

УДК 593.8:574.5(262.81)

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ГРЕБНЕВИКОВ *MNEMIOPSIS LEIDYI* AGASSIZ, 1865 И *BEROE OVATA* BRUGUIERE, 1789 В ВОДАХ ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА СЕВЕРНОГО И СРЕДНЕГО КАСПИЯ В АВГУСТЕ–СЕНТЯБРЕ 2022 г.

© 2023 г. В. Б. Ушивцев^{1, *}, В. В. Саяпин^{2, **}, Е. П. Олейников^{2, **},
М. Л. Галактионова^{1, *}, С. А. Котеньков^{1, *}

¹Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, Россия

²Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

*e-mail: caspy@bk.ru

**e-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru

Поступила в редакцию 12.01.2023 г.

После доработки 10.04.2023 г.

Принята к публикации 16.08.2023 г.

Широтное распространение гребневи́ков *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 и *Beroe ovata* Bruguière, 1789 в российском секторе Каспийского моря имеет различные границы их ареалов. Исследования распространения гребневи́ков в толще воды показали температурный предел их вертикального распространения, характерный для каждого вида. Исследования взаимоотношений гребневи́ков показали существенное подавление численности (особенно мелких особей) *M. leidyi* со стороны *B. ovata*.

Ключевые слова: Каспийское море. Гребневи́ки *M. leidyi* и *B. ovata*. Распространение, биомасса, численность, размерный состав, термоклин, телеметрия

DOI: 10.31857/S0030157423060151, **EDN:** QSTMXW

ВВЕДЕНИЕ

В ноябре 1998 г. учеными КаспНИРХа в Каспийском море впервые был обнаружен гребневи́к *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 — планктонный хищник [7]. Исследования тех лет показали, что, поскольку *Mnemiopsis leidyi* не имел естественных врагов в биоте Каспия, его численность регулировалась только условиями среды (температурой и соленостью). Через 2 года гребневи́к подорвал кормовую базу пелагических промысловых рыб и привел в упадок морскую рыбодобычу [1, 3].

В ноябре 2020 г. в ходе научной экспедиции ЮНЦ РАН и ИОРАН в Каспийском море в районе Махачкалы впервые был обнаружен гребневи́к *Beroe ovata* Bruguière, 1789 [4]. Этот гребневи́к, в сущности, является первым и прямым врагом гребневи́ка *Mnemiopsis leidyi*, т.к. питается, практически, только этим видом желетелых и оперативно регулирует их численность. Несмотря на чужеродность происхождения, появление берое в биоте Каспия явление потенциально позитивное для биопродуктивности моря.

Изучение видового, размерного состава, численности и вертикального распространения желетелых в биоте Каспия дистанционными, визу-

альными методами было начато учеными КаспНИРХа в 2003–2004 годах [2]. Оригинальный методический подход и испытания экспериментальных технических средств того времени, позволили получить информацию об особенностях распределения гребневи́ков в толще воды и определить их нижнюю границу распространения. В 2018–2022 гг. разработка этой методологии была продолжена Каспийским филиалом ИОРАН. На основе современных технических средств был изготовлен экспериментальный подводный телеметрический комплекс разработан регламент методики работ. Материалы испытаний показали, что методика позволяет получить качественные и количественные данные, которые существенно дополняют классические методы исследований [4, 5]. В настоящей статье представлены материалы исследований состояния популяций гребневи́ков в российском секторе моря, полученные в августе–сентябре 2022 г. в ходе совместной экспедиции ЮНЦ РАН и ИО РАН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали с борта НИС ПТР “Денеб” в последней декаде августа–первой декаде сен-

