с постоянством скорости продукции биомассы. В качестве примеров можно привести накопительные кривые роста зелёной галофильной микроводоросли *Dunaliella salina* [7], морской диатомеи *Phaeodactylum tricornutum* [8], красной одноклеточной водоросли *Porphyridium purpureum* [1] и других видов [5, 9]. Механизм явления линейного роста неизвестен. Возможно, линейный участок роста является результирующим аспектом относительно большого количества воздействующих факторов, которые обуславливают кажущееся постоянство скорости роста. Однако во всех приведённых примерах лимитирующим скорость роста фактором не может являться минеральное питание. В то же время самый вариабельный фактор — световые условия, в которых находятся клетки микроводорослей. Наиболее вероятным представляется, что изменяющиеся световые условия по-разному воздействуют на скорости синтеза тех или иных биохимических составляющих клеток, приводя в итоге к постоянству скорости роста. Независимо от механизма, обеспечивающего линейный рост, постоянство скорости роста позволяет относительно простыми способами управлять биохимическим составом получаемой биомассы в довольно широком диапазоне. Это свойство очень удобно в практическом плане: без потери продуктивности можно выбрать такую плотность непрерывной культуры, при которой на выходе будет получена биомасса с заданным биохимическим составом.

Исходя из вышесказанного, представляется актуальным выявить зависимость синтеза плотности культуры микроводорослей и содержания биохимических компонентов в клетках микроводорослей в границах линейного участка накопительной кривой роста.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показано [4], что нормированные скорости роста, в случае светового лимитирования, определяются приведённой плотностью потока энергетического субстрата λ_i :

$$P_{norm} = \mu_{norm} = \lambda_i,$$

$$\lambda_i = \frac{\varphi_e \cdot I_n}{\mu_e \cdot F_0},$$

где μ_{norm} — нормированная удельная скорость синтеза биомассы (безразмерная величина); I_n — плотность потока квантов фотосинтетически активной радиации (ФАР), поглощаемых культурой, $\text{квант} \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{с})^{-1}$; φ_e — число молекул макроэрга, восстанавливающихся за счёт одного кванта, $\text{мол} \cdot \text{квант}^{-1}$; μ_e — активность ключевого комплекса, регулирующего энергообмен в клетке, с^{-1} ; F_0 — число ключевых регуляторов энергообмена, приходящееся на единицу освещаемой поверхности культуры, $\text{мол} \cdot \text{м}^{-2}$.

В контексте данной работы величина F_0 есть некоторый фермент или транспортная система (лимитирующее звено), ограничивающая скорость образования первичных углеводов, которые синтезируются в цикле Кальвина при высоких (насыщающих) интенсивностях света. Величина F_0 является неким белковым комплексом, количество которого можно линейно связать с поверхностной концентрацией хлорофилла а:

$$F_0 = \chi \cdot \pi,$$

где χ — коэффициент связи, $\text{мол} \cdot \text{мг}^{-1}$, π — поверхностная концентрация хлорофилла а, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$.

Последнее предположение подтверждается экспериментально: для многих видов микроводорослей обнаруживается прямая пропорциональная зависимость между концентрацией общего белка и хлорофилла а (рис. 1).

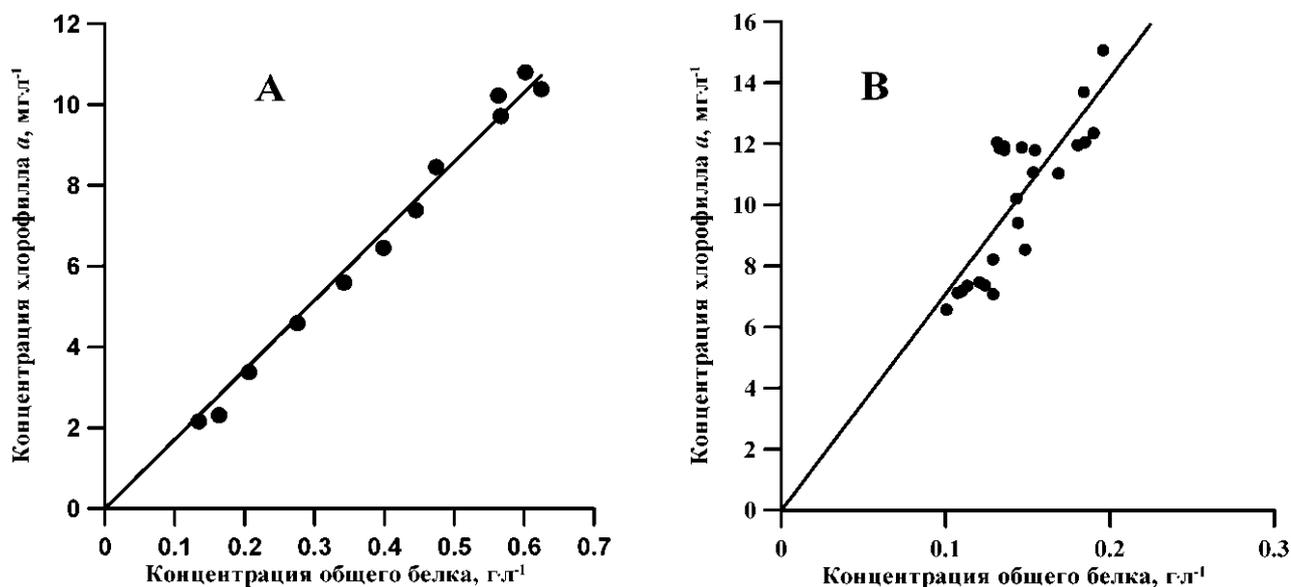


Рис. 1. Линейная зависимость между концентрацией общего белка и хлорофилла а. А — *Arthrospira (Spirulina) platensis* [2]. В — *Tetraselmis viridis*

Fig. 1. A linear relation between the concentration of total protein and chlorophyll a. А — *Arthrospira (Spirulina) platensis* [2]. В — *Tetraselmis viridis*

При условии полного светового обеспечения приведённая плотность потока квантов больше либо равна единице, при этом нормированная скорость также равна единице:

$$\lambda_i = \frac{\varphi_e \cdot I_{sat}}{\mu_e \cdot F_0} = 1,$$

где I_{sat} — насыщающая плотность потока квантов, поглощаемых культурой, $\text{квант} \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{с})^{-1}$.

Из последнего уравнения можно определить величину I_{sat} , а следовательно, выразить неизвестные величины μ_e , φ_e и F_0 через измеряемый параметр:

$$I_{sat} = \frac{\mu_e \cdot F_0}{\varphi_e} = \frac{\mu_e \cdot \chi \cdot \pi}{\varphi_e}.$$

Теперь величину приведённой плотности потока субстрата можно представить в следующем виде:

$$\lambda_i = \frac{I_n}{I_{sat}}.$$

Учитывая энергию одного кванта, запишем выражение для приведённой плотности потока субстрата через величину поглощённой энергии I :

$$\lambda_i = \frac{I_n \cdot hv}{I_{sat} \cdot hv} = \frac{I}{I_{sat}}.$$

Учитывая последнее соотношение, можно заключить, что нормированная скорость роста культуры микроводорослей зависит от поглощённой световой энергии в виде ломанной (рис. 2):

$$\mu_{norm} = \frac{I}{I_{sat}} = \frac{\alpha \cdot I_0}{I_{sat}}, \quad (1)$$

где α — коэффициент поглощения света, I_0 — облучённость поверхности фотобиореактора.

Из литературных данных [3] следует, что коэффициент поглощения света культурой микроводорослей α пропорционален средней поверхностной концентрации хлорофилла *a* и описывается уравнением Бугера — Ламберта — Бера (рис. 3). Однако вследствие высокой гетерогенности культуры микроводорослей, а также рассеяния света в культурах высокой плотности, наблюдаются значительные отклонения от линейной зависимости между оптической плотностью и биомассой [6]. Применимость уравнения Бугера — Ламберта — Бера при определении биомассы микроводорослей по оптической плотности культуры вызывает множество вопросов, особенно для области больших концентраций клеток (рис. 3).

Более точно зависимость α от поверхностной концентрации хлорофилла *a* описывается уравнением, которое может быть получено на основе подхода, предложенного в [6]: известно, что одна клетка поглощает около 40 % падающей световой энергии, следовательно, поглощение света культурой в целом определяется числом клеток в одном монослое, их количеством, а также размерами клеток. Таким образом, взаимосвязь коэффициента поглощения света с поверхностной концентрацией хлорофилла *a* можно представить в виде:

$$\alpha \cong \frac{k\pi + (k\pi)^2}{1 + k\pi + (k\pi)^2}. \quad (2)$$

Как видно на рис. 2, для высоких концентраций хлорофилла уравнение (2) с более высокой точностью ($R^2 = 0,998$), чем закон Бугера — Ламберта — Бера, описывает кривую коэффициента поглощения. Коэффициент k в уравнении (2) равен $0,008 \text{ м}^{-2} \cdot \text{мг хл. а.}$

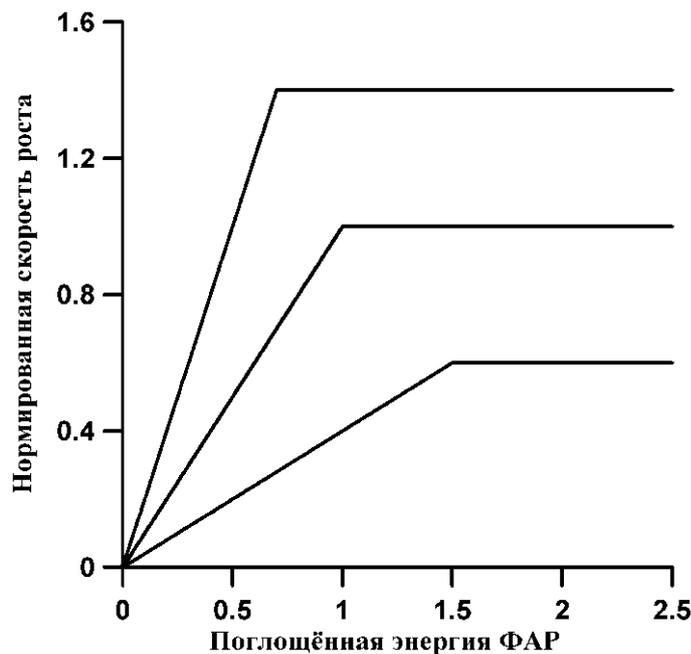


Рис. 2. Зависимость нормированной скорости роста от приведённой плотности светового потока при различном содержании хлорофилла а

Fig. 2. The dependence of the normalized growth rate on the luminous flux density at different chlorophyll a concentrations

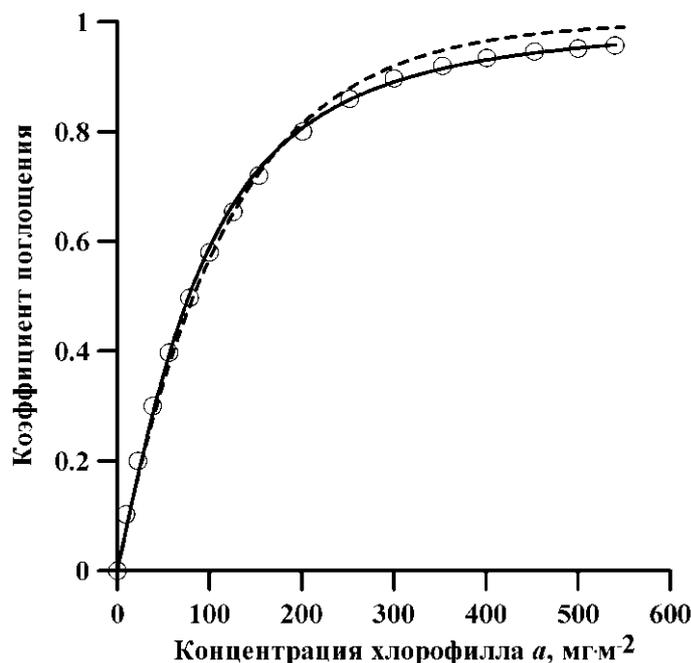


Рис. 3. Зависимость коэффициента поглощения от поверхностной концентрации хлорофилла а [3]. Пунктирная кривая — аппроксимация экспериментальных данных законом Бугера — Ламберта — Бера. Сплошная линия — аппроксимация экспериментальных данных уравнением (2). Значения коэффициентов см. в тексте

Fig. 3. The dependence of the absorption coefficient on the surface concentration of chlorophyll a [3]. Dotted curve is the approximation of experimental data by the Bouguer – Lambert – Beer's law; solid line is the approximation of experimental data by the equation (2). The values of the coefficients are in the text of the paper

Теперь выражение (1) для удельной скорости роста культуры можно записать в виде:

$$\mu_{norm} = \frac{I}{I_{sat}} = \frac{\alpha \cdot I_0}{I_{sat}} = \frac{I_0}{\frac{\mu_e \cdot \chi \cdot \pi}{\varphi_e}} \cdot \frac{k\pi + (k\pi)^2}{1 + k\pi + (k\pi)^2}.$$

Методом размерностей, с учётом энергии одного кванта, можно показать, что:

$$\frac{\varphi_e \cdot I_0}{\mu_e \cdot \chi} = \frac{1}{k}.$$

Теперь выражение для нормированной удельной скорости можно представить в виде:

$$\mu_{norm} = \frac{\varphi_e \cdot I_0}{\mu_e \cdot \chi \cdot \pi} \cdot \frac{k\pi + (k\pi)^2}{1 + k\pi + (k\pi)^2} = \frac{1}{k\pi} \cdot \frac{k\pi + (k\pi)^2}{1 + k\pi + (k\pi)^2}.$$

$$\mu_{norm} = \frac{k\pi + k\pi}{1 + k\pi + (k\pi)^2},$$

$$\mu^0 = \mu_{max}^0 \frac{k\pi + k\pi}{1 + k\pi + (k\pi)^2}. \quad (3)$$

Мы получили зависимость удельной скорости синтеза биомассы от концентрации хлорофилла а, из чего следует, что изменение пигментного состава клеток микроводорослей приводит к изменению удельной скорости роста культуры. Коэффициент в уравнении предлагаемой модели (3) есть произведение экстинкции хлорофилла а и толщины слоя культуры. Если фотобиореактор не плоскопараллельного типа, то толщина слоя культуры будет изменяться, что значительно усложнит математические выкладки. Для верификации полученных модельных представлений рассмотрим экспериментальные данные по выращиванию культуры *Dunaliella salina* в накопительном режиме [7] (рис. 4).

