

УДК 593.8:574.5(262.81)  
DOI: 10.7868/S25000640220312

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ГРЕБНЕВИКОВ *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ, 1865 И *BEROE OVATA* BRUGUIÈRE, 1789 В РОССИЙСКОМ СЕКТОРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В АВГУСТЕ 2021 Г.

© 2022 г. В.Б. Ушивцев<sup>1</sup>, В.В. Саяпин<sup>2</sup>, Е.П. Олейников<sup>2</sup>, М.Л. Галактионова<sup>1</sup>

**Аннотация.** Изучено различие в сроках формирования сезонных псевдопопуляций гребневики *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 и *Beroe ovata* Bruguière, 1789 в северо-западной части Каспийского моря. В августе 2021 г. биомасса *Mnemiopsis leidyi* в условиях отсутствия *Beroe ovata* была значительно выше, чем в ноябре 2020 г. на тех же станциях отбора проб, когда в пробах присутствовали оба вида гребневики. Выявлено значительное увеличение доли крупных особей *M. leidyi*. Определен физиологический барьер для вертикального распространения желетелых, которым являлась граница термоклина, находившаяся в августе 2021 г. в исследованном районе на глубинах 20–22 м.

Применение бортового телеметрического комплекса существенно дополняет информацию об особенностях вертикального распространения организмов желетелого макрозоопланктона.

**Ключевые слова:** Каспийское море, желетелый макрозоопланктон, гребневики, термоклин, телеметрический комплекс.

### ASSESSMENT OF *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ, 1865 AND *BEROE OVATA* BRUGUIÈRE, 1789 POPULATIONS IN THE RUSSIAN SECTOR OF THE CASPIAN SEA IN AUGUST 2021

V.B. Ushitsev<sup>1</sup>, V.V. Sayapin<sup>2</sup>, E.P. Oleynikov<sup>2</sup>, M.L. Galaktionova<sup>1</sup>

**Abstract.** A difference in terms of forming seasonal pseudo-populations by ctenophores *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 and *Beroe ovata* Bruguière, 1789 in the northwestern part of the Caspian Sea is shown. In August 2021, when *Beroe ovata* had been absent, *Mnemiopsis leidyi* biomass had been considerably higher, than in November 2020 when both ctenophore species were present in samples. A significant increase in the share of large *M. leidyi* individuals was recorded. A physiological threshold of vertical distribution of jellyfish is found to coincide with a thermocline border. In August 2021, it was situated at the depths of 20–22 m.

Using an on-board telemetric complex significantly enhances the information about peculiarities of vertical distribution of jelly macrozooplankton.

**Keywords:** Caspian Sea, gelatinous macrozooplankton, ctenophores, thermocline, telemetric complex.

### ВВЕДЕНИЕ

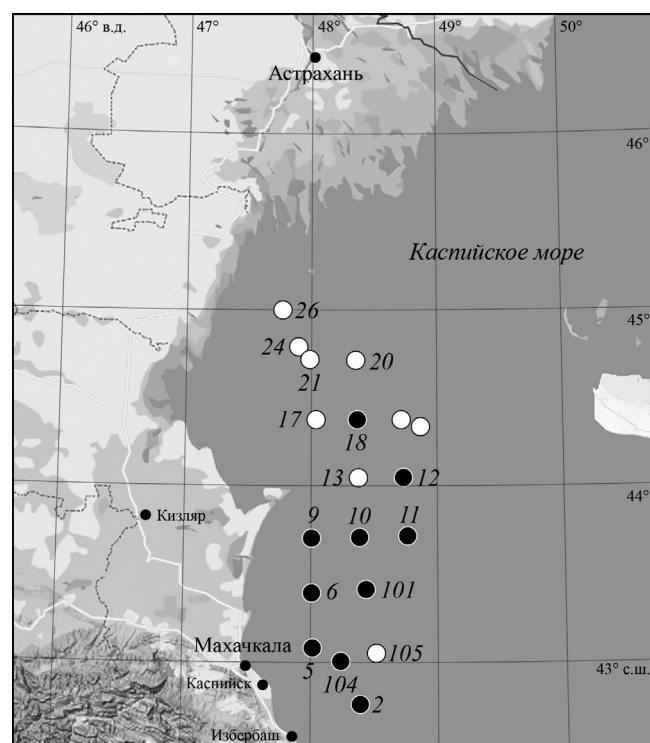
В ноябре 1998 г. в ходе экспедиции Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства в Каспийском море был обнаружен гребневик *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 – планк-