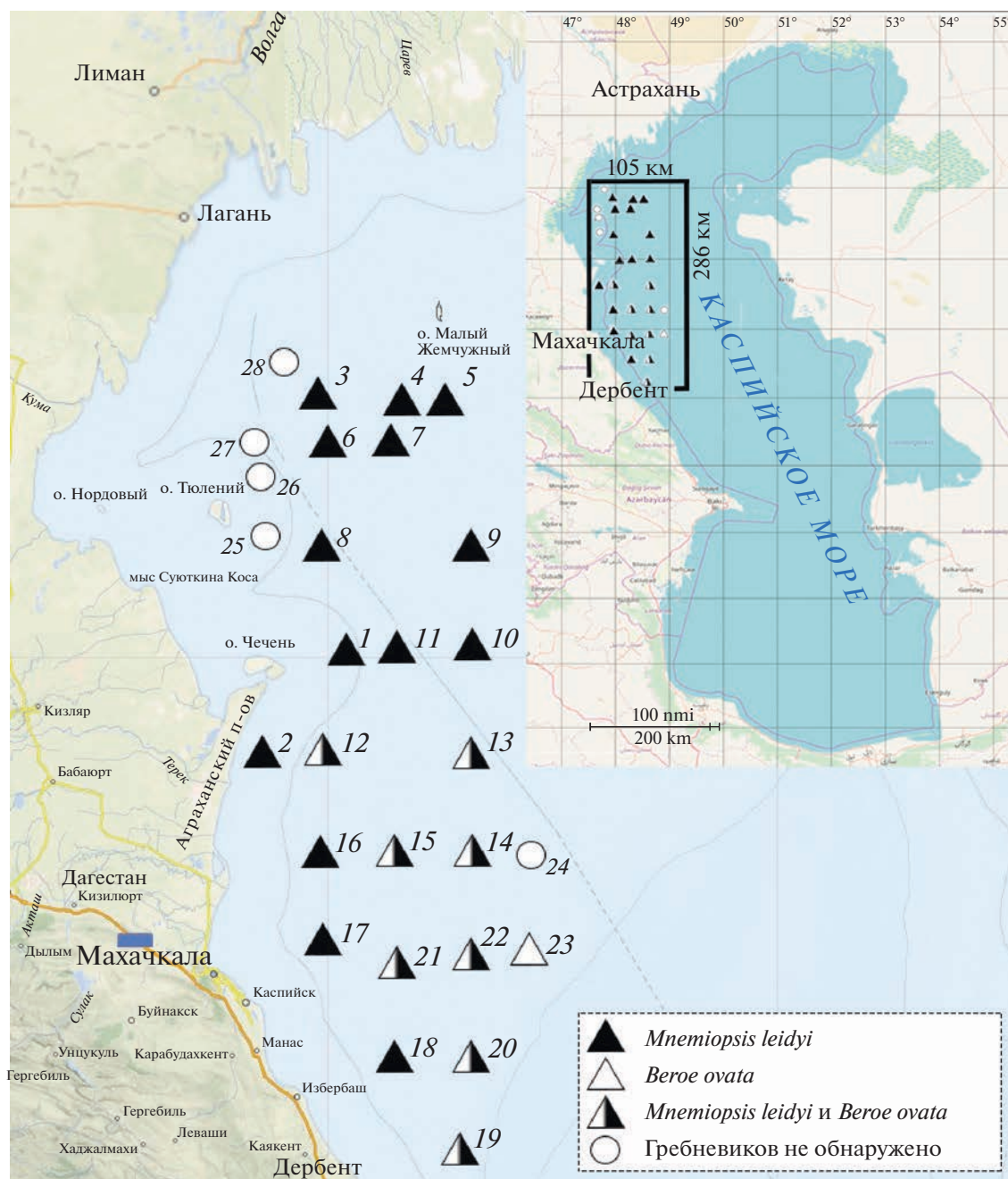


Рис. 1. Распространение гребневиков в районе исследований.

тября 2022 г. Район работ и расположение станций показаны на рисунке (рис. 1). Отбор проб гребневиков выполняли методом вертикальных ловов от дна до поверхности с помощью конусной сети ИКС–80 (размер ячеи 500–512 мкм) с диаметром входного отверстия 80 см. На станции, в зависимости от погодных условий, проводили 2–3 лова, полученные результаты усредняли. Уловистость сети принимали за 100%. Полученные пробы обрабатывали на борту судна в живом

виде. Сырую биомассу гребневиков измеряли объемным методом в мерном цилиндре или, при малом общем объеме, с помощью медицинских шприцов емкостью 1–5 см³. Плотность тела гребневиков принимали за 1 г/см³ [8]. Биомассу пересчитывали на кубический метр. Размер особей определяли в прозрачной кювете линейкой, с точностью до 1 мм.

Параллельно, с сетным ловом гребневиков, на станциях, где оптические свойства воды и погод-

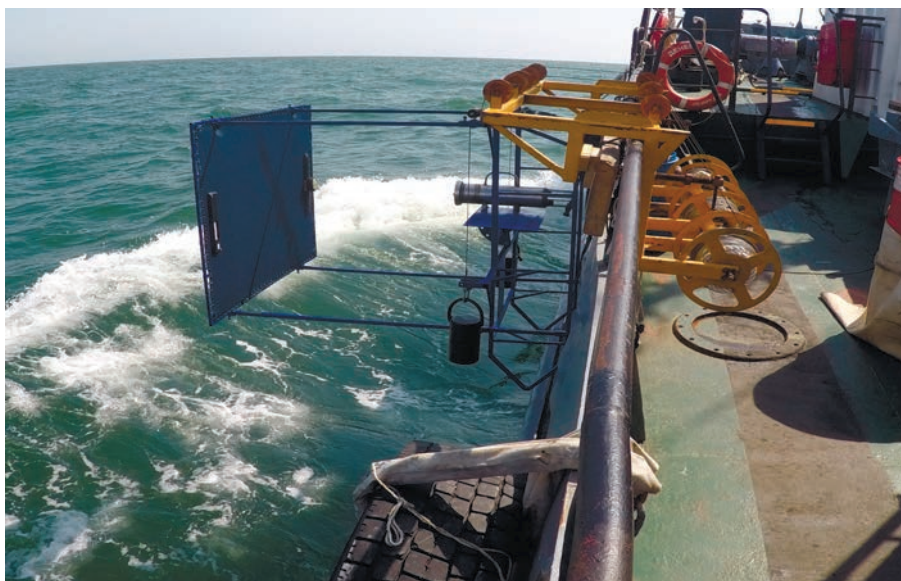


Рис. 2. Общий вид бортового телеметрического комплекса.