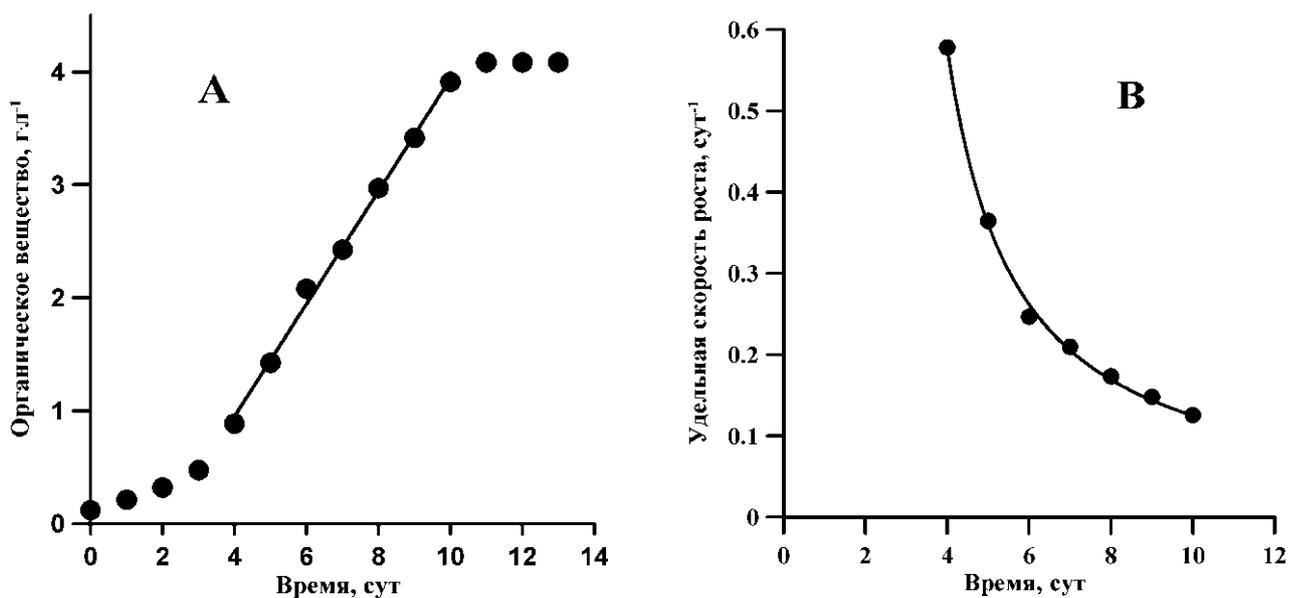


Рис. 4. А — накопительная кривая роста культуры *Dunaliella salina* [7]. Линия — аппроксимация линейной фазы роста. В — зависимость удельной скорости роста от времени для линейной фазы роста. Линия — расчётная кривая. Уравнения и значения коэффициентов см. в тексте

Fig. 4. А – batch growth curve of *Dunaliella salina* culture [7]; the line is the approximation of the linear growth phase. В – dependence of specific growth rate on the time for the linear growth phase; the line is the calculated curve. Equations and values of the coefficients are in the text of the paper

Линейный участок накопительной кривой отмечается в период с четвёртых по десятые сутки. В рамках границы этого участка среднее значение максимальной продуктивности составляло $0,5 \text{ г (ОВ)} \cdot (\text{л} \cdot \text{сут})^{-1}$, а удельная скорость роста снижалась по гиперболическому закону. Приведём уравнения, с помощью которых можно описать данный участок кривой:

$$B = 0,88 + 0,5 \cdot (t - 4),$$

$$\mu = \frac{0,5}{0,88 + 0,5 \cdot (t - 4)}.$$

Учитывая, что используемая питательная среда обеспечивает рост культуры до плотности 4–6 г (ОВ) · л⁻¹ [8], можно заключить, что на выбранном диапазоне плотностей элементы минерального питания и газовое обеспечение не являются лимитирующими факторами. Таким образом, можно предположить, что постоянная продуктивность и, как следствие, снижение удельной скорости роста обусловлены световыми условиями, в которых находятся клетки. За счёт самозатенения клеток в растущей культуре количество падающей на клетку энергии ФАР снижается. На рис. 5 приведены зависимости удельной скорости роста от плотности культуры и от концентрации хлорофилла а. Сравнивая эти кривые, следует отметить их одинаковый характер, что может указывать на то, что удельная скорость роста определяется количеством поглощённой биомассой энергии.

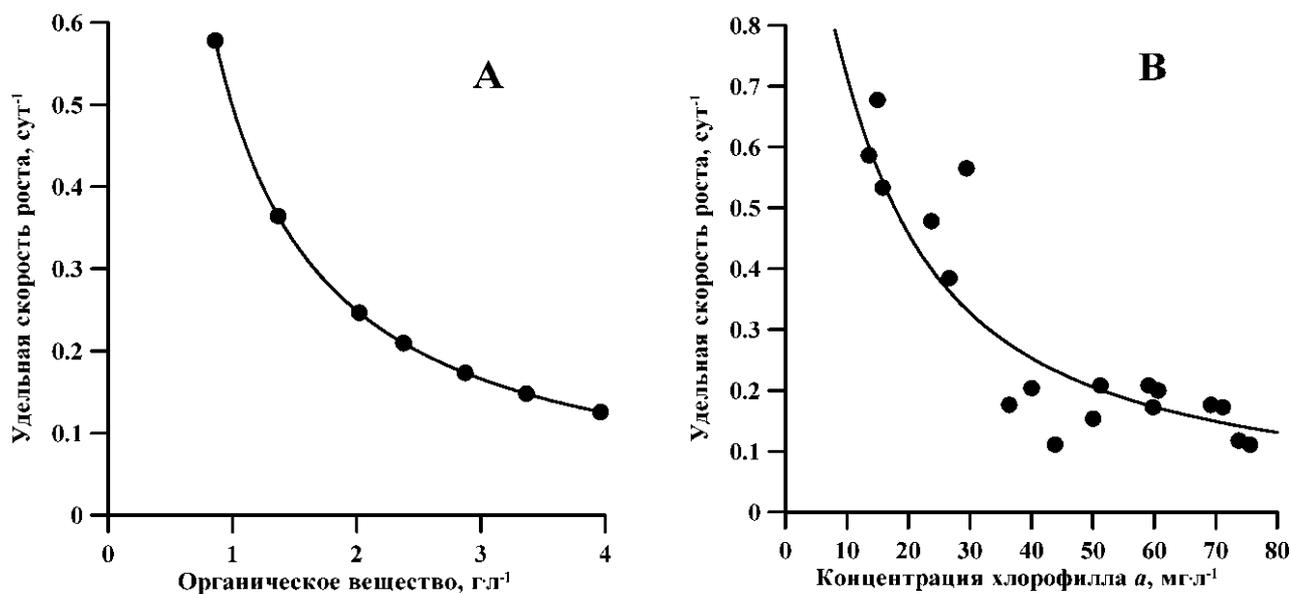


Рис. 5. А — зависимость удельной скорости роста от плотности культуры *Dunaliella salina* для линейной фазы роста. Линия — расчётная кривая. В — зависимость удельной скорости роста от концентрации хлорофилла а. Линия — расчётная кривая. Уравнения и значения коэффициентов см. в тексте

Fig. 5. А – dependence of specific growth rate on *Dunaliella salina* culture density for the linear growth phase; the line is the calculated curve. В – dependence of the specific growth rate on concentration of chlorophyll a; the line is the calculated curve. Equations and values of the coefficients are in the text of the paper

Таким образом, удельная скорость роста зависит от количества хлорофилла а, а следовательно, и от плотности культуры, что соответствует гиперболическому закону:

$$\mu = \frac{0,5}{B},$$

$$\mu = 1 \cdot \frac{1 + 0,1 \cdot C_{chla}}{1 + 0,1 \cdot C_{chla} + (0,1 \cdot C_{chla})^2}.$$

Учитывая, что концентрация хлорофилла а и биомасса взаимосвязаны, можно сделать вывод, что снижение удельной скорости роста в эксперименте, постоянство продуктивности и линейный рост биомассы определяются световыми условиями, в которых находятся клетки микроводорослей.

Заключение. В работе выявлена прямая зависимость между содержанием общего белка и хлорофилла а в культурах микроводорослей. Экспериментально показано, что удельная скорость роста определяется количеством поглощённой биомассой энергии. Предложена математическая модель, позволяющая описывать зависимость хлорофилла а при высоких оптических плотностях культур микроводорослей. Дано новое объяснение линейного роста плотности культуры микроводорослей на основе анализа поглощения световой энергии клетками. Подобное явление отмечено только в условиях выращивания микроводорослей в плоскопараллельных культиваторах.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гудвиллович И. Н., Боровков А. Б. Продукционные характеристики *Porphyridium purpureum* (Bory) Ross в условиях накопительной и квазинепрерывной культуры // *Альгология*. 2014. Т. 24, № 1. С. 34–46. [Gudvilovich I. N., Borovkov A. B. Production characteristics of the microalgae *Porphyridium purpureum* (Bory) Ross. under batch and semicontinuous cultivation. *Algologiya*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 34–46. (in Russ.)].
2. Минюк Г. С., Дробецкая И. В., Тренкеншу Р. П., Вялова О. Ю. Ростовые и биохимические характеристики *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordst.) Geitler при различных условиях азотного питания // *Экология моря*. 2002. Вып. 62. С. 61–66. [Minyuk G. S., Drobetskaya I. V., Trenkenshu R. P., Vyalova O. Yu. Growth and biochemical characteristics of *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler under different conditions of nitrogen nutrition. *Ekologiya morya*, 2002, iss. 62, pp. 61–66. (in Russ.)].
3. Тренкеншу Р. П. *Ростовые и фотозенергетические характеристики морских микроводорослей в плотной культуре*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1984. 28 с. [Trenkenshu R. P. *Rostovye i fotoenergeticheskie harakteristiki morskikh mikrovodoroslej v plotnoj kulture*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Krasnoyarsk, 1984, 28 p. (in Russ.)].
4. Тренкеншу Р. П. Простейшие модели роста микроводорослей. 6. Предельные скорости роста // *Экология моря*. 2010. Вып. 80: Биотехнология водорослей. С. 85–91. [Trenkenshu R. P. The simplest models of microalgae growth. 6. Limits of growth rate. *Ekologiya morya*, 2010, iss. 80: Biotekhnologiya vodoroslej, pp. 85–91. (in Russ.)].
5. Тренкеншу Р. П., Лелеков А. С., Боровков А. Б., Новикова Т. М. Унифицированная установка для лабораторных исследований микроводорослей [Электронный ресурс] // *Вопросы современной альгологии*. 2017. № 1 (13). Режим доступа: <http://algology.ru/1097> (дата обращения 22.06.2017). [Trenkenshu R. P., Lelekov A. S., Borovkov A. B., Novikova T. M. Unified installation for microalgae laboratory studies [Electronic resource]. *Voprosy sovremennoj al'gologii*, 2017, no. 1 (13). Available at: <http://algology.ru/1097> (accessed 22.06.2017). (in Russ.)].
6. Тренкеншу Р. П., Лелеков А. С., Гаврилов П. Е., Набойщиков В. С. Математическая модель зависимости оптической плотности культуры от биомассы микроводорослей // *Актуальные вопросы биологической физики и химии*. 2016. № 1-1. С. 77–82. [Trenkenshu R. P., Lelekov A. S., Gavrilov P. E., Nabojschikov V. S. Mathematical model dependence optical density from microalgae biomass. *Aktual'nye voprosy biologicheskoy fiziki i khimii*, 2016, no. 1-1, pp. 77–82. (in Russ.)].

7. Borovkov A. B., Gudvilovich I. N. Growth and biochemical indices of *Dunaliella salina* under conditions of batch culture. *Hydrobiological Journal*, 2013, vol. 49, no. 2, pp. 75–84.
8. Lelekov A. S., Gevorgiz R. G., Zhondareva Ya. D. Production characteristics of *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin grown on medium with artificial sea water. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2016, vol. 52, no. 3, pp. 331–335.
9. Naumann Th., Çebi Z., Podola B., Melkonian M. Growing microalgae as aquaculture feeds on twin-layers: a novel solid-state photobioreactor. *Journal of Applied Phycology*, 2013, vol. 25, pp. 1413–1420.

LINEAR GROWTH OF MARINE MICROALGAE CULTURE

R. P. Trenkenshu, A. S. Lelekov, T. M. Novikova

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: nowtanj@yandex.ru

A new explanation for linear growth microalgae culture density is proposed. Equations describing the dependence of light absorption coefficient and the specific rate of biomass synthesis on chlorophyll concentration are obtained. The specific extinction coefficient for *Tetraselmis viridis* culture ($0.008 \text{ m}^{-2} \cdot \text{mg chlorophyll a}$) is calculated.

Keywords: light absorption coefficient, specific growth rate, chlorophyll a

Тренкеншу Р. П., Лелеков А. С. Моделирование роста микроводорослей в культуре. – Белгород : ООО «КОНСТАНТА», 2017. – 152 с.



В монографии представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований роста культур микроводорослей. Монография основана на серии статей под общим названием «Простейшие модели роста микроводорослей». Уделено внимание количественным аспектам роста микроводорослей в накопительной, квазинепрерывной и непрерывной культуре. Рассмотрены механизмы ограничения роста микроводорослей различными факторами среды. Монография представляет интерес для специалистов по исследованию роста микроводорослей, а также альгобиотехнологов. Также будет полезна студентам и аспирантам, обучающимся по биологическим и биофизическим специальностям.

Trenkenshu R. P., Lelekov A. S. Modeling growth of microalgae in culture. – Belgorod: “CONSTANTA”, 2017. – 152 p.