тонный хищник [1]. Уже к 2000 г. гребневик существенно подорвал кормовую базу пелагических промысловых рыб и привел в упадок промысел кильки, сельди и рыбную отрасль в целом [2; 3]. Поскольку в автохтонной биоте Каспия *M. leidyi* не имеет естественных врагов, его численность зави-

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation), Российская Федерация, 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36, e-mail: Caspy@bk.ru

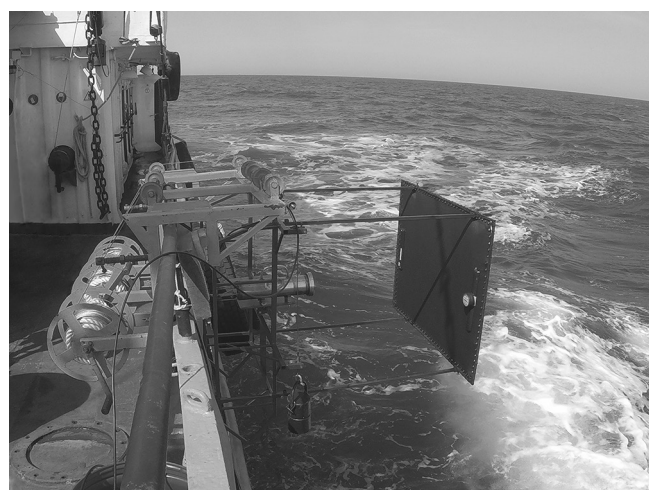
<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: gannarus75@mail.ru

села только от условий среды (температуры, солености). В ноябре 2020 г. в ходе совместной научной экспедиции Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) и Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН) в районе Махачкалы в естественной сре-



**Рис. 1.** Район исследований и расположение станций. Черные круги – станции отбора проб и станции подводных наблюдений; белые круги – станции отбора проб.

**Fig. 1.** Study area and location of stations. Black circles are sampling stations and underwater observation stations; white circles are sampling stations.



**Рис. 2.** Общий вид бортового телеметрического комплекса.

**Fig. 2.** General view of the onboard telemetry complex.

де Каспия на 10 станциях впервые был обнаружен гребневик *Beroe ovata* Bruguière, 1789, который питается практически только гребневиком *Mnemiopsis leidyi* и регулирует его численность, что является позитивным фактором для восстановления биопродуктивности моря [4].

Формирование популяций этих видов в экологических условиях Каспия – явление уникальное. Мониторинговые наблюдения за развитием их взаимоотношений имеют большой научный интерес как для фундаментальных, так и для прикладных исследований. Целью настоящей работы был поиск гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* в северо-западной части Каспийского моря. Основными задачами были изучение распространения, численности, размерного состава и биомассы гребневиков обоих видов. В частности, требуются многолетние данные по устойчивости популяции *B. ovata* в Каспийском море и его сезонным миграциям.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в ходе экспедиции ЮНЦ РАН и Каспийского филиала ИО РАН с борта научно-исследовательского судна «Денеб» в 1–2 декадах августа 2021 г. Район работ и расположение станций показаны на рисунке 1. Отбор проб желетелого макропланктона выполняли методом вертикального лова от дна до поверхности с помощью конусной сети ИКС-80 (газ № 15) с диаметром входного отверстия 80 см. На каждой станции в зависимости от погодных условий проводили 2–3 лова, полученные результаты усредняли. При отсутствии общепринятых поправочных коэффициентов [5] уловистость сети принимали за 100 %. Полученные пробы обрабатывали на борту судна в живом виде. Сырую биомассу измеряли объемным методом в мерном цилиндре или, при малом общем объеме, с помощью медицинских шприцев объемом 1–5 см<sup>3</sup>. Плотность тела гребневиков принимали за 1 г/см<sup>3</sup> [6]. Биомассу пересчитывали на кубический метр. Размер особей определяли в прозрачной кювете линейкой с точностью до 1 мм, при этом измеряли длину сферосомы до расхождения лопастей.