ные условия позволяли применить методику, изучали их численность, видовой, размерный состав и вертикальное распространение методом подводной телеметрии [2, 4], (рис. 2). Станция исследований выполнялась по следующему регламенту. Через 15 мин после постановки судна на якорь под воду, на специальной системе стабилизации погружали платформу, оборудованную: черным экраном, глубиномером, термометром, источниками освещения, телекамерой для наблюдений в режиме онлайн и фото-видеокамерой с высоким разрешением записи (5К). После погружения платформы в поле зрения наблюдателя, на фоне черного экрана, обеспечивающего контрастность изображения, постоянно находилась часть водной толщи, объемом 0.25 м^3 со всем его содержимым (рис. 3, 4). Платформу погружали на предельную глубину изучаемого столба воды, далее, медленно с остановками на заданных горизонтах, поднимали на борт судна. Таким образом, получали общую информацию вертикального распространения макропланктона в виде качественного телевизионного изображения, и фото-видеоматериал высокого разрешения записи для дальнейшего, в т.ч. и количественного анализа объектов макропланктона на фоне глубины и температуры. На каждом горизонте (0, 3, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 22, 25, 30 м) численность и размерный состав гребневиков визуально определяли в объеме воды 3 м^3 , для этого, в зависимости от скорости течения рассчитывали экспозицию. Скорость течения на горизонте определяли путем трехкратного измерения времени прохождения на фоне черного экрана шириной 1 м представителей планктона. Для этого, при вхождении в поле

экрана гребневика, либо другого контрольного объекта включался секундомер, а при выходе из поля выключается. Усредненные данные трех замеров ложились в основу расчета средней скорости течения. Для получения данных о видовом, размерном и количественном составе гребневиков в объеме воды 3 м^3 анализировали фото-видеоматериал 12 погонных метров полученного изображения. Полученные данные пересчитывали на 1 м^3 . Наблюдения проводили в светлое и темное время суток. Идентифицированных особей визуально разбивали на 3 размерных группы: мелкие — 1–3 мм; средние — 4–5 мм; крупные — 6 мм и более. Всего было выполнено 10 станций (табл. 2).



Рис. 3. Гребневики мнемипсисы на фоне экрана на глубине 15 м.

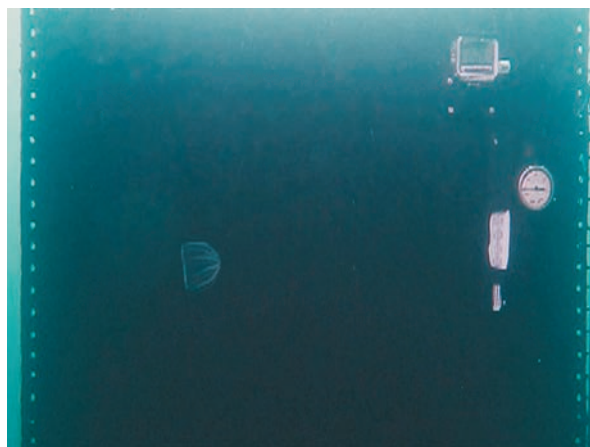


Рис. 4. Гребневик берое на фоне экрана на глубине 3 м.

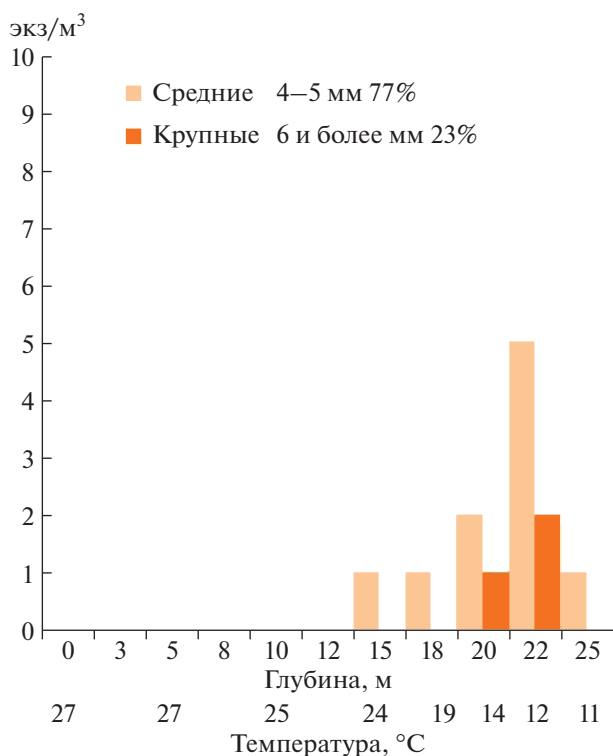


Рис. 5. Вертикальное распространение разноразмерных особей мнемииопсиса на станции 19 по данным телеметрии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из 28 станций, где проведены исследования, гребневик *Mnemiopsis leidyi* был обнаружен на 22 станциях, *Beroe ovata* — на 7 станциях. В табл. 1 представлены сведения о размерном составе особей и биомассе проб гребневиков по результатам лова конусной сетью. На рисунках 5–13 показано вертикальное распространение, численность и размерный состав гребневиков по данным подводной телеметрии.