The monograph presents the results of theoretical and experimental studies of the microalgae growth in cultures. The monograph is based on a series of articles under the title “The simplest models of microalgae growth”. Attention is paid to quantitative aspects of the growth of microalgae to batch, quasi-continuous and continuous culture. The mechanisms limiting the microalgae growth to different environmental factors are discussed.

The monograph is of interest for specialists in the study of the microalgae growth, as well as algaetechnologists. Will also be useful to undergraduate and graduate students enrolled in biological and bio-physical disciplines.



УДК 001:[58+582.26/27]

**Н. В. МОРОЗОВА-ВОДЯНИЦКАЯ
НА НОВОРОССИЙСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ:
ПЕРВЫЕ ГОДЫ (1920–1926) — САМЫЕ ТРУДНЫЕ**

© 2018 г. **К. В. Русанов**

Харьков, Украина

E-mail: kokamoka51@gmail.com

Поступила в редакцию 20.10.2017. Принята к публикации 05.03.2018.

По материалам личного дела Н. В. Морозовой-Водяницкой, отчётам Новороссийской биологической станции и другим публикациям описана деятельность этого научного учреждения в первый период его истории (1920–1926).

Ключевые слова: Н. В. Морозова-Водяницкая, альгология, Новороссийск, биологическая станция, история, 1920–1926, экология водорослей

В последний год Гражданской войны ботаник-альголог Нина Васильевна Морозова-Водяницкая (1893–1954) и её муж, зоолог Владимир Алексеевич Водяницкий (1892–1971), покинули университетский Харьков, где прошли их детство и юность (см. [16]), и начали работать на вновь учреждённой Новороссийской биологической станции (далее — НБС). Именно здесь Н. В. Морозова-Водяницкая стала самостоятельным исследователем со своим стилем научной работы и руководящими идеями относительно развития альгологии Чёрного моря. Её деятельность в Новороссийске — неотделимая часть первого десятилетия истории станции.

За почти век существования НБС в её историографии накопились разночтения относительно событий периода становления станции. Цель нашей работы — напомнить, что писали об этом сами участники проекта НБС, занимавшиеся его реализацией.

В автобиографии [11] Нина Васильевна Морозова-Водяницкая сообщила, что приехала в Новороссийск в июне 1920 г. для работы с морскими водорослями по научной командировке от Харьковского общества испытателей природы и от Харьковских высших женских курсов (об этих организациях см. в [16]). В 1921–1922 гг. она с профессором Владимиром Митрофановичем Арнольди (1871–1924) и Владимиром Алексеевичем Водяницким принимала участие в организации НБС.

Поначалу станция страдала от недостатка помещений, научного оборудования и литературы, а скудное финансирование заставляло супругов Водяницких искать побочные заработки. В послужном списке Н. В. Морозовой-Водяницкой [11] указано, что с декабря 1920 г. по июнь 1922 г. она работала преподавателем школы водников новороссийского райкомвода в г. Новороссийске, с августа 1922 г. по январь 1923 г. — препаратором НБС, а затем, по сентябрь 1931 г., — старшим научным сотрудником этой же станции.

В 1924 г. Нина Васильевна участвовала в совещании биологических станций в Москве, а в 1925 г. — в научной конференции Кубано-Черноморского НИИ в Краснодаре, где сделала доклад от НБС. В 1926 г. Н. В. Морозова-Водяницкая побывала на II Всесоюзном съезде ботаников в Москве,

где выступила с тремя сообщениями, а в 1928 г. — на III Всесоюзном съезде ботаников, где сделала два доклада. На эти форумы она выезжала по приглашениям оргкомитетов и командировкам от НБС [11].

Два сообщения Н. В. Морозовой-Водяницкой упомянуты в «Дневниках» Всесоюзных съездов ботаников [10, 13]. Из [14] известно название ещё одного из её докладов: «Влияние водорослей сублиторальной зоны на газовый режим водоёмов».

Первый опубликованный отчёт заведовавшего НБС В. А. Водяницкого [2] отразил работу станции с весны 1921 г. по осень 1922 г.:

«Биологическая станция Совета обследования и изучения Кубанского края в г. Новороссийске была учреждена в 1921 г. по инициативе профессора В. М. Арнольди, проживавшего тогда в г. Краснодаре. Первоначальная идея устройства в г. Новороссийске Гидробиологической станции принадлежала А. Л. Бенингу, который, будучи в 1920 г. проездом в Новороссийске, оставил в местном Отделе народного образования проект станции. Станция открылась весной 1921 г. и была принята под покровительство Российского гидрологического института. Председателем Совета станции был избран проф. В. М. Арнольди, заведующим — В. А. Водяницкий.

Для работы на станции прибыли: проф. В. М. Арнольди, проф. Л. И. Волков, асс. Е. С. Птушенко и студенты П. М. Христюк и Е. М. Журавлева. С прибытием в Новороссийск Суджукской экспедиции Гидрологического института проф. В. М. Арнольди присоединился к ней. Станция оказала значительную поддержку Суджукской экспедиции инвентарём, реактивами и предоставлением на всё время работы лодки.

В этот период станция совершенно не получала субсидии и поддерживалась исключительно инициативой отдельных лиц.

Летом 1922 г. на станции работали: асс. Московского университета Е. С. Птушенко (орнитофауна), асс. Кубанского сельскохозяйственного института Л. К. Пинати (флора цветковых), бывш. асс. Харьковского университета Н. В. Водяницкая (водоросли), заведующий станцией В. А. Водяницкий (биоценозы, моллюски).

*Приготовлены к печати следующие работы: 1) Птушенко Е. С. «Птицы Суджукской лагуны»; 2) Водяницкая Н. В. «Монография рода *Pediastrum*»; 3) Водяницкий В. А. «Заметки о моллюсках Новороссийской бухты» и «История изучения фауны Новороссийской бухты и озера Абрау». Работы доложены на Первом съезде деятелей по краеведению Кубанско-Черноморской области в г. Краснодаре 15/22 сентября с. г.*

Станция помещается на окраине города (Слепцовская, 3) в 100 шагах от берега моря. Имеются илюпка, драга, салазочный трал, сачки и проч., а также два микроскопа. Библиотека, конечно, в зачатке (около 250 томов). Постоянных сотрудников два: заведующий и препаратор, живущие при станции. Огромным недостатком является отсутствие гидрологических приборов и планктонных сеток».

Совет обследования и изучения Кубанского края (СОИКК) — организация научно-педагогической интеллигенции Екатеринодара, возникшая в 1915 г. В годы Гражданской войны СОИКК финансировался Кубанским краевым правительством, а с весны 1920 г. — советской властью, получив статус Кубано-Черноморского отделения Научно-технического отдела Высшего совета народного хозяйства СССР. Позже он был переименован в Кубано-Черноморский научно-исследовательский институт (КЧНИИ).

Учитель Нины Васильевны, проф. В. М. Арнольди, также уехал из Харькова в 1919 г. В августе — сентябре этого года он работал в экспедиции СОИКК на Приазовские лиманы дельты р. Кубань. В декабре 1919 г. Арнольди приехал в Екатеринодар с семьёй и вернулся к преподаванию. В 1920 г. он участвовал в организации НБС, исследовал водоросли степных рек и оз. Абрау. По данным [9], в 1920 г. учёный комитет СОИКК «одобрил предположения об образовании Морской биологической станции в Новороссийске», а состоявший членом СОИКК проф. В. М. Арнольди сделал на биологической секции Совета доклад «НБС и поездка в Новороссийск».

В воспоминаниях [3] В. А. Водяницкий писал, что в начале апреля 1920 г. он получил от советских властей задание организовать в городе биологическую станцию и тетради с её проектом и поехал к В. М. Арнольди. Профессор сказал ему: «*Давайте будем устраивать биологическую станцию. Если Вы с Ниной Васильевной возьмётесь за это, может получиться очень интересное дело. Я уже написал Нине Васильевне в Харьков*».

Харьковские организации, где работала Н. В. Морозова-Водяницкая, дали ей научную командировку в Новороссийск, и в июне 1920 г. Нина Васильевна приехала сюда с дочерьми (1916 и 1918 г. р. — К. Р.) и свекровью [3]. Эта версия выглядит правдоподобнее изложенной в статье [17], согласно которой Н. В. Морозова-Водяницкая попала в Новороссийск вместе с мужем, мобилизованным офицером артиллерии Белой армии, но из-за тяжёлой болезни и политических убеждений В. А. Водяницкого семья не эвакуировалась и осталась в городе.

Упомянутый в отчёте Арвид Либорьевич Бенинг (1890–1943) — русский и советский зоолог и гидробиолог; с 1912 г. — заведующий Волжской биологической станцией в Саратове; в 1921–1929 гг. — редактор «Русского гидробиологического журнала».

Российский гидрологический институт открылся в 1919 г. по инициативе Академии наук. Суджукской экспедицией института в 1921 г. руководил бывший новороссиец Г. Н. Сорохтин, окончивший в 1916 г. естественное отделение Петроградского университета и исследовавший лагуну ещё студентом (см. [15]). Кроме Суджукской лагуны, В. М. Арнольди в 1921 г. изучал водоросли оз. Абрау (повторно), а также Витязевского и Кизилташского лиманов на Черноморском побережье.

Альголог Лука Илларионович Волков (1886–1963), хорошо знакомый Водяницким по Харькову [16], работал в 1921 г. в Кубанском сельскохозяйственном институте, а затем — в Северо-Кавказском (Ростовском) университете. Профессором он стал в 1934 г.

Зоолог-орнитолог Евгений Семёнович Птушенко (1888–1969) был, как и Волков, уроженцем Кубани (родился в Ейске). Он окончил гимназию в Екатеринодаре (1908) и учился на естественном отделении Харьковского университета. Затем Е. С. Птушенко работал ассистентом кафедры зоологии позвоночных Харьковских высших женских курсов, и супруги Водяницкие были с ним знакомы. Бержав из Харькова, Птушенко преподавал в 1920–1921 гг. на кафедре зоологии сельскохозяйственного отделения Кубанского политехнического института. Позже Евгений Семёнович переехал в Москву, заведовал рядом биостанций СССР, исследовал орнитофауну Туркмении и остался в памяти поколений учеников как образец педагога и исследователя-натуралиста.

НБС сначала занимала одну комнату в частном домовладении на ул. Слепцовой, реквизированном под пункт по заготовке естественно-исторического материала для наглядных пособий [14]. После ликвидации заготпункта в 1922 г. здание и часть инвентаря перешли к станции, но и тогда кабинеты и лаборатории занимали лишь 105 м² площади в ветхом и неудобном здании [14].

Станция находилась на западном берегу бухты, у основания мыса, сегодня называемого Мысом любви, а в публикациях 1920-х гг. именовавшегося Станционным, Биологическим, Биологической станции. Домики улицы Слепцовой, названной в честь генерала Николая Павловича Слепцова (1815–1851), который погиб в Чечне и стал героем казачьих песен, начинались неподалёку от берега бухты. Сейчас улица носит имя майора Пантелеймона Ивановича Исаева (1918–1943) — старшего инструктора отделения кадров политотдела знаменитой 18-й армии. Первое здание НБС было снесено вместе со старой застройкой на рубеже 1970–1980-х гг.

В 1923 г. станцией было, наконец, начато изучение гидрологических условий и санитарно-гидробиологического состояния вод Новороссийского порта и бухты. Развернулись исследования планктона, сезонных изменений водорослей бухты, а также харовой водоросли *Lamprothamnus* sp. в Суджукской лагуне. Новороссийск посетила Азовско-Черноморская научно-промысловая экспедиция во главе с Н. М. Книповичем, поддержавшим НБС и её работы. Впрочем, в отчёте станции за 1923 г. [5] немалую часть заняло описание деятельности, имевшей к биологии лишь косвенное отношение:

«А. Научные исследования НБС.

1. Гидрологические наблюдения в Новороссийской бухте. С начала июля с. г. станция приступила к ведению регулярных наблюдений над течениями и температурой воды в Новороссийской бухте. Целью... было изучение обмена вод бухты и открытого моря и влияния ветров на изменение температуры воды на различных глубинах. Освещение этих вопросов имеет основное значение для уяснения условий, в которых протекают биологические процессы в водах бухты. В частности, вопрос о течениях в бухте... важен для разрабатываемого станцией вопроса о влиянии на флору и фауну загрязняющих веществ, поступающих в бухту из города.

Изучение течений производилось посредством наблюдения с неподвижно установленной на якорях шлюпки за направлением и скоростью движения комбинированных цилиндров (поплавки Митчеля). Наблюдения производились на средней оси бухты вплоть до выхода в открытое море, и вдоль западного берега. <...>

Наблюдения течений по оси бухты дали картину влияния ветров на обмен вод бухты и открытого моря. Установлено, что ветер средней силы уже через час... вызывает мощное поверхностное течение со скоростью до 10 м/мин... и через 2–3 часа захватывает толщу воды до 5 м. На дне бухты тотчас же устанавливается компенсирующее действие поверхностного течения донное противотечение, которое также захватывает слой в несколько метров толщиной. При ветре, дующем более или менее продолжительное время, по оси бухты устанавливается могучий обмен вод бухты и моря, и температурные наблюдения обнаруживают воду открытого моря на дне бухты в самом её конце, у молов.

При ветрах, дующих под углом к берегам, направление донного противотечения сильно зависит от направления берега, отражаясь от него перпендикулярно, вследствие чего донное противотечение может идти под значительным углом (до 45°) к поверхностному. Очень интересное явление наблюдается в районе Суджукской косы... При продолжительном и сильном юго-западном ветре в бухту нагоняется с моря масса воды, идущей с большой скоростью. Донное противотечение, соответственно, обладает огромной мощностью и, имея направление, более или менее перпендикулярное к северо-восточному берегу, несёт свои воды к юго-западному берегу... У Суджукской косы эти выжимаемые донные воды выступают на поверхность на расстоянии 0,5 км от берега и несутся со значительной скоростью почти прямо навстречу ветру, а у окончания косы они снова подхватываются ветром и возвращаются в бухту с поверхностным течением. <...>

В течение июля — августа было сделано 12 поездок для изучения течений.