Параллельно с помощью бортового телеметрического комплекса (рис. 2) на станциях, где погодные условия и оптические свойства воды были приемлемыми для применения методики, осуществляли подводные наблюдения за вертикальным распределением желетелых в толще воды от дна до поверхности [4; 7]. Для этого под воду на специ-

альной системе стабилизации на заданную глубину (до 50 м) погружали платформу, оборудованную черным экраном, глубиномером, термометром, источниками освещения, телекамерой для наблюдений в режиме онлайн и видеокамерой с высоким разрешением (5К), позволяющей вести в том числе и макросъемку. После погружения платформы под воду в поле зрения наблюдателя на фоне черного экрана, обеспечивающего контрастность изображения, постоянно присутствовала часть водной толщи объемом 1 м<sup>3</sup> со всем ее содержимым. Платформу погружали на предельную глубину изучаемого столба воды, далее медленно, с остановками на определенных горизонтах поднимали на борт судна. Таким образом исследователь получал общую информацию о вертикальном распределении макропланктона в режиме онлайн в виде качественного изображения и фото- и видеоматериал высокого разрешения записи для дальнейшего анализа объектов макропланктона с одновременным наблюдением значений глубины и температуры. На каждом горизонте (0, 3, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 22, 25, 30, 35, 40 м) численность и размерный состав желтелых визуально определяли в объеме воды 5 м<sup>3</sup>. Наблюдения проводили в светлое и темное время суток. Идентифицированных особей визуально разделяли на 4 размерных группы: личинки – 1–2 мм,

мелкие – 3–4 мм, средние – 5–7 мм и крупные – 8 мм и более.

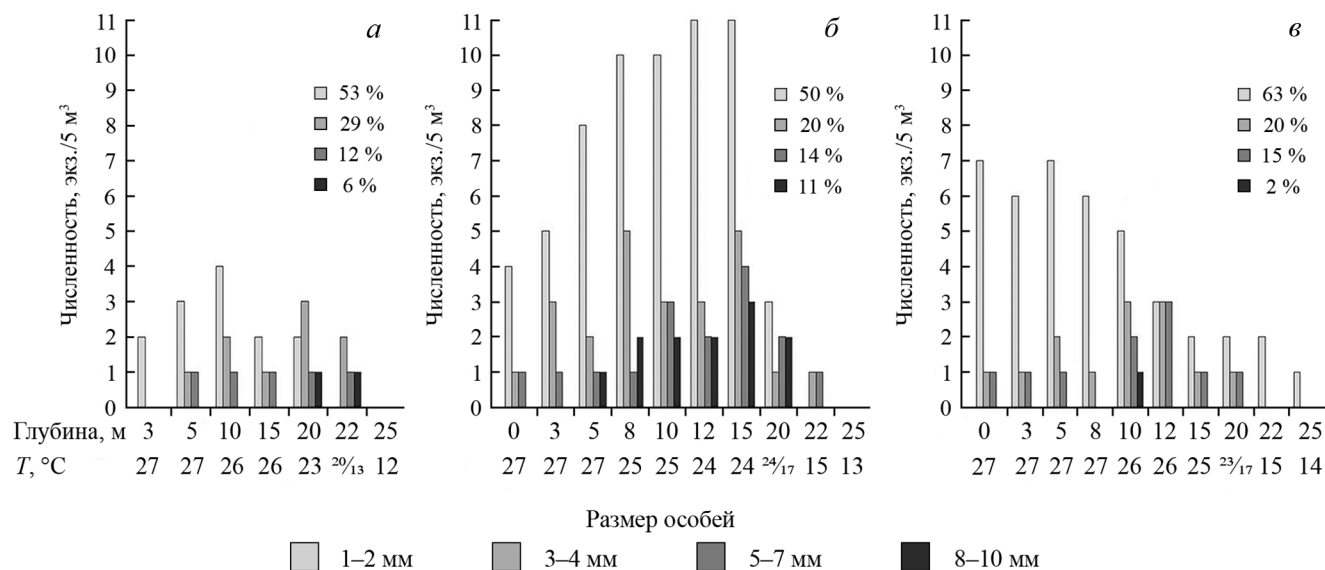
Наблюдения в режиме онлайн с разрешением видеосигнала 650 тлв по горизонтали позволяли различать особей величиной от 5 мм и более. Материалы видеозаписи с разрешением 5К (5000 пикселей по горизонтали) открыли возможность идентифицировать личинок *M. leidy* с размерами тела около 1 мм, на цидиппидной стадии развития.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На всех станциях ни в пробах конусной сети, ни в процессе подводных наблюдений онлайн и анализа видеозаписей гребневик *Beroe ovata* обнаружен не был. При обработке сетных проб желтелого макрозоопланктона были отмечены гребневик *Mnemiopsis leidy*, медузы *Moerisia pallasii* Derzhavin, 1912 и *Blackfordia virginica* Mayer, 1910, при этом два последних вида были представлены единичными экземплярами. В таблице 1 приведены данные о размерном составе особей и биомассе гребневика *M. leidy* по результатам лова конусной сетью. На рисунке 3 по данным видеонаблюдений и анализа видеоматериалов показано вертикальное распределение *M. leidy* по численности и размерному составу.