Сроки проведения экспедиционных работ были запланированы на сентябрь 2022 г. Решение было принято на основе данных наблюдений 2020–2021 гг. за ходом сезонной миграции популяции гребневиков *M. leidyi* и *B. ovata* в северную часть моря [5]. Предположение о том, что в сезонной миграции 2022 года в исследуемом районе в сентябре будут присутствовать оба вида гребневиков, подтвердилось. В ходе исследований прибрежных вод (12 мильная зона) северной части района (авандельта Волги — Аграханский полуостров) единственным обнаруженным представителем желетелых были *M. leidyi*, встреченные на двух станциях (ст. 1 и 2), большинство особей имели размеры 3–5 мм (рис. 1, табл. 1).

Основная акватория исследовательского района располагалась восточнее (за пределами 12 мильной зоны) и простиралась в меридиональном направлении, более чем на 300 км, от о-ва Малый Жемчужный и до траверса г. Дербент. Первые особи *Beroe ovata* были обнаружены на станциях 14 и 15. Здесь, по результатам лова в пробах были единичные экземпляры, представленные в основном молодью (табл. 1). Далее на юг количество и размерный состав берое свидетельствовали о формировании полноценной популяции. Общая картина распространения желетелых в районе показана на рисунке 1. Размерный состав берое находился в диапазоне 1–32 мм, при этом крупных экземпляров было крайне мало, основу численности составляли мелкие (1–5 мм) особи, что свидетельствовало о размножении.

Численность и биомасса *M. leidyi*, на тех станциях, где присутствовал *B. ovata*, существенно снижалась (табл. 1, 2). Подобная картина в этом районе наблюдалась и в ноябре 2020 г. [4], (рис. 14).

По результатам наблюдений 2020–22 гг. можно считать, что время захода *B. ovata* в российский сектор моря приходится на конец августа–начало сентября. В первой половине ноября 2020 г. северная граница его распространения проходила по оконечности Аграханского полуострова [4]. В период настоящих исследований (начало сентября) *B. ovata* был обнаружен значительно южнее на траверсе г. Сулак (рис. 1).

О том, что в период с сентября по ноябрь популяция берое в российском секторе моря существенно увеличивается, свидетельствует сравнительный анализ проб его биомассы. Если в сентябре 2022 г. средняя биомасса берое по району составляла 0.015 г/м^3 , то в ноябре 2020 г. она составляла 0.377 мг/м^3 , что больше в 25 раз. О развитии популяции берое свидетельствует и размерный состав особей в сетных пробах. Если в сентябре 2022 г. размер большинства особей составлял 1–5 мм, то в ноябре 2020 г. — 2–20 мм [4, 5].

По результатам телеметрии вертикальное распространение обоих видов гребневиков ограни-

Таблица 1. Биомасса и размерный состав особей гребневику *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* в пробах конусной сети

№ станции	Глубина (м)	<i>M. leidyi</i>			<i>B. ovata</i>		
		биомасса, г/м ³	размеры (мм)		биомасса, г/м ³	размеры (мм)	
			диапазон	доминирующие (%)		диапазон	доминирующие (%)
1	5.0	7.46	1–7	3–5 (80.2)			
2	5.0	20.73	1–10	3–5 (76.1)			
3	4.5	<0.001	1–4	1–2 (75.0)			
4	3.5	33.6	3–15	5–7 (78.3)			
5	4.0	32.57	2–30	2–5 (92.4)			
6	5.0	10.8	2–20	2–5 (85.3)			
7	5.0	8.25	2–20	2–5 (90.7)			
8	10.0	6.11	2–22	2–5 (83.8)			
9	14.5	6.00	1–22	1–3 (81.2)			
10	22.5	8.42	1–28	1–2 (92.0)			
11	17.5	11.5	2–40	2–5 (86.0)			
12	27.0	29.75	2–22	2–4 (77.5)			
13	33.0	7.80	2–50	2–5 (85.3)			
14	50.0	4.45	2–45	2–5 (70.5)	<0.001	1 экз. (4)	
15	34.0	3.87	6–36	8–12 (63.0)	<0.001	3–10	3–6 (83.3)
16	22.5	13.8	6–24	8–14 (82.5)			
17	27.0	6.64	1–30	1–3 (81.6)			
18	48.0	7.43	1–30	1–3 (72.3)			
19	78.0	0.014	2–20	2–6 (57.6)	0.014	1–18	1–8 (84.6)
		0.33	2–40	8–12 (57.9)	0.067	1–24	1–3 (77.8)
20	67.0	0.003	1–2	1–2 (57.1)	0.073	1–20	1–3 (70.0)
21	47.0	0.005	2 экз. (12; 22)		0.25	1–22	1–3 (72.9)
22	54.0	0.157	2–20 (56.9)	10–12	0.0039	1–32	1–2 (76.2)
23	60.0	0			0.0031	1–12	1–2 (61.8)

Таблица 2. Численность и размерный состав *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* в столбе воды по данным телеметрии

Станция	<i>M. leidyi</i> (мм)				<i>B. ovata</i> (мм)			
	1–3	4–5	6 и >	всего	1–3	4–5	6 и >	всего
8	22	35	19	76				
9	25	39	17	81				
10	39	47	26	112				
11	60	64	55	179				
12	134	110	79	323				
13	69	64	45	178				
15	103	105	52	260	8	12	9	29
21	5	15	21	41	57	90	45	192
19		3	10	13	10	13	6	29
22	5	6	21	32	6	7	4	17