Начало июля оказалось особенно интересным для наблюдений над температурой глубин в бухте, т.к. поверхностный слой в это время имел температуру 16 °R (термометр станции — по Реомюру), а донные слои — 10°. Эта значительная разница позволила наблюдать влияние ветров на температуру нижних слоёв. Около 15 июля 4-дневный северо-западный ветер вызвал... сгон поверхностной воды в море и подступание из глубины открытого моря в бухту холодной воды. В результате температура поверхности оказалась 15°, на глубине 5 м — 10,5°, на глубине 10 м — 9,5° и на дне (22 м) — только 8°.

Наступивший после этого южный ветер произвёл полное изменение распределения температуры. 17 июля температура поверхности оказалась 17°, и до глубины 10 м — 16°. На дне ещё держалась холодная вода в 9°. После этого началось резкое поднятие температуры, и к 25 июля температура поверхностных слоёв (до 10 м) достигала... 20°, а у дна — 15°. К концу июля температура почти всей толщи воды в бухте оказалась равномерной, имея на поверхности 20–21° и на дне 18,5–19,5°. При продолжительных северных ветрах температура на дне до середины августа не падала ниже 16°.

С начала июля и по октябрь ведутся ежедневные наблюдения над температурой воды у берега в связи с наблюдениями над сменой прибрежной донной растительности.

В дальнейшем... эта работа продолжится в течение полного годового цикла. В настоящее время (в октябре. — К. Р.) ведутся наблюдения над охлаждением вод бухты.

2. Санитарно-гидробиологическое обследование Новороссийского порта и бухты. В Новороссийском порту имеется сток канализационных вод из центральной части города. Станция ведёт наблюдения над процессами минерализации и обезвреживания этих вод в морской воде и влиянием их на флору и фауну. На различных расстояниях от места стока берутся пробы воды с поверхности и с глубин и подвергаются исследованию на окисляемость, свободный кислород, азотный ангидрид, сероводород. Из тех же проб делаются бактериальные посеvy для определения общего количества бактерий и ставятся пробы на кишечную палочку. Бактериологические исследования ввиду отсутствия у станции собственного соответствующего оборудования передаются специалисту-бактериологу в местную санитарную лабораторию.

Одновременно производится измерение температуры, сборы планктона в различных местах порта и сборы донной растительности. <...>

Сточные воды минерализуются, по-видимому, довольно быстро, так как уже на незначительных расстояниях от места стока пробы на окисляемость оказываются сходными с пробами, взятыми из бухты за пределами порта. Ряд организмов является особо выносливым к загрязнённым водам, обитая главным образом вблизи места стока, — *Callithamnion corymbosum*, *Ceramium rubrum*, *Ulva rigida*.

Другие организмы, избегая непосредственного соседства сточных вод и других загрязняющих примесей, достигают роскошного развития, как *Ulva lactuca*, в районах, куда проникают продукты распада нечистот. Планктон также обнаруживает различие в порту и в бухте, по временам очень резкое. Так, например, в августе и сентябре в порту наблюдалось пышное развитие растительного планктона, чего не было в бухте. <...>

Исследование это ведётся в связи с разрабатываемым инженером Б. Н. Зиминым проектом канализации г. Новороссийска».

Прикладная направленность этого исследования супругов Водяницких была связана с эпидемией холеры в городе весной — летом 1922 г. Одной из главных её причин посчитали отсутствие канализации в большей части Новороссийска и сброс в бухту нечистот с возбудителем болезни [18]. При обсуждении этого сообщения А. А. Цветаева на заседании Физико-медицинского общества при Кубанском мединституте 05.08.1922 санитарный инженер Д. В. Нагорский «дал катастрофическую характеристику г. Новороссийску в отношении водоснабжения и указал на пути оздоровления этого важного порта, являющегося в то же время воротами для инфекций в Республику», а микробиолог проф. И. Г. Савченко подчеркнул возможность заражения людей холерой от рыб (например, хамсы, которой в голодное время питались очень многие) и других водных обитателей, в чьих кишечниках могут паразитировать холерные вибрионы.

С наступлением в Новороссийске тёплого сезона 1923 г. сотрудники НБС занялись и собственно исследованиями водной флоры и фауны [5]:

«3. Изучение планктона. При поездках в порту и в бухте производится сбор планктона (за время апрель — сентябрь взято 22 пробы). К сожалению, благодаря отсутствию у станции парусной или моторной лодки нет возможности делать регулярные сборы планктона в открытом море. Материал по зоопланктону предполагается обработать во время поездки на СБС, так как литература, имеющаяся в библиотеке НБС, недостаточна.

При сопоставлении данных по планктону с гидрологическими должна выясниться общая картина жизни планктона в Новороссийской бухте в зависимости от физико-химических факторов.

4. Изучение распределения биоценозов в Новороссийской бухте. С целью уяснения распределения биоценозов производится изучение распределения двух групп организмов, наиболее богатых индивидуумами и образующих основной фон донных биоценозов, — моллюсков и водорослей. Детальному обследованию подвергнута часть бухты между западным молотом и Суджукской крепостью и от западного берега до середины бухты.

Основными являются: биоценоз скал, биоценоз битой ракушки... биоценоз устричных гряд и биоценоз мидиевого ила. Получаемые данные наносятся на карту, которая станет основой для изучения распределения других групп организмов. Найденные биоценозы в общем соответствуют установленным С. А. Зерновым для Севастопольской бухты, но с некоторыми отличиями. Так, биоценоз мидиевого ила имеет очень мало мидий, и господствующими формами являются асцидии и *Modiola adriatica*.

Параллельно с изучением биоценозов с их наиболее характерными формами, собирается и обрабатывается систематический материал по моллюскам и водорослям.

Особенно внимательно изучению подвергается биоценоз скал и камней. Ведётся регулярное наблюдение над сменой водорослей в зависимости от температуры и загрязнения воды, и с наступлением холодов будет сделана попытка осветить вопрос о способах зимовки летних водорослей прибрежной зоны.

За 6 месяцев совершено 45 поездок и экскурсий для сбора материала.

5. Изучение развития водоросли *Lamprothamnis* sp. По указанию проф. В. М. Арнольди ведутся наблюдения над развитием харовой водоросли *Lamprothamnis* sp., заросли которой покрывают значительные площади в Суджукской лагуне (4 версты от г. Новороссийска). Водоросль эта, вообще малоизученная, представляет особенный интерес, т. к., по исследованию проф. В. М. Арнольди, именно она, перегнивая в значительных количествах, даёт начало обладающему значительными лечебными свойствами илу лагуны. Наблюдения начались в начале апреля, когда в илу была обнаружена масса прошлогодних полусгнивших побегов с наполненными крахмалом клубеньками на узлах. При наблюдениях в природе и в аквариумах было изучено прорастание молодых побегов из этих клубеньков... а также из любого сохранившего жизнеспособность узла.

В течение первой половины лета происходит мощное развитие зарослей водоросли, которая достигает высоты до 20 см. При этом водоросль понемногу отмирает и возобновляется новыми побегами из клубеньков и узлов отмирающих стеблей. Особенно энергичен процесс отмирания во второй половине лета, когда температура воды в лагуне понижалась с 25° до 20° и ниже. Антеридии и споропочки в течение лета ни разу не наблюдались. В результате наблюдения выяснена картина чрезвычайно энергичной вегетации водоросли и установлены видоизменения её формы в зависимости от глубины слоя воды и толщины грунта. По окончании наблюдения над осенним отмиранием водоросли работа будет закончена.

В. Камеральные работы. За истекающий год сотрудниками станции напечатаны следующие работы:

1. Н. В. Морозова-Водяницкая — «Очерки рода *Pediastrum*». Материал для этой работы начал собираться с 1913 г., а была она закончена в 1923 г. В этой работе автор подвергает сравнению морфологические признаки всех форм рода *Pediastrum*, на основании чего устанавливает естественную систему рода и указывает ряд закономерностей в изменениях признаков в рядах форм. Кроме того, описывается ряд новых видов и разновидностей.

2. В. А. Водяницкий — «Заметки о моллюсках Новороссийской бухты». Напечатано в «Русском гидробиологическом журнале».

3. В. А. Водяницкий — «Очерк флоры и фауны Черноморского округа». Работа напечатана в сборнике «Черноморский округ и его производительные силы» (1923 г.).

С. Музей станции. За истёкший год изготовлено 177 препаратов в банках по флоре и фауне Чёрного моря и окрестностей Новороссийска; собрано 12 образцов грунтов Новороссийской бухты, 22 образца планктона, 1200 экземпляров водорослей и большое количество моллюсков и губок в сухом виде.

Кроме того, станция отправила на Всероссийскую сельскохозяйственную выставку коллекцию местных промысловых рыб (22 вида) и гербарий важнейших водорослей (40 видов) и передала такие же гербарии в Новороссийский и Геленджикский музеи.

Д. Работа на станции посторонних лиц. За истёкший период на станции работало только одно постороннее лицо — преподаватель 1-го Московского университета В. В. Васнецов, который занимал-

ся изучением на живых рыбах механизма движений и собирал материал по сравнительной анатомии конечностей рыб.

Е. Общественная деятельность станции. За летние месяцы станцию посетили для ознакомления с её деятельностью 60 человек, среди которых преобладали преподаватели высших и средних учебных заведений.

Заведующий станцией В. А. Водяницкий состоял председателем Общества изучения Черноморского побережья Кавказа, заместителем председателя Черноморского выставочного бюро и членом комиссии по подготовке сборника «Черноморский округ и его производительные силы».

Ф. Дальнейшее направление деятельности станции. Основной задачей ближайшего года является продолжение и углубление вышеперечисленных работ. Кроме того, станция приступает к собиранию ихтиологического материала для целей Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции, которая нынешним летом посетила станцию во главе с начальником экспедиции проф. Н. М. Книповичем.

Г. Общие сведения. Штат станции состоит из двух научных сотрудников — В. А. Водяницкого (зоолога) и Н. В. Морозовой-Водяницкой (ботаника), и сторожа; с июля с. г. работают сверхштатные — химик А. Д. Гангарт и препаратор З. С. Кулявина.

Станция нуждается в значительном пополнении оборудования и библиотеки, что в прошедшем году было почти невозможно вследствие ограниченности средств...»

Вышеупомянутая статья Водяницких о водоросли лампротамнус (см. п. А5) была доложена в Ленинграде в 1924 г., а напечатана — в 1925 г. [4]. Работа Н. В. Морозовой-Водяницкой о роде *Pediastrum*, упомянутая в п. В1, была опубликована сперва в Краснодаре (1923), а затем — во всероссийском журнале (1925) (об этом см. в [16]).

Владимир Викторович Васнецов (1889–1953), приезжавший работать на НБС, — зоолог-ихтиолог, ученик и сотрудник А. Н. Северцова. Он окончил Московский университет (1913), после Гражданской войны возглавил там кафедру ихтиологии (1940), стал лауреатом Сталинской премии (1950) за разработку и биологическое обоснование мероприятий по повышению рыбной продуктивности р. Амур.

Азовско-Черноморская научно-промысловая экспедиция, работавшая с 1922 г. под руководством проф. Н. М. Книповича (1862–1939), была организована «Главрыбой» — Главным управлением по рыболовству и рыбной промышленности Наркомпрода РСФСР. В книге [3] В. А. Водяницкий написал о визите экспедиции в Новороссийск подробнее:

«В 1923 г. нашу станцию посетила Черноморско-Азовская научно-промысловая экспедиция, плавающая на корабле «Бесстрашный» (см. п. F отчёта [5]. — К. Р.). Экспедицию возглавляли прославленный исследователь морей и рыбных промыслов Николай Михайлович Книпович и энергичный ихтиолог Николай Лазаревич Чугунов.

Н. М. Книпович с необычайным вниманием и теплотой отнёсся к сотрудникам станции, долго беседовал с нами, вникая во все наши дела. Николай Михайлович даже согласился быть председателем Учёного совета НБС. В дальнейшем он ежегодно посещал станцию, проводил заседания Совета... знакомился с нашими работами. Два раза Книпович жил на даче вблизи Новороссийска, и мы часто виделись с ним. Он оказывал большое влияние на деятельность станции, внося в неё элементы большой науки».

Трудно сказать, почему автор «Записок натуралиста» не вспомнил, что в экспедиции Книповича — Чугунова участвовал и проф. В. М. Арнольди. В наиболее полной биографии последнего [1] отмечено:

«В 1922 и 1923 гг. учёный (В. М. Арнольди. — К. Р.) принял участие в Азово-Черноморской промысловой экспедиции «Главрыба», которой руководил Н. М. Книпович, и работал по сбору и изучению планктона Черного и Азовского морей. Профессор Н. М. Книпович весьма ценил глубину знаний и наблюдательность Владимира Митрофановича. Он писал (1926): «В. М. Арнольди уже в первые месяцы работы мог констатировать большое количество форм, раньше не известных в фитопланктоне исследуемых экспедицией морей. Следует отметить в Азовском море целый ряд видов, водящихся

в Каспийском и частью в Аральском морях. В. М. Арнольди было начато и исследование нанопланктона морей Черного и Азовского».

И далее [1]: «Азово-Черноморскую экспедицию В. М. Арнольди начал в Севастополе... на пароходе «Бесстрашный», приспособленном для... исследований. Другой рейс на «Бесстрашном» он совершил от Феодосии к Новороссийску и Анапе и там собрал большой и интересный научный материал».

Пароход «Бесстрашный» — прежде землесос или буксир Херсонского торгового порта, носивший имя «Александр Барминский», — был передан Н. М. Книповичу в конце 1922 г. по личному распоряжению В. И. Ленина и служил экспедиции по декабрь 1924 г..

Последний черноморский рейс В. М. Арнольди на «Бесстрашном» продолжался 12 дней. От Феодосии судно прошло к югу 90 миль в область с большими глубинами в 2500 м, где жизнь оказалась только на верхних 25 м. Погода была прекрасная, и работы велись интенсивно. Но к вечеру разыгрался шторм и понёс судно к кавказскому берегу [1]:

«На рассвете в туманной дали они увидели скалы южнее Геленджика и через несколько часов вошли в Новороссийский порт. После стоянки там новый шторм заставил их искать прибежища в Анапе, где провели утро и видели ряд знакомых. Дальнейшие работы оказались тщетными, и судно вернулось в Керчь».