**Табл. 1.** Биомасса и размерный состав особей гребневика *Mnemiopsis leidy* в пробах конусной сети  
**Table 1.** Biomass and size composition of *Mnemiopsis leidy* in cone network samples

№ станции № of station	N	E	Биомасса, г/м <sup>3</sup> Biomass, g/m <sup>3</sup>	Размеры особей, мм Individuals length, mm
21	44°38.370'	47°58.229'	6,73	1–7
20	44°38.102'	48°18.378'	5	1–15
16(19)	44°18.455'	48°38.073'	5	1–15
18	44°18.479'	48°18.568'	1,33	1–8
17	44°18.139'	48°00.316'	14,55	1–25
13	43°58.501'	48°18.580'	10,4	1–15
11	43°38.592'	48°39.609'	0,52	1–5
10	43°38.311'	48°18.482'	–	–
9	43°38.274'	47°58.261'	18,57	1–25
6	43°19.436'	47°58.099'	4,8	1–12
5	42°59.950'	47°58.515'	единичные экземпляры single specimens	–
104	42°55.133'	48°10.397'	0,5	1–8
2	42°39.383'	48°18.241'	0,52	1–7
105	42°57.747'	48°24.947'	0,24	1–7
101	43°20.230'	48°21.148'	единичные экземпляры single specimens	–
16доп	44°16.364'	48°31.097'	–	–
24	44°42.402'	47°53.072'	–	–



**Рис. 3.** Вертикальное распределение *M. leidy*: а – станция 2; б – станция 5; в – станция 6. В процентах показана доля от общей численности.

**Fig. 3.** Vertical distribution of *M. leidy*: а – station 2; б – station 5; в – station 6. The percentage shows the share of the total number.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Сроки проведения экспедиционных работ (август 2021 г.) были запланированы на основе данных наблюдений за ходом сезонной миграции популяции гребневика *Mnemiopsis leidy* в северную часть моря [2]. Предположение о том, что в ходе сезонной миграции 2021 г. в районе исследований в августе будут присутствовать оба вида гребневиков, не подтвердилось. Предположительно, более теплолюбивый по сравнению с *Mnemiopsis leidy* гребневик *Beroe ovata* в период зимовки при температуре воды 12–15 °С испытывает более значительное сокращение численности и локально выживает в отдельных тепловодных районах Южного Каспия. Исходя из этого, можно предположить, что на восстановление численности популяции гребневику *Beroe ovata* требуется значительно больше времени, чем *Mnemiopsis leidy*, и его захода в северную часть моря следует ожидать в более поздние сроки, к началу осени. Аналогией здесь может служить ситуация в северо-восточной части Черного моря, где, согласно литературным данным [8; 9], регулярное размножение *Mnemiopsis leidy* начиналось в конце июня, достигало максимума в середине июля – середине августа, а *Beroe ovata* появлялся в июне – июле, а массово размножаться начинал в августе – начале сентября. Также косвенным подтверждением нашему предположению служит тот факт, что во время экспедиции 2020 г. *Beroe ovata*