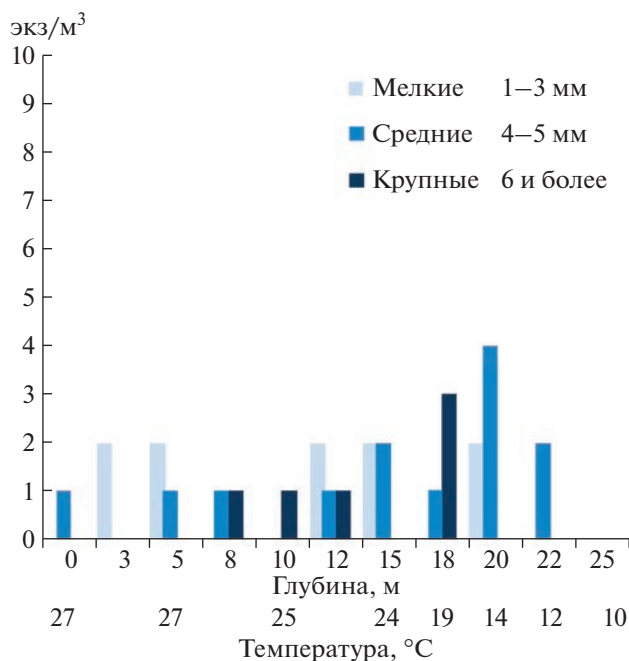


Рис. 6. Вертикальное распространение разноразмерных особей берое на станции 19 по данным телеметрии.

чивалось температурой воды на глубинах 20–30 м. Для большинства особей берое предельным порогом была температура 12–13°C на глубине 20–22 м, (рис. 6, 9, 10). Для мнемипсиса температурный предел находился в диапазоне 10–11°C. Такие воды залегали под слоем термоклина на глубинах 25–30 м (рис. 5, 8, 10).

Особый интерес представляла общая картина вертикального распространения *M. leidy* и *B. ovata*. Как известно, мнемипсис является более эвритермным по сравнению с теплолюбивым берое [6]. Это экологическое преимущество успешно использовалось мнемипсисом в борьбе за живучесть, и на станциях, где присутствовал берое, мнемипсис образовывал скопления под слоем термоклина при температуре 10–12°C, куда теплолюбивый берое не заходил, при этом основу скопления представляли крупные особи. Такая картина наблюдалась практически на всех станциях, где присутствовали оба вида гребневиков (рис. 7, 10). Наиболее ярко подобное поведение наблюдали на станции 15 (рис. 13). Следует заметить, что в 2021 г. на этой же станции в условиях отсутствия берое граница вертикального распространения мнемипсиса ограничивалась температурой 15–16°C [5].

О том, что берое существенно подавляет численность мнемипсиса, свидетельствуют наблюдения на станциях 15, 21, 19, расположенных в направлении с севера на юг по пути миграции берое (рис. 1).

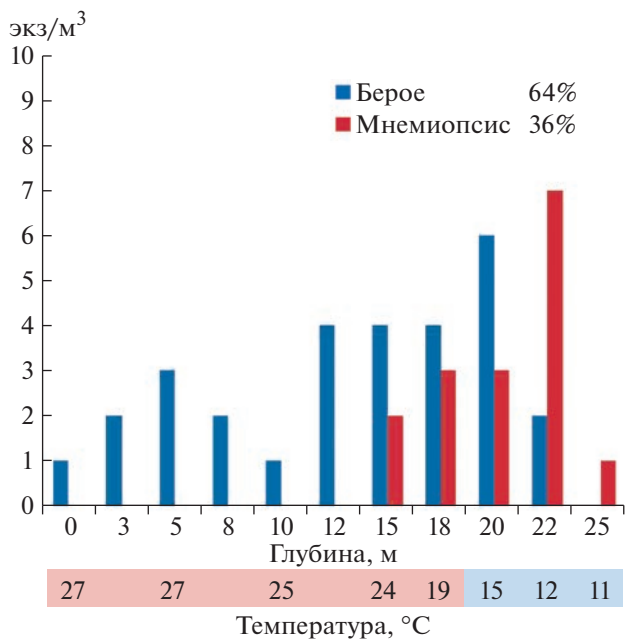


Рис. 7. Вертикальное распределение общей численности мнемипсиса и берое на станции 19 по данным телеметрии.