Больше В. М. Арнольди в Новороссийске не бывал: возвратившись в Москву, он скоропостижно скончался в марте 1924 г. Так Н. В. Морозова-Водяницкая осталась без учителя и его руководящих указаний, что, конечно, усугубило трудности работы...

Но главными причинами двухлетней задержки начала исследований на НБС являлись недостаточность финансирования и крайняя бедность станции оборудованием, инвентарём и литературой, без которых научная работа была невозможна. В. А. Водяницкий до 1922 г. вынужденно совмещал заведование НБС с другими занятиями (руководством наркомпросовской базой по сбору естественно-исторических материалов и ихтиологической лабораторией, преподаванием естествознания в Педагогическом техникуме и в школе водников): надо было кормить семью. Владимир Алексеевич также состоял председателем правления профсоюза учителей и Общества изучения Черноморского побережья Кавказа, членом горплана и председателем его научной секции, членом Президиума СОИКК, депутатом Горсовета [3].

Тяжёлое материальное положение НБС в первые годы подчёркнуто и в отчёте [14] санитарного врача-микробиолога Е. А. Потеряева, руководившего станцией после отъезда В. А. Водяницкого. Пока бюджетные средства на содержание, научное оборудование и оперативные расходы отпускались крайне скудно, не было возможности проводить морские гидробиологические исследования: у станции отсутствовали соответствующие плавучие средства и оборудование. Исследования НБС тормозило и малое внимание, уделяемое ей КЧНИИ, где царили «нездоровая атмосфера и отрицательное настроение группы научных работников к расширению научной деятельности станции» [14].

Действительно, в КЧНИИ — головной организации, которой подчинялась НБС, — всё сильнее проявлялся сугубо утилитарный подход к науке.

Вышеприведённая оценка Е. А. Потеряева объективнее, на наш взгляд, чем сделанная четвёртым заведующим НБС в заметках [6, 7]. По словам Ефима Ильича Драпкина (1914–2002), решение об организации станции в Новороссийске было принято в 1920 г. правительством, поручившим эту работу энергичному и талантливому русскому гидробиологу Владимиру Митрофановичу Арнольди. Одним из активнейших организаторов и деятельным сотрудником станции явилась Нина Васильевна Морозова-Водяницкая. По Е. И. Драпкину, она «впервые подошла к изучению морских водорослей в тесной связи с условиями их существования. Опубликованная ею в «Трудах НБС» работа «Наблюдения над экологией водорослей Новороссийской бухты» (об этой статье см. ниже. — К. Р.) явилась плодом труда уже зрелого учёного, способного делать важные самостоятельные выводы, искать и находить самостоятельные направления в науке.

Вместе с мужем... Нина Васильевна пламенным самоотверженным трудом добилась того, что станция получила широкую известность у нас и за границей. С первых дней основания НБС наметила основные научные направления, которые были развиты в последующие годы, и вскоре обратила на себя внимание научного мира» [6, 7].

Фактически же прочные и взаимовыгодные контакты с научными кругами университетских городов СССР завязались у Водяницких лишь в середине 1920-х гг. Так, летом 1925 г. на НБС работала сотрудница Ботанического сада РАН в Ленинграде — опытный альголог Е. С. Зинова. По словам В. А. Водяницкого, она помогала новороссицам в определении систематического состава водорослей [3].

Отчёты станции за 1924–1926 гг. не были, по-видимому, опубликованы. Некоторые сведения о её деятельности в этот период имеются в статье [14]. По словам Евгения Ананьевича Потеряева, до 1926 г. научно-исследовательская работа НБС сводилась в основном к ознакомлению с гидробиологией бухты, причём в 1925 г. положение с кредитами вновь ухудшилось: НБС имела только одну штатную единицу заведующего. Но благодаря поддержке местных организаций и Единой гидрометеорологической службы, выделившей по договорам некоторые средства, станция пригласила трёх сверхштатных работников, научного сотрудника и технического работника. С середины 1925 г. при НБС была открыта метеорологическая станция для наблюдений над северо-восточными ветрами, причинявшими Новороссию большие бедствия.

С 1926 г. штат станции состоял из трёх научных сотрудников, а вспомогательного и технического работников по штату не было. Тем не менее НБС были проведены экспедиция по изучению гидробиологии Прикубанских лиманов (1925) и экскурсия по изучению гидробиологии озёр на Северо-Кавказском побережье Чёрного моря (1926) [14].

Третьим научным сотрудником станции стал зоолог-ихтиолог Семён Михайлович Малятский (1904–1941), незадолго до этого окончивший Петроградский университет. В. А. Водяницкий писал [3], что Семён Михайлович был принят на НБС лаборантом в 1926 г., начал усердно заниматься ихтиологией и провёл серию хороших исследований.

По поводу метеостанции автор книги вспоминал, что сумел убедить посетившего станцию известного гидрометеоролога В. Ю. Визе в необходимости для НБС исследовать движение воздушных масс на бухтой: *«Для этой цели нам выделили дополнительные средства от Гидрометеорологической службы Чёрного и Азовского морей, отпустили новое оборудование и расширили штат, введя должность наблюдателя. Приборы мы установили во дворе Биологической станции, а на должность наблюдателя взяли моего ученика по Педагогическому техникуму Ивана Петровича Ротаря. После нескольких лет успешной работы в Новороссииске И. П. Ротарь провёл большие исследования в Севастополе, в обсерватории Черноморского флота» [3].*

Впрочем, в [8] указано, что позже И. П. Ротарь продолжал работать на НБС уже как научный сотрудник. А пока Н. В. Морозова-Водяницкая поблагодарила Ротаря *«за выполнение к работе карты и диаграмм»* в своей статье [12].

Эта публикация по результатам основной исследовательской деятельности Нины Васильевны в 1923–1926 гг. заслуживает внимания. Исследованиями Морозовой-Водяницкой были охвачены следующие районы: по западному берегу бухты — от Цемесской долины до Рыбачьего посёлка (за Суджукской косой), протяжённостью по берегу до 8 км; по восточному берегу — от Цемесской долины до мыса Шесхарис (до 7,5 км); наконец, от западного берега к середине бухты, длиной с запада на восток до 1,5 км.

Н. В. Морозова-Водяницкая писала, в частности [12]: *«Работая над экологией водорослей Новороссииской бухты, я следуя направлению, указанному моим учителем, покойным Владимиром Митрофановичем Арнольди, одним из последних желаний которого было заняться изучением экологии морских водорослей.*

Один из важнейших факторов, который мне удалось установить в качестве особенно активного в определении флористических районов Новороссииской бухты, — это присутствие в морской воде

большого или меньшего количества органических веществ, связанного с большей или меньшей близостью города. <...> Химико-бактериологическое обследование загрязнённости Новороссийского порта и прилегающей части бухты сточными водами (работа не опубликована), произведённое совместно заведующим НБС В. А. Водяницким, заведующим Бактериологической лабораторией С. В. Стариковым и химиком А. Д. Гангардтом, показало, что между степенью загрязнённости воды и составом растительности существует полная согласованность. <...> В результате наблюдений над распределением водорослей в пределах Новороссийской бухты я наметила три флористических района, резко отличающихся по составу своей флоры».

Не вдаваясь в подробности, отметим, что в статье [12] имеются: карта грунтов бухты, составленная В. А. Водяницким; распределения по месяцам других экологических факторов (температуры воды у берега и в глубине, продолжительности солнечного сияния, количества осадков); годовые циклы жизни водорослей.

Чтобы проверить свои выводы, сделанные для Новороссийской бухты, Н. В. Морозова-Водяницкая осенью 1926 г. ездила работать на СБС. С той же целью она посетила и университетские центры СССР:

«Систематическую обработку собранного мной гербария водорослей Новороссийской бухты я частично произвела в Институте споровых растений Главного ботанического сада. <...> Профессорам Ф. Н. Крашенинникову и П. И. Мищенко, взявшим на себя труд ознакомиться с настоящей работой в рукописи, приношу глубокую благодарность за ценные указания. За помощь в определении водорослей выражаю благодарность альгологу Л. И. Волкову» [12].

С. В. Стариков и А. Д. Гангардт (в некоторых источниках — Гангарт) были сотрудниками городской санитарно-бактериологической лаборатории Новороссийска; первый из них участвовал ещё в Суджукской экспедиции 1921 г. (см. выше).

Институт споровых растений Главного ботанического сада РСФСР, где работала и вышеупомянутая Е. С. Зинова, находился в Петрограде/Ленинграде. А ботаник-физиолог Фёдор Николаевич Крашенинников (1869–1938) был учеником и наследником К. А. Тимирязева на кафедре физиологии растений Московского университета.

Павел Иванович Мищенко (1869–1938) учился и работал в Юрьевском (Дерптском, Тартуском) университете. Войны 1914–1920 гг. вынудили профессора ботаники Мищенко переехать в Тифлис, а затем — в Краснодар. Здесь Павел Иванович был активным членом Биологической секции СОИКК [9], способствуя становлению и расширению НБС.

И ещё один важный фрагмент из книги В. А. Водяницкого [3]: *«Одно лето на даче под Новороссийском жил В. Л. Комаров. Он неоднократно посещал нашу станцию и в дальнейшем оказывал нам значительную поддержку».*

Владимир Леонтьевич Комаров (1869–1945) был очень влиятельным ботаником, поддержкой которого непременно следовало заручиться. Уже в 1920 г. он стал академиком РАН, а с 1925 г. — Академии наук СССР, где с 1930 г. состоял вице-президентом, а с 1936 г. — президентом. Также В. Л. Комаров был Героем Социалистического Труда (1943). Супруги Водяницкие, люди интеллигентные, обаятельные и гостеприимные, отлично владели искусством налаживания контактов с проезжавшими через Новороссийск влиятельными личностями тогдашней науки. Эти знакомства сильно помогали в работе.

В начале второй половины 1920-х гг. НБС и её сотрудники столкнулись с рядом проблем. Так, явно изжившее себя подчинение станции КЧНИИ тормозило развитие исследований. Мешало и отсутствие у НБС парусно-моторного бота: на шлюпке было невозможно изучать флору и фауну моря за пределами Новороссийской бухты.

Возникшие проблемы были успешно решены, но рассказ об этом требует отдельной публикации.

Благодарность. Автор благодарен Ольге Андреевне Акимовой, заведующей научной библиотекой ИМБИ РАН, за помощь при выполнении настоящей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алексеев Л. В., Белякова Г. А., Поддубная-Арнольди В. А. *Владимир Митрофанович Арнольди*. Москва : Наука, 2001. 182 с. [Alekseev L. V., Belyakova G. A., Poddubnaya-Arnol'di V. A. *Vladimir Mitrofanovich Arnol'di*. Moscow: Nauka, 2001, 182 p. (in Russ.)].
2. Водяницкий В. Биологическая станция Совета обследования и изучения Кубанского края в г. Новороссийске // *Русский гидробиологический журнал*. 1922. № 11–12. С. 330–331. [Vodyanitsky V. Biologicheskaya stantsiya Soveta obsledovaniya i izucheniya Kubanskogo kraya v g. Novorossiiske. *Russkii gidrobiologicheskii zhurnal*, 1922, no. 11–12, pp. 330–331. (in Russ.)].
3. Водяницкий В. А. *Записки натуралиста*. Москва: Наука, 1975. 192 с. [Vodyanitsky V. A. *Zapiski naturalista*. Moscow: Nauka, 1975, 192 p. (in Russ.)].
4. Водяницкий В. А., Морозова-Водяницкая Н. В. Годичный цикл развития (жизни) харовой водоросли *Lamprothamnus alopecuroides* М. в Суджукской лагуне // *Труды I Всероссийского гидрологического съезда в Ленинграде (7–14 мая 1924 г.)*. Ленинград, 1925. С. 466–468. [Vodyanitsky V. A., Morozova-Vodyanitskaya N. V. Godichnyi tsikl razvitiya (zhizni) harovoi vodorosli *Lamprothamnus alopecuroides* М. v Sudzhuksoi lagune. In: *Trudy I Vserossiiskogo gidrologicheskogo s'ezda v Leningrade (7–14, May 1924)*. Leningrad, 1925, pp. 466–468. (in Russ.)].
5. Водяницкий В. А. Обзор деятельности Новороссийской биологической станции за 1923 год // *Труды Кубано-Черноморского краевого научно-исследовательского института*. 1923. Т. 11, вып. 1. С. 37–42. [Vodyanitsky V. A. Obzor deyatel'nosti Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii za 1923 god. *Trudy Kubano-Chernomorskogo kraevogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*, 1923, vol. 11, iss. 1, pp. 37–42. (in Russ.)].
6. Драпкин Е. И. Памяти Нины Васильевны Морозовой-Водяницкой // *Ученые записки Ростовского-на-Дону государственного университета*. 1957. Т. 57, вып. 1. С. 178–182. [Drapkin E. I. Pamyati Niny Vasil'evny Morozovoi-Vodyanitskoi. *Uchenye zapiski Rostovskogo-na-Donu gosudarstvennogo universiteta*, 1957, vol. 57, iss. 1, pp. 178–182. (in Russ.)].
7. Драпкин Е. И. Славное тридцатилетие // *Новороссийский рабочий*. 17.09.1950. С. 3. [Drapkin E. I. Slavnoe tritdsatiletie. *Novorossiiskii rabochii*. 17.09.1950, pp. 3. (in Russ.)].
8. Калугина А. А. Обзор деятельности Новороссийской биологической станции им. проф. В. М. Арнольди за 40 лет // *Труды Новороссийской биологической станции*. Ростов-на-Дону, 1961. С. 3–10. [Kalugina A. A. Obzor deyatel'nosti Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii im. prof. V. M. Arnol'di za 40 let. In: *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*. Rostov-on-Don, 1961, pp. 3–10. (in Russ.)].
9. Малявкин С. Ф., Юшкин Е. М. Отчет о деятельности Совета обследования и изучения Кубанского края за 1920 год. // *Известия Совета обследования и изучения Кубанского края*. 1921. Т. 3. С. 1–35. [Malyavkin S. F., Yushkin E. M. Otchet o deyatel'nosti Soveta obsledovaniya i izucheniya Kubanskogo kraya za 1920 god. *Izvestiya Soveta obsledovaniya i izucheniya Kubanskogo kraya*, 1921, vol. 3, pp. 1–35. (in Russ.)].
10. Морозова-Водяницкая Н. В. К биологии водорослей литоральной и сублиторальной зон Новороссийской бухты // *Дневник 3-го Всесоюзного съезда ботаников в январе 1928 г.* Ленинград, 1928. С. 156–157. [Morozova-Vodyanitskaya N. V. K biologii vodoroslei litoral'noi i sublitoral'noi zon Novorossiiskoi bukhty. In: *Dnevnik 3-go Vsesoyuznogo s'ezda botanikov v yanvare 1928 g.*, Leningrad, 1928, pp. 156–157. (in Russ.)].
11. Морозова-Водяницкая Н. В. (1894–1954): личное дело. Научный архив ФГБУН ИМБИ РАН. Опись № 3-Л, ед. хр. № 38-А. Севастополь, 1954. 119 л. [Morozova-Vodyanitskaya N. V. (1894–1954): *lichnoe delo*. Nauchnyi arkhiv