был обнаружен в большом количестве в северной части Каспийского моря в первой декаде ноября [4].

В августе 2021 г. гребневик *Mnemiopsis leidy* был обнаружен на 14 станциях. Биомасса колебалась от 0,24 г/м<sup>3</sup> на станции 5 до 18,57 г/м<sup>3</sup> на станции 9, в среднем 4,01 г/м<sup>3</sup>. Это больше, чем в ноябре 2020 г., когда в присутствии *Beroe ovata* биомасса *Mnemiopsis leidy* в среднем по району исследования составляла 1,91 г/м<sup>3</sup> при крайних значениях от 0,18 до 15,67 г/м<sup>3</sup>. Разница биомассы на одних и тех же станциях в ноябре 2020 г. и августе 2021 г. показана на рисунке 4.

Также в ноябре 2020 г. размеры пойманных особей *Mnemiopsis leidy* были несколько меньше: максимальный размер не превышал 10 мм [4], в то время как в августе 2021 г. были отмечены особи размером до 25 мм.

В связи со штормовым волнением и высокой мутностью воды подводные исследования вертикального распределения желетелых были проведены только на 10 станциях. Наблюдения в светлое и темное время не обнаружили выраженных суточных вертикальных миграций желетелых. Физиологическим пределом вертикального распространения всех видов желетелых (гребневиков, медуз) была зона термоклина. В период исследований (первая – вторая декады августа) термоклин наблюдали на глубинах 20–22 м. Исследования под слоем скачка температур, до глубины 45 м, показали отсутствие видимых объектов желетелого планктона.

Личинки на цидиппидной стадии развития были обнаружены на всех станциях. Их численность в составе популяции составляла от 27 (станция 9) до 63 % (станция 104). Вторая размерная группа – мелкие особи (3–4 мм) – насчитывала 20–30 %. Третья группа, средние особи (5–7 мм), и четвертая, крупные особи (8–10 мм и более), составляли 15 и 10 % соответственно. Преобладание личинок и мелких особей свидетельствовало о размножении *Mnemiopsis leidyi* в районе исследований. Длина тела наиболее крупных особей, по данным видеонаблюдений, составляла около 45 мм, в пробах такие экземпляры отсутствовали.

Из особенностей поведения желтелых в толще воды отметим, что наибольшее число крупных и средних особей *Mnemiopsis leidyi* наблюдали над слоем термоклина, в зоне перемешивания водных масс на глубинах 20–22 м (рис. 3а). Кроме того, в периоды штормового волнения большая часть желтелых перемещалась с поверхностных слоев на глубины 8–15 м.

## ВЫВОДЫ

1. Отмечены существенные различия в сроках захода гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* в северную часть Каспийского моря.

2. В августе 2021 г. биомасса *Mnemiopsis leidyi* в условиях отсутствия *Beroe ovata* была в 4 раза выше, чем в ноябре 2020 г. на тех же станциях, когда в пробах присутствовали оба вида гребневиков.

3. В августе 2021 г. в размерном ряде популяции *Mnemiopsis leidyi* на фоне отсутствия *Beroe ovata* существенно увеличилось количество крупных особей.