На станции 15 был обнаружен фронт захода популяции берое в скопление мнемипсиса. Здесь, на фоне небольшого числа берое (рис. 12), в вертикальном разрезе было обнаружено обильное скопление мнемипсиса, представленное боль-

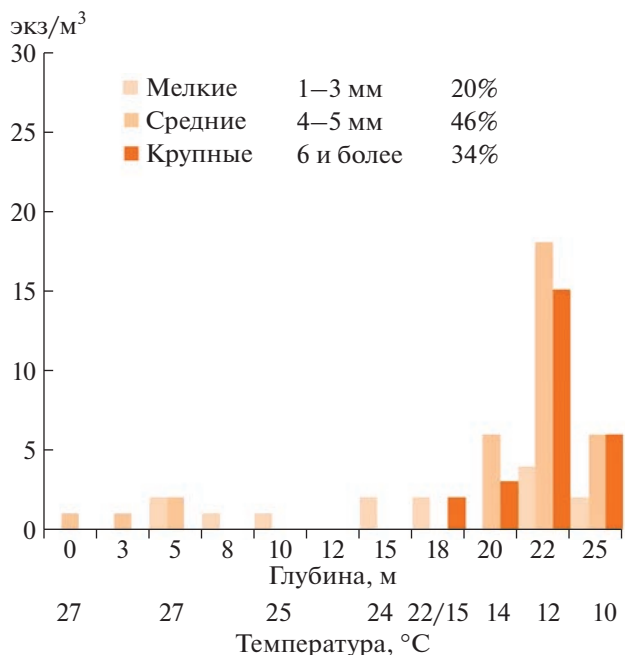


Рис. 8. Вертикальное распространение разноразмерных особей мнемипсиса на станции 21 по данным телеметрии.

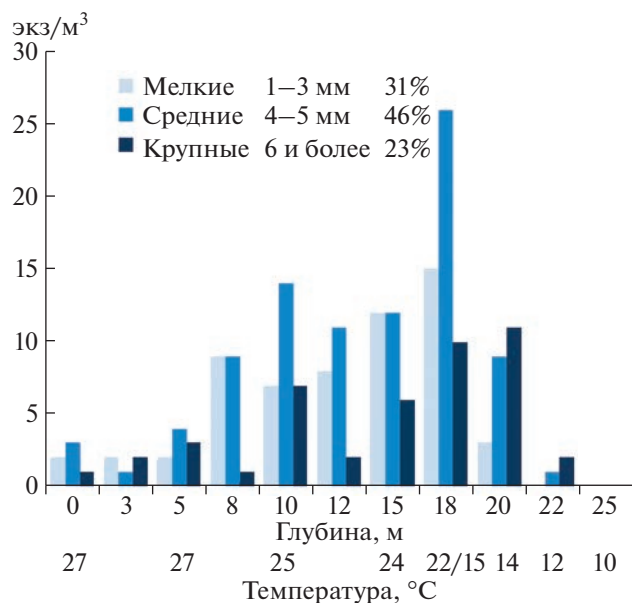


Рис. 9. Вертикальное распространение разноразмерных особей берое на станции 21 по данным телеметрии.

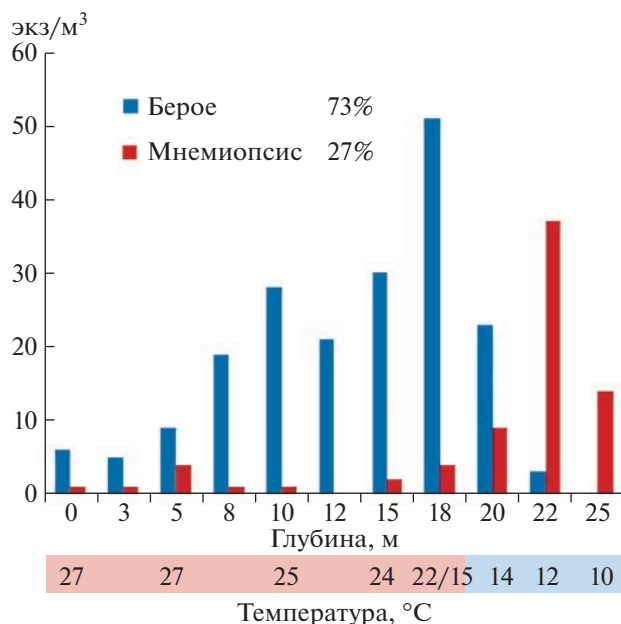


Рис. 10. Вертикальное распределение общей численности мнемипсиса и берое на станции 21 по данным телеметрии.

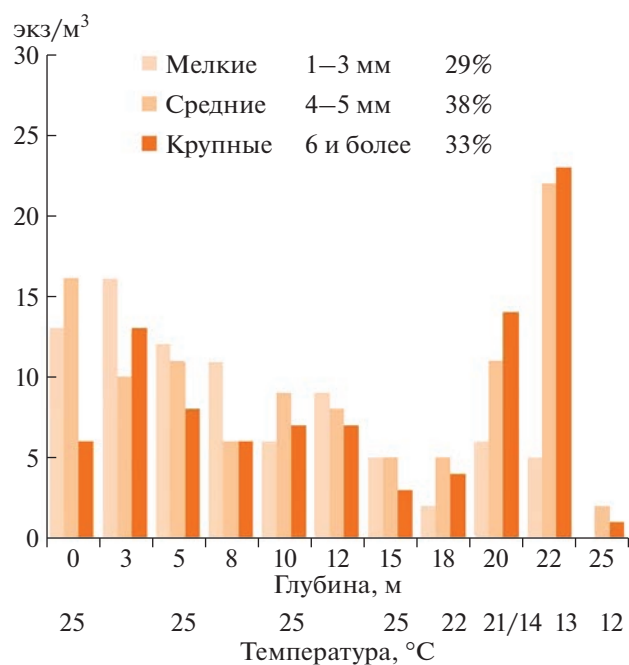


Рис. 11. Вертикальное распространение разноразмерных особей мнемипсиса на станции 15 по данным телеметрии.