- FGBUN IMBI RAN. Opis' №3-L, ed. khr. №38-A. Sevastopol, 1954, 119 sheets. (in Russ.).
12. Морозова-Водяницкая Н. В. Наблюдения над экологией водорослей Новороссийской бухты // *Труды Кубано-Черноморского НИИ*. 1927. Вып. 52. С. 5–47. (Работы Новороссийской биологической станции им. В. М. Арнольди). [Morozova-Vodyanitskaya N. V. Nablyudeniya nad ekologiei vodoroslei Novorossiiskoi buhty. *Trudy Kubano-Chernomorskogo NII*, 1927, iss. 52, pp. 5–47. (Raboty Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii im. V. M. Arnol'di). (in Russ.).]
13. Морозова-Водяницкая Н. В. Наблюдения над экологией прикрепленных водорослей Новороссийской бухты // *Дневник 2-го Всесоюзного съезда ботаников в январе 1926 г.* Москва, 1926. С. 123–126. [Morozova-Vodyanitskaya N. V. Nablyudeniya nad ekologiei prikrepennykh vodoroslei Novorossiiskoi bukhty. In: *Dnevnik 2-go Vsesoyuznogo s'ezda botanikov v yanvare 1926 g.* Moscow, 1926, pp. 123–126. (in Russ.).]
14. Потеряев Е. А. Отчет о деятельности Новороссийской биологической станции им. В. М. Арнольди за 15 лет // *Труды Новороссийской биологической станции им. В. М. Арнольди*. 1936. Т. 2. Вып. 1. С. 3–16. [Poteryaev E. A. Otchet o deyatelnosti Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii im. V. M. Arnol'di za 15 let. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii im. V. M. Arnol'di*, 1936, vol. 2, iss. 1, pp. 3–16. (in Russ.).]
15. Русанов К. В. «Прошлое юности, далекое, но прекрасное»: Новороссийск в жизни Георгия Сорохтина // *Исторические записки. Исследования и материалы*. Новороссийск: Новороссийский исторический музей-заповедник, 2016. Вып. 10. С. 40–52. [Rusanov K. V. "Proshloe yunosti, dalekoe, no prekrasnoe": Novorossiisk v zhizni Georgiya Sorokhtina. In: *Istoricheskie zapiski. Issledovaniya i materialy*. Novorossiisk: Novorossiiskii istoricheskii muzei-zapovednik, 2016, iss. 10, pp. 40–52. (in Russ.).]
16. Русанов К. В. Харьков в становлении Н. В. Морозовой-Водяницкой как ботаника-альголога // *Морской биологический журнал*. 2017. Т. 2, № 2. С. 86–98. [Rusanov K. V. Kharkov in the formation of N. V. Morozova-Vodyanitskaya as a botanist-algologist. *Morskoii biologicheskii zhurnal*, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 86–98. (in Russ.).] doi: 10.21072/mbj.2017.02.2.09.
17. Степаньян О. В. Нина Васильевна Морозова-Водяницкая: к 120-летию со дня рождения // *Ботанический журнал*. 2013. Т. 98, № 3. С. 111–116. [Stepan'yan O. V. Nina Vasil'evna Morozova-Vodyanitskaya: k 120-letiyu so dnya rozhdeniya. *Botanicheskii zhurnal*, 2013, vol. 98, no. 3, pp. 111–116. (in Russ.).]
18. Цветаев А. А. Холерная вспышка в г. Новороссийске в 1922 г. с точки зрения санитарно-технической и эпидемиологической // *Кубанский научно-медицинский вестник*. 1922. № 1–6. С. 69–86. [Tsvetaev A. A. Kholernaya vspyshka v g. Novorossiyske v 1922 g. s tochki zreniya sanitarno-tekhnicheskoi i epidemiologicheskoi. *Kubanskii nauchno-meditsinskii vestnik*, 1922, no. 1–6, pp. 69–86. (in Russ.).]

**N. V. MORZOVA-VODYANITSKAYA
IN THE NOVOROSIYSK BIOLOGICAL STATION:
THE EARLY YEARS (1920–1926) WERE THE MOST DIFFICULT ONES**

K. V. Rusanov

Kharkov, Ukraine

E-mail: kokamoka51@gmail.com

According to the materials of the personal file of N. V. Morozova-Vodyanitskaya, reports of the Novorossiysk biological station and other publications the activities of this scientific institution in the first period of its history (1920–1926) have been described.

Keywords: N. V. Morozova-Vodyanitskaya, algology, Novorossiysk, biological station, history, 1920–1926, ecology of algae

УДК 594.1(282.247.36)

**РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛА
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *CORBICULA FLUMINEA* (O. F. MÜLLER, 1774)
В БАССЕЙНЕ НИЖНЕГО ДОНА**

© 2018 г. Л. А. Живоглядова¹, Н. К. Ревков², Е. А. Ковалев¹

¹Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия

²Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: l.zhivoglyadova@mail.ru

Поступила в редакцию 15.01.2018. Принята к публикации 05.03.2018.

Работа основана на результатах гидробиологических съёмок ФГБНУ «АзНИИРХ», выполненных в мае — сентябре 2017 г. в бассейне Нижнего Дона на участке от г. Семикаракорска до устья Дона. Исследованиями охвачены речные участки: у г. Семикаракорска, близ (ниже) устьев рек Сал, Маньч, Аксай, у хутора Шмат, ниже устья Тёплого канала Новочеркасской ГРЭС, у станции Багаевской, у хутора Арпачин и в рукаве Мокрая Каланча. Пробы макрозообентоса отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м² на 25 станциях в двух повторностях. Каждая станция представлена тремя точками по разрезу русла реки — левобережная рипаль, медиаль, правобережная рипаль.

Три живых моллюска *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) обнаружены в сентябрьской съёмке ниже устья р. Маньч (N47.242119°, E40.246476°) на заиленном песке на глубине 5,4 м. Длина раковины наиболее крупного из найденных экземпляров, при сырой массе без мантийной жидкости 0,843 г, составила 12,4 мм, высота — 11,3 мм, ширина — 8,4 мм. Два ювенильных экземпляра корбикулы длиной 2 мм имели общий сырой вес 0,003 г. Идентификация обнаруженных моллюсков выполнена на основе конхиологических признаков, позволяющих отличить *C. fluminea* от близкого вида *C. fluminalis* (O. F. Müller, 1774) [1, 2, 5, 6, 7].



Рис. 1. Раковина *Corbicula fluminea* из нижнего течения р. Дон

Fig. 1. The shell of *Corbicula fluminea* from the Lower Don river system

Считается, что *Corbicula fluminea* (восточная корбикула, Asian Clam), с типовым местообитанием в Гуанчжоу (Китай) [3] и нативным ареалом в пресноводных водоёмах Юго-Восточной Азии, Австралии и Африки [1, 4, 9], была случайно завезена в Европу с балластными водами судов из Северной Америки [8] в начале 1980-х гг. [8, 10]. В настоящее время корбикула включена в группу 100 наиболее опасных инвазивных видов Европы [4].

Первая регистрация *C. fluminea* в бассейне Нижнего Дона состоялась в январе 2017 г.: три живых моллюска обнаружены в Тёплом канале Новочеркасской ГРЭС и в р. Дон вблизи устья Тёплого канала [11]. Авторами высказана гипотеза о проникновении личинок данного вида в акваторию Нижнего Дона с балластными водами судов из речной системы Дуная.

Новое, хотя и единичное обнаружение живых разноразмерных *C. fluminea* за пределами теплового рефугиума Новочеркасской ГРЭС свидетельствует о расширении ареала вида-вселенца в речной системе Дона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1952. 376 с. [Zhadin V.I. *Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR*. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1952, 376 p. (in Russ.)].
2. Сон М.О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья. Одесса : Друк, 2007. 132 с. [Son M. O. *Mollyuski-vselentsy v presnykh i solonovatykh vodakh Severnogo Prichernomor'ya*. Odessa: Druk, 2007, 132 p. (in Russ.)].
3. Araujo R., Moreno D., Ramos M. A. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin*, 1993, vol. 10, iss. 1, pp. 39–49.
4. *Delivering Alien Invasive Species Inventories Database for Europe*. DAISIE, 2009. Available at: <http://www.europe-aliens.org> [accessed: 14.01.2018].
5. Hubenov Z., Trichkova T., Kenderov L., Kozuharov D. Distribution of *Corbicula fluminea* (Mollusca: Corbiculidae) over an eleven-year period of its invasion in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2013, vol. 65, iss. 3, pp. 315–326.
6. Kamburska L., Lauceri R., Beltrami M., Boggero A., Cardecchia A., Guarneri I., Manca M., Riccardi N. Establishment of *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) in Lake Maggiore: a spatial approach to trace the invasion dynamics. *BioInvasions Records*, 2013, vol. 2, iss. 2, pp. 105–117. doi: 10.3391/bir.2013.2.2.03.
7. Korniushev A. V. Non-unionid freshwater bivalves (Sphaeriidae, Corbiculidae, Dreissenidae) of North American fauna. *Vestnik zoologii*, 2007, vol. 41, iss. 1, pp. 13–22.
8. Kinzelbach R. Die Körbchenmuscheln *Corbicula fluminalis*, *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluviatilis* in Europa (Bivalvia: Corbiculidae). *Meinzer Naturwissenschaftliches Archiv*, 1991, no. 29, pp. 215–228.
9. Morton B. *Corbicula* in Asia – an updated synthesis. *American Malacological Bulletin*, 1986, vol. 2, spec. ed., pp. 113–124.
10. Mouthon J. Sur la présence en France et en Portugal de *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria*, 1981, vol. 45, no. 4/5, pp. 109–116.
11. Zhivoglyadova L. A., Revkov N. K. *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774), a bivalve species new for the Lower Don. *Ecologica Montenegrina*, 2018. (in press.).

**EXTENSION
OF THE BIVALVE *CORBICULA FLUMINEA* (O. F. MÜLLER, 1774) AREAL
IN THE LOWER DON RIVER SYSTEM**

L. A. Zhivoglyadova¹, N. K. Revkov², E. A. Kovalev¹

¹Azov Research Institute of Fisheries, Rostov-on-Don, Russian Federation

²Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: l.zhivoglyadova@mail.ru

The first record of bivalve mollusc *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) in the basin of the river Don occurred in the area of Warm channel of Novocherkasskaya hydropower station in January, 2017. Subsequent hydrobiological studies resulted in re-discovery of three living specimens of the Asian Clam in September, 2017 in the aquatoria below the mouth of the river Manych, located 34 km downstream from the site of the mollusk first record. New materials indicate the expansion of the areal of this invasive species within the Lower Don river system.

Keywords: alien species, biological invasions, Bivalvia, *Corbicula fluminea*, river Don, Russia

К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРА АЛЕКСЕЕВИЧА ВОДЯНИЦКОГО



В январе 2018 г. исполнилось 125 лет со дня рождения Владимира Алексеевича Водяницкого — личности, знаковой для гидробиологической науки.

Он родился в небольшом городке Константиноград Полтавской губернии. Когда Володе было четыре года, семья продала крестьянам остатки имения и переехала в Харьков, где он окончил реальное училище и Харьковский университет. С ранних школьных лет Владимир Алексеевич принимал участие в крайне интересных ему ботанических и зоологических экскурсиях, организовывал домашние аквариумы, читал огромное число книг и посещал студенческий кружок натуралистов. В это время сформировался круг научного общения Владимира Алексеевича, состоявший из выдающихся гидробиологов и зоологов и из тех, кто стал известен и значим впоследствии.

Сам считавший себя «провинциальным учёным», Владимир Алексеевич, безусловно, слегка лукавил. Последовательным, настойчивым сторонником самых передовых научных идей своего времени он был всегда и везде, где бы ни работал.

Взяв на себя в 1921 г. труд по организации биостанции в Новороссийске, он сделал всё для того, чтобы её работа приносила пользу как морской гидробиологии, так и городу. За 10 лет его заведования биостанцией были описаны сезонные явления в жизни черноморских водорослей и различия их сообществ в разных местах обитания, в том числе в зависимости от степени загрязнения вод. Впервые были описаны морфологические особенности личинок и икры черноморских рыб и их основные систематические группы. Была показана важность изучения ихтиопланктона для суждения о биологии видов в целом. Впервые в отечественной ихтиологии вопросы формирования фауны рыб были рассмотрены с учётом экологии личиночных стадий их развития. В дальнейшем изучение ихтиопланктона стало обязательной и очень важной частью планктонных и рыбохозяйственных исследований на Чёрном море. Оно было продолжено В. А. Водяницким и его учениками в Севастополе.

В 1931 г. (с перерывом в 1939–1942 гг., когда Владимир Алексеевич организовал кафедру гидробиологии и ихтиологии в Ростовском университете и заведовал ею) начался севастопольский период его жизни.

Владимир Алексеевич сосредоточился на изучении пелагических икринок и личинок черноморских рыб. Спустя 20 лет эта работа завершилась изданием соответствующего определителя, и поныне не потерявшего научной ценности. Сделанные обобщения позволили сформулировать вывод

о формировании фауны рыб Чёрного моря как под влиянием солёности и температуры, так и в зависимости от экологии личиночных стадий развития рыб, а также от вертикального распределения и миграций взрослых рыб.