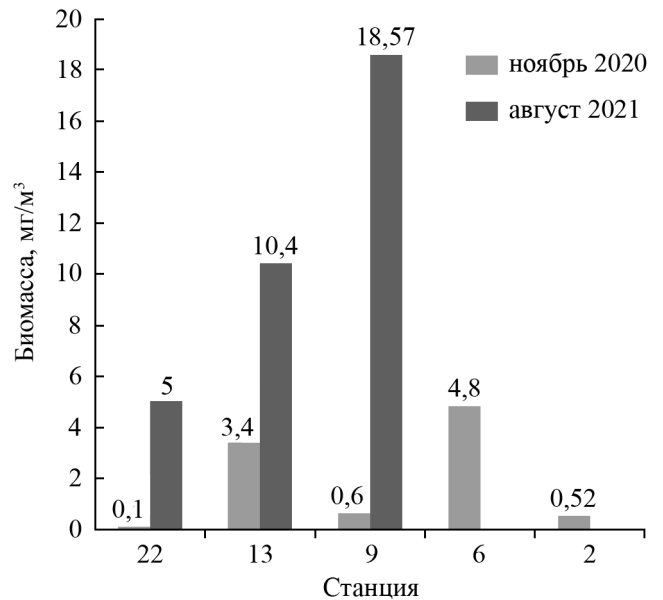


Рис. 4. Значения биомассы (г/м³) *M. leidyi* в ноябре 2020 г. и в августе 2021 г.

Fig. 4. Biomass values (g/m³) of *M. leidyi*, November 2020 and August 2021.

4. Физиологическим барьером для вертикального распространения желтелых была граница термоклина, которая в августе 2021 г. в районе исследований находилась на глубинах 20–22 м.

5. Применение бортового телеметрического комплекса позволяет получать ценную научную информацию об особенностях вертикального распространения желтелых, что существенно дополняет материалы исследований.

Исследование выполнено в рамках выполнения ГЗ ИО РАН (тема № FMWE-2021-0004) и ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А18-118122790121-5.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ivanov V.P., Kamakin A.M., Ushivtzev V.B., Shiganova T., Zhukova O., Aladin N., Wilson S.I., Harbison G.R., Dumont H.J. 2000. Invasion of the Caspian Sea by the comb jellyfish *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora). *Biological Invasions*. 2(3): 255–258. doi: 10.1023/A:1010098624728
- Камакин А.М., Студеникина Ю.Б., Степенова Л.В., Рубцова Е.Г. 2002. Сезонное распределение *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море в 2001 году. *Каспийский плавучий университет. Научный бюллетень*. 3: 42–46.
- Карпюк М.И., Катунин Д.Н., Абдусаматов А.С., Воробьева А.А., Ларцева Л.В., Камакин А.М., Ресиянский В.В., Абдулмеджидов А.А. 2004. Результаты исследований по оценке влияния *Mnemiopsis leidyi* на экосистему Каспийского моря и разработка биотехнических основ возможного все-

ления *Beroe ovata* для биоконтроля популяции мнемипсиса. В кн.: *Труды КаспНИРХа. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 г.* Астрахань, КаспНИРХ: 165–183.

- Саяпин В.В., Ушивцев В.Б., Олейников Е.П., Досаев Ф.Г. 2021. Гребневик *Beroe ovata* Bruguière 1789 – новый вселенец в экосистеме Каспийского моря. *Океанология*. 61(5): 753–758. doi: 10.31857/S0030157421050129
- Weisse T., Gomoiu M.-T., Scheffel U., Brodrecht F. 2002. Biomass and size composition of the comb jelly *Mnemiopsis* sp. in the north-western Black Sea during spring 1997 and summer 1995. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 54(3): 423–437. doi: 10.1006/ecss.2000.0656
- Purcell J.E. 1988. Quantification of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Lobata) from formalin-preserved plankton samples. *Marine Ecology Progress Series*. 45: 197–200.