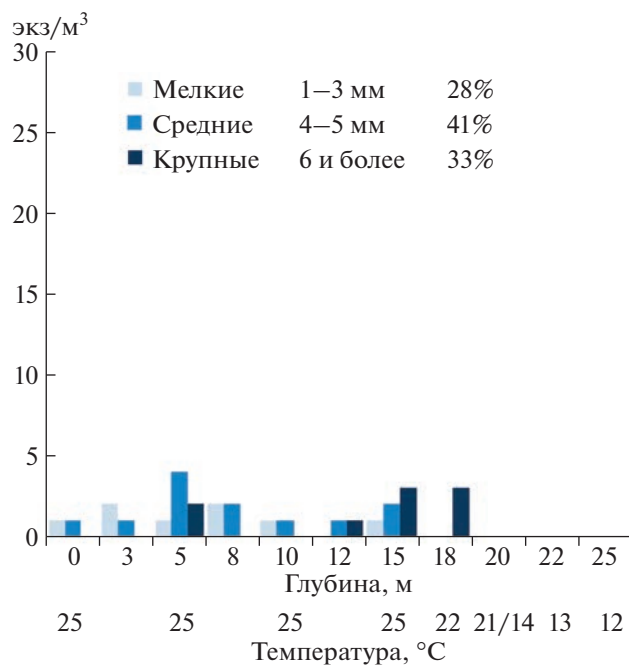


Рис. 12. Вертикальное распространение разноразмерных особей берое на станции 15 по данным телеметрии.

шей частью мелкими и средними особями, что свидетельствовало о размножении (рис. 11, табл. 2).

Южнее, на станции 21, количество берое существенно увеличилось, причем, в размерном соста-

ве стали доминировать мелкие и средние особи, что свидетельствовало о размножении (рис. 9, табл. 2). Мнемипсис в столбе воды встречался единично, при этом большая часть его скопления была обнаружена под термоклином (рис. 10).

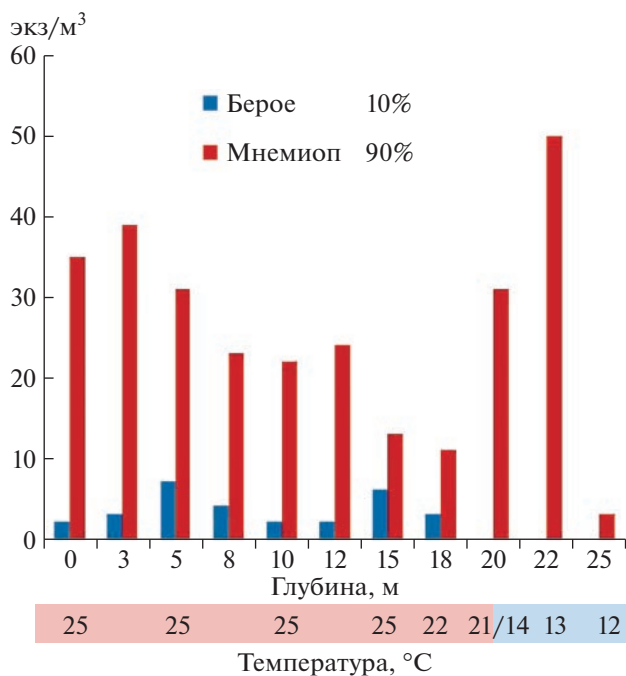


Рис. 13. Вертикальное распределение общей численности мнемииопсиса и берое на станции 15 по данным телеметрии.

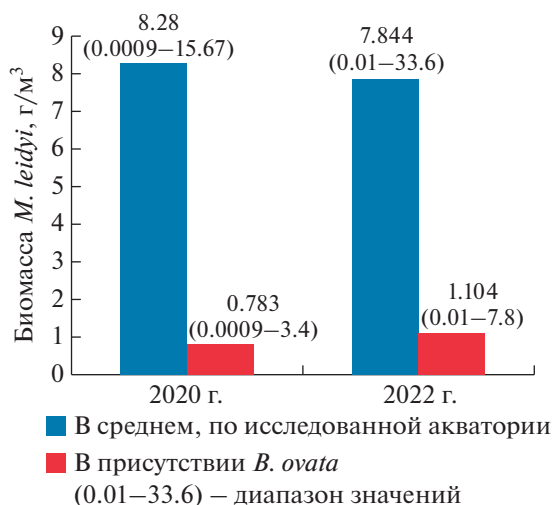


Рис. 14. Биомасса *M. leidy*, по исследованной акватории, в присутствии и отсутствии *B. ovata*, по данным 2020 и 2022 гг.

В размерном составе мнемииопсиса существенно снизилась доля мелких и средних особей (рис. 8, табл. 2).

На самой южной станции № 19 общее количество гребневиков было невысоким. Здесь, в столбе воды от поверхности до термоклина на фоне небольшой численности берое, мнемииопсис отсутствовал. Его скопление было обнаружено под термоклином, при этом мелкие особи отсутствовали (рис. 5, табл. 2).