Другой важной разрабатываемой проблемой гидробиологической науки была проблема биологической продуктивности водоёмов. Работа В. А. Водяницкого «К вопросу о биологической продуктивности Чёрного моря» доказывала, что существовавшее тогда мнение о бедности поверхностных вод Чёрного моря биогенными веществами ошибочно и соединения азота и фосфора поступают в поверхностные слои моря как с суши, так и из верхних слоёв восстановительной зоны. Сравнительный анализ данных о количественном развитии отдельных групп черноморских организмов привёл Владимира Алексеевича к выводу об относительно высоком уровне продуктивности Чёрного моря. Разработка общей теории биологической продуктивности требовала сравнительных исследований на разных акваториях, и Владимир Алексеевич возглавил первые советские экспедиции в Средиземное и Красное моря. В результате удалось получить разнообразные материалы по флоре, фауне и количественным характеристикам развития в них жизни и подтвердить, что продуктивность Чёрного моря не уступает таковой Средиземного моря, а по некоторым показателям — и Красного. Вышедший по итогам этих работ сборник «Биологическая продуктивность южных морей» (1974) закономерно посвящён памяти их идейного вдохновителя, организатора и непосредственного участника — В. А. Водяницкого. Столь же оправданным было и присвоение впоследствии имени учёного, никогда не бывшего сугубо кабинетным исследователем, новому научному судну ИнБЮМ.

Третьей важной теоретической проблемой, разрабатываемой В. А. Водяницким, была проблема вертикального перемешивания водных масс в Чёрном море. Полученный им ранее вывод о сравнительно высокой биологической продуктивности Чёрного моря входил в противоречие с устоявшимся в то время взглядом на него как на водоём, разделённый по вертикали на слабо взаимодействующие зоны: верхнюю кислородную, населённую живыми организмами, и осолонённую нижнюю, накапливающую продукты анаэробных процессов и биогены и отдающую верхней зоне лишь часть этих веществ в результате очень медленных диффузионных процессов. От решения этого вопроса зависело само понимание характера протекающих в Чёрном море физических, химических и биологических процессов, но проблема имела и вполне прикладной аспект: опираясь на представления об отсутствии существенного водообмена между водными слоями, западные учёные предлагали организовать захоронение в Чёрном море радиоактивных отходов. Опубликованная в 1948 г. статья В. А. Водяницкого «Водообмен и история образования солёности Чёрного моря» постулировала, что водообмен между глубинным и верхним слоями черноморских вод совершается всего за 100–130 лет, что дало возможность представлявшему СССР академику Л. А. Зенкевичу на конференции Международного агентства по атомной энергии в 1957 г. научно обосновать решительный отказ советской стороны от подобных предложений. Думается, за это потомки должны быть особенно благодарны Владимиру Алексеевичу.

Севастопольская же биостанция обязана своему многолетнему директору как нынешним архитектурным обликом, так и статусом значимого в мировой науке морского исследовательского института. Настойчиво уводя Академию наук от представлений о биостанции как о временном пристанище для приезжающих исследователей, «*принятом модусе в подобного типа заграничных учреждениях*», Владимир Алексеевич дважды отстаивал право СБС на её историческое здание, настоял на его достройке и двукратном расширении площади лабораторий, увеличении штата и строительстве для сотрудников отдельного жилья, но главное — он последовательно организовывал перепрофилирование станции из сугубо зоологического/ботанического в крупное биоокеанографическое учреждение с собственной оригинальной тематикой. Стержнем научных интересов СБС в послевоенный период стала крайне интересовавшая Владимира Алексеевича проблема биологической продуктивности водоёмов — именно под эту задачу формировался научный коллектив (в том числе создавалась аспирантура), укреплялась материальная база. Но при этом В. А. Водяницкий подчёркивал необходимость изучения живых организмов в естественной среде и эксперименте для определения особенностей обмена веществ и энер-

гии, то есть для исследования их питания, движения, размножения и развития. Итоги напряжённой работы по развитию СБС в послевоенный период подвела в 1950 г. специальная комиссия Академии наук СССР, заключившая, что Севастопольская биостанция, несмотря на своё периферийное положение, по проблематике и направлениям исследований является учреждением, способным решать не частные, а фундаментальные вопросы современной гидробиологии. Большую роль в дальнейшем расширении масштабов и повышении уровня исследовательских работ сыграло полученное биостанцией новое НИС «Академик Ковалевский», участвовавшее в 1958 г. в исследовании Средиземного моря под руководством члена-корреспондента АН УССР В. А. Водяницкого.

Итогом напряжённой научно-организационной работы Владимира Алексеевича стало преобразование в 1963 г. Севастопольской биостанции в Институт биологии южных морей Академии наук УССР, директором которого В. А. Водяницкий был на протяжении пяти лет. За плечами уходящего в 1968 г. на пенсию руководителя оставались капитальные научные труды по ихтиопланктону и гидрологической и биологической структуре Чёрного моря, созданный им биологический институт широкого профиля (один из крупнейших в Академии наук УССР) и школа морских гидробиологов — защитившиеся под его руководством более 30 кандидатов и несколько докторов наук.

Путешествуя по страницам «Записок натуралиста», написанных Владимиром Алексеевичем уже в его бытность на пенсии, понимаешь: истовое любопытство маленького мальчика, устраивавшего домашние аквариумы и зачитывавшего естественно-научными книгами, не исчезло ни в молодом учёном, ни в члене-корреспонденте Академии наук, ни в директоре — отнюдь не сахарного завода, как мечталось ему в детстве, а крупного биологического института. Пожалуй, именно это любопытство и составило стержень всей его жизни, наполненной разгадками разнообразных тайн науки гидробиологии.

Желающим составить свое представление о Владимире Алексеевиче можно порекомендовать следующие издания:

- *Водяницкий В. А. Записки натуралиста. Москва : Наука, 1975. 192 с.*
- *Володимир Олексійович Водяницький. Киев : Наукова думка, 1972. 30 с.*
- *Дехник Т. В., Киселева М. И. Владимир Алексеевич Водяницкий – гидробиолог и организатор науки // Биологическая продуктивность южных морей / ред.: В. Н. Грезе, М. А. Долгопольская, Е. В. Павлова. Киев : Наукова думка, 1974. С. 5–21.*
- *Очерки истории Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей (1871–2011) / под ред. Н. В. Шадрина. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 396 с.*

TO THE 125th ANNIVERSARY OF VLADIMIR VODYANITSKY

This year the 125th birthday of the outstanding hydrobiologist, D. Sc. (Biol.), Professor Vladimir Vodyanitsky is celebrated. Under his leadership, the Sevastopol Biological Station became a research institute significant for world science. He headed expeditions to Black, Mediterranean and Red seas. More than 30 PhD theses were defended under the guidance of Vladimir Vodyanitsky. He was the author of more than 160 publications and the editor of more than 60 monographs and collections of scientific papers.

Keywords: Vodyanitsky Vladimir, Sevastopol Biological Station, ichthyoplankton, Black Sea

**ПАМЯТИ ГАЛИНЫ-ВАНЦЕТТИ ВАСИЛЬЕВНЫ МУРИНОЙ
(06.10.1927–01.02.2018)**

1 февраля 2018 г. ушла из жизни Ванцетти Васильевна Мурина — известный зоолог, гидробиолог, доктор биологических наук, профессор, один из старейших научных сотрудников Института морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН.



Интерес к биологическим наукам Ванцетти Васильевна проявила, ещё будучи студенткой (1948–1952) и аспиранткой (1956–1959) кафедры зоологии беспозвоночных Московского государственного университета. Уже тогда в её жизнь вошла романтика морских экспедиций: для сбора биологического материала В. В. Мурина ходила в рейсы по Балтийскому и Северному морям, а также в северо-западную часть Тихого океана и в Атлантику. В 1960 г. Ванцетти Васильевна под руководством академика Л. А. Зенкевича подготовила и успешно защитила в МГУ диссертацию на соискание учёной степени кандидата биологических наук «Систематика и зоогеография глубоководных сипункулид Мирового океана». Других специалистов по систематике этой группы животных на тот момент не было во всём Советском Союзе.

В 1962 г. В. В. Мурина стала старшим научным сотрудником отдела бентоса Института биологии южных морей Академии наук УССР в г. Севастополе, и с тех пор её жизнь была неразрывно связана с морем. Она ходила в рейсы на судах «Дмитрий Менделеев» и «Академик Несмеянов»,

участвовала в шести экспедициях на НИС «Академик Ковалевский» и в пяти — на НИС «Профессор Водяницкий», работала на Кубе и в Гвинее, исследуя обитателей Тихого и Атлантического океанов, Чёрного, Красного и Средиземного морей. По собранному в рейсах уникальному материалу в 1980 г. в Зоологическом институте АН СССР Ванцетти Васильевна защитила докторскую диссертацию «Морские черви сипункулиды Мирового океана».

Будучи уникальным и высококвалифицированным специалистом-систематиком по ряду редких и малоизученных групп морских животных, В. В. Мурина по приглашению иностранных научных институтов работала в США, Греции, Турции, Польше, Исландии, на Фарерских островах (Дания). Она выступала с докладами на крупных международных конференциях: по турбелляриям — в Японии и Финляндии, по полихетам — в Турции, Индии и России, по сипункулам и эхиурам — в бывшей Югославии и в США.

Наука была смыслом и целью всей жизни для Ванцетти Васильевны. Она трепетно опекала и обучала молодых учёных, вводя их в круг гидробиологов. Под руководством В. В. Муриной защищены

четыре кандидатских диссертации. Она читала курсы лекций по морской гидробиологии в Симферопольском государственном университете (ныне Таврической академии КФУ) и на биологическом факультете Горьковского государственного университета (г. Нижний Новгород). Как лектор общества «Знание» Ванцетти Васильевна рассказывала севастопольцам и морякам Черноморского флота о жизни морских обитателей. Вполне закономерно в 1999 г. В. В. Муриной присвоили звание профессора по специальности «гидробиология».

Ванцетти Васильевну знали и любили в разных уголках мира. Для многих она стала не просто коллегой, а другом. Это был замечательный человек, преданный науке и влюблённый в жизнь. Мы восхищались оптимизмом Ванцетти Васильевны, её неиссякаемой энергией, энтузиазмом, искренним и всесторонним любопытством учёного, добротой к окружающим людям.

Коллеги, ученики, друзья

**TO THE MEMORY OF GALINA-VANTSETTI MURINA
(06.10.1927–01.02.2018)**

The outstanding systematist-zoobenthologist, D. Sc. (Biol.), Professor Galina-Vantsetti Murina died after a serious illness. She was a unique and highly qualified specialist in systematics of rare and poorly studied groups of sea worms of the World Ocean.

Keywords: Murina Galina-Vantsetti, IMBR RAS, sea worms

ПАМЯТИ ГАЛИНЫ ЕВДОКИМОВНЫ ЛАЗОРЕНКО (08.03.1942–14.02.2018)

14 февраля 2018 г. безвременно ушла из жизни известный учёный-радиоэколог, талантливый педагог, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела радиационной и химической биологии Института морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН Галина Евдокимовна Лазоренко.



Родилась Галина Евдокимовна 8 марта 1942 г. в пгт Грибановский Воронежской области, где её мама Мария Дмитриевна и старшая сестра Валентина находились в эвакуации. Как у всех детей, рождённых в войну, у Галины Евдокимовны было тяжёлое, полное горя и лишений детство. Отец Евдоким Васильевич и старшие братья Пётр и Николай погибли на фронте. После войны семья вернулась в рабочий посёлок Владиславка в Киевской области. В конце 40-х гг. старшую сестру Валентину по распределению отправили работать во Львовскую область, и вся семья переехала туда. После того как

Валентину убили националисты, Мария Дмитриевна с дочкой вернулись в посёлок Владиславка.

Среднее образование Галина Евдокимовна получала в селе Великополовецкое и в городе Белая Церковь. Со школьных лет она помогала маме на птицеферме. В то время существовало требование отработать на рабочих специальностях два года перед получением высшего образования. Галина Евдокимовна поступила в Киевский государственный университет имени Т. Г. Шевченко в 1960 г., отработав положенное время в Киевском сахаротресте Шамраевского сахарного комбината. Г. Е. Лазоренко окончила КГУ в 1965 г. по специальности «физика», специализации «молекулярная физика». Она поехала по распределению в Тюмень, в Западно-Сибирский научно-исследовательский геолого-разведывательный институт, где получила должность инженера отдела аналитических исследований. Через год в Сибирь за своей любимой приехал одноклассник Галины Евдокимовны, Иван Петрович Лазоренко. Он увёз её в Севастополь, где работал трал-мастером на рыболовецком судне. Почти год после переезда в Крым Г. Е. Лазоренко преподавала на кафедре физики Севастопольского приборостроительного института.

На должность старшего инженера отдела радиационной и химической биологии ИнБЮМ Галина Евдокимовна пришла в июле 1967 г. В том же году она поступила на очное отделение аспирантуры, и к её окончанию в декабре 1970 г. подготовила к защите кандидатскую диссертацию. С января 1971 г. по октябрь 1985 г. Г. Е. Лазоренко занимала должность младшего научного сотрудника, с ноября 1985 г. — старшего научного сотрудника. С 1 апреля 2012 г. Галина Евдокимовна работала в ОРХБ в должности ведущего научного сотрудника.

Г. Е. Лазоренко была скрупулёзным исследователем и трудолюбивым и ответственным специалистом. Ей поручали разрабатывать разнообразные темы, и она всегда справлялась с поставленными перед ней научными задачами. Успешное сочетание метода меченых атомов и физических методов позволило Галине Евдокимовне определить роль полисахаридов морских бурых водорослей в аккумуляции радионуклидов. По этой теме Г. Е. Лазоренко успешно защитила кандидатскую диссертацию «Альгиновая кислота и её ионообменные свойства (аккумуляция радионуклидов Sr, Zn и Ce из морской воды)».

Под руководством академика Г. Г. Поликарпова Галина Евдокимовна занималась изучением качества глубинной воды Чёрного моря. Именно Г. Е. Лазоренко впервые установила, что аэрированная глубинная вода обладает повышенными продукционными свойствами в отношении одноклеточных черноморских водорослей.