7. Камакин А.М., Ушивцев В.Б., Николаев Г.Ю. 2004. Вертикальное распространение популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море. В кн.: *Труды КаспНИРХа. Рыболовственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 г.* Астрахань, КаспНИРХ: 191–198.
8. Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Виноградов Г.М., Мусаева Э.И., Лукашева Т.А., Засько Д.Н., Анохина Л.Л., Сивкович А.Е. 2005. Мониторинг пелагических сообществ северо-восточной части Черного моря в 2004 г.: макро- и мезопланктон. *Океанология*. 45(3): 381–392.
9. Виноградов М.Е., Виноградов Г.М., Лебедева Л.П., Лукашева Т.А., Засько Д.Н. 2006. Состояние популяций гребневиков северо-восточной части Черного моря в 2005. *Океанология*. 46(3): 406–414.
4. Sayapin V.V., Ushivtsev V.B., Oleynikov E.P., Dosaev F.G. 2021. The Ctenophore, *Beroe ovata* Bruguière, 1789 – the new invader in the ecosystem of the Caspian Sea. *Oceanology*. 61(5): 662–667. doi: 10.1134/S000143702105012X
5. Weisse T., Gomoiu M.-T., Scheffel U., Brodrecht F. 2002. Biomass and size composition of the comb jelly *Mnemiopsis* sp. in the north-western Black Sea during spring 1997 and summer 1995. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 54(3): 423–437. doi: 10.1006/ecss.2000.0656
6. Purcell J.E. 1988. Quantification of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Lobata) from formalin-preserved plankton samples. *Marine Ecology Progress Series*. 45: 197–200.
7. Kamakin A.M., Ushivtsev V.B., Nikolaev G.Yu. 2004. [Vertical distribution of the population of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea]. In: *Trudy KaspNIRKha. Rybokhozyaystvennyye issledovaniya na Kaspii: Rezul'taty NIR za 2003 g.* [Proceedings of the Caspian Research Institute of Fisheries. *Fishery Research in the Caspian Sea: Research Results for 2003*]. Astrakhan, Caspian Research Institute of Fisheries: 191–198. (In Russian).
8. Vinogradov M.E., Lebedeva L.P., Vinogradov G.M., Musaeva E.I., Lukasheva T.A., Zasko D.N., Anokhina L.L., Sivkovich A.E. 2005. Monitoring of the pelagic communities of the northeastern part of the Black Sea in 2004: macro- and mesoplankton. *Oceanology*. 45(3): 356–367.
9. Vinogradov M.E., Vinogradov G.M., Lebedeva L.P., Lukasheva T.A., Zas'ko D.N. 2006. Patterns of ctenophore populations in the northeastern part of the Black Sea in 2005. *Oceanology*. 46(3): 376–384. doi: 10.1134/S000143700603009X

## REFERENCES

1. Ivanov V.P., Kamakin A.M., Ushivtsev V.B., Shiganova T., Zhukova O., Aladin N., Wilson S.I., Harbison G.R., Dumont H.J. 2000. Invasion of the Caspian Sea by the comb jellyfish *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora). *Biological Invasions*. 2(3): 255–258. doi: 10.1023/A:1010098624728
2. Kamakin A.M., Studenikina Yu.B., Stepenova L.V., Rubtsova E.G. 2002. [Seasonal distribution of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea in 2001]. *Kaspiyskiy plavuchiy universitet. Nauchnyy byulleten'*. 3: 42–46. (In Russian).
3. Karpyuk M.I., Katunin D.N., Abdusamadov A.S., Vorob'eva A.A., Lartseva L.V., Kamakin A.M., Resiyanskiy V.V., Abdulmedzhidov A.A. 2004. [Results of studies on the assessment of the impact of *Mnemiopsis leidyi* on the ecosystem of the Caspian Sea and the development of biotechnical bases for the possible introduction of *Beroe ovata* for the biocontrol of the *Mnemiopsis* population]. In: *Trudy KaspNIRKha. Rybokhozyaystvennyye issledovaniya na Kaspii:*

Поступила 23.05.2022

Подписано к печати 31.08.2022. Дата выхода в свет 30.09.2022.

Формат 60×88 $\frac{1}{8}$

Цифровая печать. Усл. печ. л. 13,48. Тираж 200 экз. Зак. № 31. Цена свободная

Учредители: Российская академия наук,

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук

Издатель: ФГБУ «Издательство «Наука», 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-77891 от 19 февраля 2020 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

16+

Отпечатано в ФГБУ «Издательство «Наука» (Типография «Наука»), 121099, Москва, Шубинский пер., 6