Размер особей *Beroe ovata* в российском секторе Каспийского моря ограничивался 30–35 мм, *Mnemiopsis leidy* несколько крупнее 40–50 мм. Это различие сказывалось на особенностях питания берое, который, в первую очередь, выедал мелких и средних особей мнемииопсиса (табл. 2).

ВЫВОДЫ

1. В ходе сезонной миграции 2022 г заход гребневика *Beroe ovata* в российский сектор моря был отмечен в первой декаде сентября.
2. Вертикальное распространение гребневиков ограничивается температурой воды. Для *Mnemiopsis leidy* физиологический предел находится в диапазоне 10–11°C, для *Beroe ovata* – 12–13°C.
3. Гребневик *Beroe ovata* существенно подавляет гребневика *Mnemiopsis leidy*, о чем свидетельствуют численность и биомасса последнего.
4. Гребневик *Mnemiopsis leidy* в процессе борьбы за живучесть образует скопления под слоем термоклина при температуре воды 10–11°C, куда теплолюбивый гребневик *Beroe ovata* не заходит, при этом основу скопления представляют крупные особи.
5. В процессе питания гребневик *Beroe ovata* в большей степени выедает мелких и средних особей мнемииопсиса.

Таким образом, в Каспийском море нашел свою экологическую нишу гребневик *Beroe ovata*, о чем свидетельствуют трехлетний стаж его обитания в биоте, численность и структура популяции. Берое, активно подавляя численность мнемииопсиса, будет способствовать оздоровлению экосистемы моря. Метод подводной телеметрии для изучения вертикального распространения гребневиков существенно дополняет метод сетевого лова.

Источники финансирования. Исследования выполнены в рамках Госзаданий: ГЗ ИО РАН № FMWE-2021 0004, методом подводной телеметрии и ГЗ ЮНЦ РАН, № госрегистрации 122011900153-9, методом отбора проб с помощью планктонных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камакин А.М., Студеникина Ю.Б., Степенова Л.В., Рубцова Е.Г. Сезонное распределение *Mnemiopsis leidy* в Каспийском море в 2001 году // Науч. бюл. Каспийского Плавучего ун-та. 2002. Вып. 3. С. 42–46.
2. Камакин А.М., Ушивцев В.Б. и др. Вертикальное распространение популяции гребневика *Mnemiopsis leidy* в Каспийском море // Тр. КаспНИРХа. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003г. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2004. С. 191–198.
3. Карпюк М.И., Катунин Д.Н. и др. Результаты исследований по оценке влияния *Mnemiopsis leidy* на

- экосистему Каспийского моря и разработка биотехнических основ возможного вселения *Beroe ovata* для биоконтроля популяции мнемипсиса // Тр. КаспНИРХа. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 г. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2004. С. 165–183.
4. Саяпин В.В., Ушивцев В.Б., Олейников Е.П., Досаев Ф.Г. Гребневик *Beroe ovata* (Bruguiere 1789) – новый вселенец в экосистеме Каспийского моря // Океанология. 2021. Т. 61. № 5. С. 753–758.
 5. Ушивцев В.Б., Саяпин В.В., Олейников Е.П., Галактионова М.Л. Оценка состояния популяций гребневигов *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 и *Beroe ovata* Bruguiere, 1789 в российском секторе Каспийского моря в августе 2021 г. // Наука юга России. 2022. Т. 18. № 3. С. 105–110.
 6. Лебедева Л.П., Шушкина Э.А., Виноградов М.Е. и др. Многолетняя трансформация структуры мезозoopланктона северо-восточного побережья Черного моря под воздействием гребневигов–вселенцев // Океанология. 2003. Т. 43. № 5. С. 710–715.
 7. Ivanov V.P., Kamakin A.M., Ushivtsev V.B., et al. Simultaneous invasion of the Caspian Sea by two jellies *Mnemiopsis* and *Aurelia* // J. of Invasion In: “Biological Invasions”. 2000. Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands. 2. P. 255–258.
 8. Purcell J.E. Quantification of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Lobata) from formalin-preserved plankton samples // Marine Ecology Progress series. 1988. V. 45. № 1/2. P. 197–200.

Population Status of the Ctenophores *Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1865 and *Beroe ovata* Bruguiere, 1789 in the Waters of the North and Middle Caspian Western Shelf in August–September, 2022

V. B. Ushivtsev^{a, #}, V. V. Sayapin^{b, ##}, E. P. Oleynikov^{b, ##}, M. L. Galaktionova^{a, #}, S. A. Kotenkov^{a, #}

^a*P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

^b*Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia*

[#]*e-mail: caspy@bk.ru*

^{##}*e-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru*

The latitudinal distribution of the ctenophores *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 and *Beroe ovata* Bruguière, 1789 in the Russian sector of the Caspian Sea has different borders of their ranges. Studies on the occurrence of ctenophores in the water column have demonstrated that each species has a characteristic temperature limit of its vertical distribution. Investigations into interactions between ctenophores showed a considerable abundance suppression of *M. leidyi* (particularly of smaller individuals) by *B. ovata*.

Keywords: Caspian Sea. Ctenophores *M. leidyi* and *B. ovata*. Distribution, biomass, abundance, size composition, thermocline, telemetry