В рамках научной стажировки в Risø DTU National Laboratory (Дания) Галина Евдокимовна освоила новые радиохимические методы определения чернобыльских радионуклидов цезия, трансурановых элементов и природного радионуклида ^{210}Po и получила официальный сертификат МАГАТЭ по направлению «Морская радиобиология» для их применения. Г. Е. Лазоренко впервые провела на территории СНГ научное исследование по определению природного радионуклида ^{210}Po в компонентах экосистемы Чёрного моря. Галина Евдокимовна, учёный со значительными наработками в области радиоэкологии полония и профессионал высочайшего уровня, была приглашена МАГАТЭ в 2007 г. как эксперт этой организации. В международной школе МАГАТЭ в г. Карлсруэ (Германия) Г. Е. Лазоренко обучала специалистов из 17 стран методам определения ^{210}Po в морской среде и биоте.

В 2011 г. Галина Евдокимовна защитила докторскую диссертацию на тему «Природный радионуклид полоний-210 в компонентах экосистемы Чёрного моря: концентрации, распределение и дозы облучения». Ей была присвоена учёная степень доктора биологических наук по специальности «03.00.01 — радиобиология».

Галина Евдокимовна обладала прекрасными организаторскими способностями, и этой хрупкой женщине доверяли работу, достойную крепкого мужчины. Она была начальником и зам. начальника научных морских экспедиций в 1984, 1985, 1986, 1987 гг. на НИС «Профессор Водяницкий» и «Академик Ковалевский», возглавляла сухопутные экспедиции в 30-километровую зону ЧАЭС в 1990–1996 гг. и в район Северо-Крымского канала в 1992–1996 гг.

Г. Е. Лазоренко принимала активное участие в международной деятельности института. Она выступала с докладами в Швеции (Стокгольм, 2003), Турции (Стамбул, 2006), Норвегии (Берген, 2008), а также в Бельгии (Брюссель, 2012), где была членом международного комитета конференции INSINUME-2012. В 2013–2014 гг. Галина Евдокимовна возглавляла оргкомитет и была членом международного комитета по подготовке конференции INSINUME-2014, провести которую планировалось в Севастополе.

Результаты научных исследований Г. Е. Лазоренко отражены в 236 публикациях. Среди них 11 коллективных монографий и 162 статьи.

Галина Евдокимовна на протяжении 51 года с огромной самоотдачей и высокой требовательностью к себе трудилась в ИнБЮМ — ИМБИ. Она до последнего дня своей жизни делала всё, чтобы её работа приносила пользу науке, отделу, институту. Заслуги Г. Е. Лазоренко отмечены медалью «Ветеран труда».

Галина Евдокимовна была талантливым учёным, великой труженицей, добрым и отзывчивым человеком, прекрасной матерью. Наш отдел и институт понесли невосполнимую утрату.

Скорбим, всегда будем помнить Галину Евдокимовну.

Выражаем соболезнования сыну.

Коллеги из ОРХБ

**TO THE MEMORY OF GALINA LAZORENKO
(08.03.1942–14.02.2018)**

February 14, 2018 famous scientist, radioecologist, D. Sc. (Biol.), leading researcher of Radiation and Chemical Biology Department of IMBR RAS Galina Lazorenko passed away. She was the author of 236 publications, including 11 collective monographs and 162 articles. On the scientific internship at Risø DTU National Laboratory in Denmark, Galina Lazorenko mastered new radiochemical methods for determining Chernobyl radionuclides of cesium, transuranium elements and a natural radionuclide ^{210}Po and received an official IAEA certificate in the direction “Marine Biobiology” for the application of these methods.

Keywords: Lazorenko Galina, IMBR RAS, radiobiology

**ПАМЯТИ ЮРИЯ НИКОЛАЕВИЧА ТОКАРЕВА
(19.08.1943–14.01.2018)**

Я не любимым быть не мог!
Вот почему, мечту лелея,
Что мне поможет чем-то Бог,
Ушёл из жизни, не жалея!

Ю. Н. Токарев

14 января 2018 г. трагически оборвалась жизнь научного руководителя Института морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, лауреата Государственной премии Украины в области науки и техники, заслуженного деятеля науки и техники Республики Крым, доктора биологических наук, профессора, заведующего отделом биофизической экологии Токарева Юрия Николаевича.



Родился Юрий Николаевич 19 августа 1943 г., в нелёгкое военное время, в семье севастопольцев, эвакуированных в Поти. Уже в 1944 г. Токаревы вернулись в Севастополь, и в годы учёбы Юрий Николаевич не покидал родной город.

Талантливый и целеустремлённый, Юрий Николаевич, окончивший в 1965 г. с отличием факультет радиоэлектроники Севастопольского приборостроительного института, был приглашён в отдел планктона Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского. С тех пор научные интересы Ю. Н. Токарева были связаны с исследованиями формируемых морской биотой биофизических полей, а также с разработкой и апробацией современных экспресс-методов оценки функционального состояния пелагических сообществ. Именно в этой области он успешно защитил кандидатскую диссертацию в 1990 г.

Полученные знания и опыт не раз помогали ему в дальнейшем — при создании новой уникальной аппаратуры для изучения физических процессов в морской среде. Не имея специального биологического образования,

Юрий Николаевич, благодаря самоотверженному труду и помощи своих учителей, Владимира Николаевича Грезе и Эдуарда Павловича Битюкова, сумел стать крупным специалистом в области гидробиологии и обрести глубокое понимание биологических процессов в морских планктонных сообществах.

В 2001 г. Ю. Н. Токарев защитил докторскую диссертацию, результаты которой послужили основой нового направления гидробиологии — биофизической экологии гидробионтов. Его работа обогатила современную гидрoэкологию свежими идеями, методиками и представлениями о непищевых взаимодействиях морских организмов.

В это же время Юрий Николаевич возглавил и до самой смерти руководил единственным на постсоветском пространстве коллективом, активно изучающим явление биолюминесценции морских организмов. Трудно перечислить всё, что сделано в одном из важных направлений современной гидробиологии ведущим специалистом в области биофизической экологии гидробионтов. Так, Юрием Николаевичем установлены закономерности формирования мелкомасштабной структуры биологических полей и разработаны новые подходы к оценке и рациональному использованию биологических ресурсов Мирового океана.

Под руководством Ю. Н. Токарева защищены пять кандидатских диссертаций. Каждому своему аспиранту он привил любовь к научно-экспериментальным исследованиям и экспедиционной работе. С 2012 г. Юрий Николаевич был председателем государственной комиссии по защите дипломов специалистов и магистров и читал курс лекций «Биофизика моря» в Севастопольском национальном техническом университете. Его неоднократно приглашали в Черноморский филиал МГУ как эксперта дипломных работ студентов. С 2003 г. он был куратором химико-биологического отделения Малой академии наук г. Севастополя. Талант учёного и педагога, доброжелательность, интеллигентность, порядочность снискали Ю. Н. Токареву заслуженное уважение коллег и учеников.

Юрий Николаевич был прекрасным организатором и выдающимся учёным. Его труды широко известны и в России, и за рубежом. Автор более чем 200 публикаций (в том числе 8 монографий), значительная часть которых напечатана в ведущих зарубежных изданиях, Ю. Н. Токарев достойно представлял результаты своих исследований на международных симпозиумах и конференциях в разных странах мира.

Ю. Н. Токарев вёл разноплановую научно-организационную деятельность в качестве вице-президента Гидроэкологического общества Украины, заместителя председателя Мониторингового комитета АР Крым, представителя Украины в научных комитетах ВМВ и EMBS, участника Генеральной ассамблеи проекта SESAME, члена экспертного совета Министерства просвещения и науки Украины по вопросам экспертизы диссертационных работ по биологическим специальностям, заместителя директора ИнБЮМ НАН Украины по научной работе, директора ГБНУ г. Севастополя ИнБЮМ, научного руководителя, руководителя учёного совета и заместителя председателя диссертационного совета ИМБИ РАН. Юрий Николаевич принимал участие в десятках научных проектов разного уровня, был действительным членом Нью-Йоркской академии наук и членом Московского общества испытателей природы.

Достижения Юрия Николаевича как учёного и организатора науки отмечены на высоком уровне. За выдающийся вклад в изучение продуктивности, биоразнообразия и экологической безопасности Чёрного моря ему (в составе авторского коллектива) присвоено звание лауреата Государственной премии Украины в области науки и техники (2007) и заслуженного деятеля науки и техники Республики Крым (2011). Ю. Н. Токарев награждён почётным знаком НАН Украины «За научные достижения», почётными грамотами Президиума НАН Украины, Российской академии наук, Федерального агентства научных организаций России, Верховного Совета Республики Крым и Совета министров Республики Крым, департамента образования г. Севастополя, отмечен благодарственным письмом губернатора Севастополя.

Юрий Николаевич, бесконечно влюблённый в море и принявший участие в более чем 40 научно-исследовательских рейсах в разные районы Мирового океана, так писал о себе:

*Далеких странствий почитатель,
Романтики тех, давних дней...
В душе — пират, в мечтах — писатель,
Всегда открытый для людей!
Как все таланты — не замечен...
Наград и званий не искал...*

Особой заслугой Ю. Н. Токарева было возвращение в науку НИС «Профессор Водяницкий», выплывшего в декабре 2017 г. свой 100-й рейс.

В конце 2016 г. Юрий Николаевич тяжело заболел, но даже в этот нелёгкий период он продолжал свою научно-исследовательскую деятельность. Издан его многолетний труд — монография «Планктонные биолюминесценты Мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светоизлучения в норме и при антропогенном воздействии», успешно завершена научно-исследовательская тема государственного задания, руководителем которой он являлся с 2015 г., утверждён «Конкурс проектов 2018 года фундаментальных научных исследований, проводимый РФФИ и городом Севастополь».

Талантливый и высокоэрудированный учёный, знаток и любитель музыки, искусства, истории, театра, литературы и поэзии, страстный футбольный болельщик, Юрий Николаевич неизменно был центром притяжения в коллективе. В нашей памяти навсегда останутся его напутственные слова:

*Девиз мой человечеству
Отныне и всегда:
Любовь — моё Отечество!
Любовь — моя Звезда!*

*Скорбим, любим, помним,
сотрудники отдела биофизической экологии ИМБИ РАН*

TO THE MEMORY OF YURIY TOKAREV (19.08.1943–14.01.2018)

14 January, 2018 the outstanding scientist, D. Sc. (Biol.), Professor, assistant editor of “Marine Biological Journal” Yuriy Tokarev passed away. He developed new approaches to the assessment and rational use of the biological resources of the World Ocean. He was the author of more than 200 publications, including 8 monographs.

Keywords: Tokarev Yuriy, IMBR RAS, bioluminescence

Российская академия наук
Зоологический институт
Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского

Морской биологический журнал

Основан в феврале 2016 г.

Научное издание

Издатели журнала:

ФГБУН Зоологический институт РАН,
ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»

Печатается по рекомендации учёного совета
ФГБУН «Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 2 от 12.03.2018)

Свидетельство о государственной регистрации
Сер. ПИ № ФС 77-64821 от 02.02.2016
Сер. Эл № ФС 77-64800 от 02.02.2016
ISSN 2499-9768 print
ISSN 2499-9776 online

Выпускающий редактор
А. В. Празукин

Корректор
О. Ю. Копытова

Технический редактор
Р. Г. Геворгиз

Компьютерная вёрстка
А. С. Баяндин

Оригинал-макет подготовлен в пакете $\text{X}_{\text{E}}\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ (TeX Live 2015 / Debian Linux)
с использованием свободных шрифтов FreeSerif и FreeSans

Подп. к печати 12.03.2018	Формат 60×84/8	Бум. офсетная № 1	Печать офсетная
Усл.-изд. лист. — 12,1	Усл.-печ. лист. — 12	Тираж 150 экз.	Зак. № 20

Отпечатано в ООО «Колорит», ОГРН 1169204061454 от 18.11.2016
299011, г. Севастополь, ул. Ефремова, 26, кв. 38, тел.: (8692) 54-31-46, e-mail: colorit.ooo2016@yandex.ru

ISSN 2499-9768



9 772499 976005 >

Вниманию читателей!

*Зоологический институт РАН,
Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН*

*издают
научный журнал*

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

На страницах журнала публикуются обзорные и оригинальные статьи, краткие сообщения и заметки, содержащие новые данные теоретических и экспериментальных исследований в области морской экологии, материалы о закономерностях распределения животных и растительных организмов в Мировом океане, результаты комплексного изучения морских и океанических экосистем, работы в области гидрологии, гидрохимии, моликологии Мирового океана и др. Публикуются также методические разработки, материалы научных дискуссий, рецензии, исторические хроники, информация о конференциях и т. п.

- Рассчитан на экологов, океанологов, гидробиологов, радиобиологов, географов, научных работников других смежных специальностей, а также аспирантов, студентов соответствующего научного и отраслевого профиля.
- Статьи публикуются на русском и английском языках.
- Периодичность — четыре раза в год.
- Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — E38872.

***Заказать
«Морской биологический журнал»***

можно в отделе научно-технической информации ИМБИ имени А. О. Ковалевского.

Адрес: ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН», пр. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация

Тел.: +7 (8692) 54-41-10

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

*Zoological Institute, RAS,
Kovalevsky Institute of Marine
Biological Research, RAS*

*publish
scientific journal*

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

Reviews and original articles, short messages and notes, that contain new data of theoretical and experimental researches in the area of marine biology, materials about the variety of marine organisms, their populations and communities, about the patterns of distribution of animals and plants in the World Ocean, results of the comprehensive study of marine and ocean ecosystems, results of the anthropogenic impact on marine organisms and ecosystems in general are assumed to publish in the Marine Biological Journal.

- The journal is designated for biologists, hydrobiologists, ecologists, radiobiologists, biophysicists, oceanographers, geographers, for scientists of other related specialties, for students of relevant scientific profiles.
- The articles are published in Russian and English.
- The journal is published four times a year.
- The subscription index in the “Russian Press” catalogue is E38872.

***You may order
Marine Biological Journal***

in the Department of Scientific and Technical Information of IMBR.

Address: Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Nakhimov avenue, 2, Sevastopol, 299011, Russian Federation

Тел.: +7 (8692) 54-41-10

E-mail: mbj@imbr-ras.ru