

**РОЛЬ ПРИБРЕЖНЫХ МОЛЛЮСКОВ В ФОРМИРОВАНИИ
КАРБОНАТНЫХ ОСАДКОВ БАКАЛЬСКОЙ КОСЫ**

Приводятся данные о содержании карбонатов в прибрежных осадках Бакальской косы, количественном и размерно-возрастном составе массовых видов двустворчатых моллюсков – их главного источника – и содержании основных биогенных элементов в морской воде. Доля карбонатов в грунте увеличивается от западного корня косы к восточному, что, скорее всего, объясняется направлением преобладающих течений и особенностями эволюции косы в предыдущие годы, но не распределением наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков – *Chamelea gallina* и *Polititapes aurea*. Биомасса раковин моллюсков имеет тенденцию к увеличению от западного и восточного корня к оконечности косы, где она достигает максимальных значений. Прямая зависимость биомассы раковин от концентрации биогенов не выявлена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *двустворчатые моллюски, биогенные карбонаты, наносы, биомасса, численность, Chamelea gallina, Бакальская коса, Крым, Черное море*
doi: 10.22449/2413-5577-2018-4-81-91

Введение. В результате предыдущих работ по исследованию Бакальской косы [1 – 3] было установлено, что в ее прибрежных осадках очень велико содержание ракуши. Береговой вал и наносы до глубин 2 – 6 м состоят из ракушечного песка с большой примесью оолитов, гравия и гальки. Однако уже на глубине около 5 – 6 м дно покрыто тонким (8 – 15 см мощности) слоем илистого песка, на котором растет zostера, и лишь в небольшом количестве попадаются мертвые и живые раковины моллюсков [4]. Несмотря на выявленное значительное содержание ракуши, вклад живых раковинных моллюсков в продукцию биогенных осадков ни в упомянутых работах, ни в последующих не определялся. Вообще, моллюски Бакальской косы прежде не являлись предметом специальных исследований, однако опубликованы данные о бентосе окружающего ее Каркинитского залива, одного из наиболее продуктивных районов Черного моря.

Исследования бентоса проводились, в основном, в центральной и западной, относительно глубоководной, частях залива [5, 6]. Дно залива составляют в основном илистые, илисто-песчаные, ракушечно-песчаные грунты, содержащие сероводород, среди макрофитобентоса преобладают морские травы, а наиболее массовым видом является морская трава zostера *Zostera marina* Linnaeus, 1753 [7]. Первое и наиболее детальное исследование, показавшее чрезвычайное разнообразие и количественное богатство макрозообентоса восточной мелководной части залива, было проведено около 70 лет назад [8]. Хозяйственная деятельность человека и, в первую очередь, строительство Северо-Крымского канала, создание системы рыбоводных прудов, орошаемое земледелие привели к изменению гидрологии и гидрохимии за-

© А.Р.Косьян, 2018

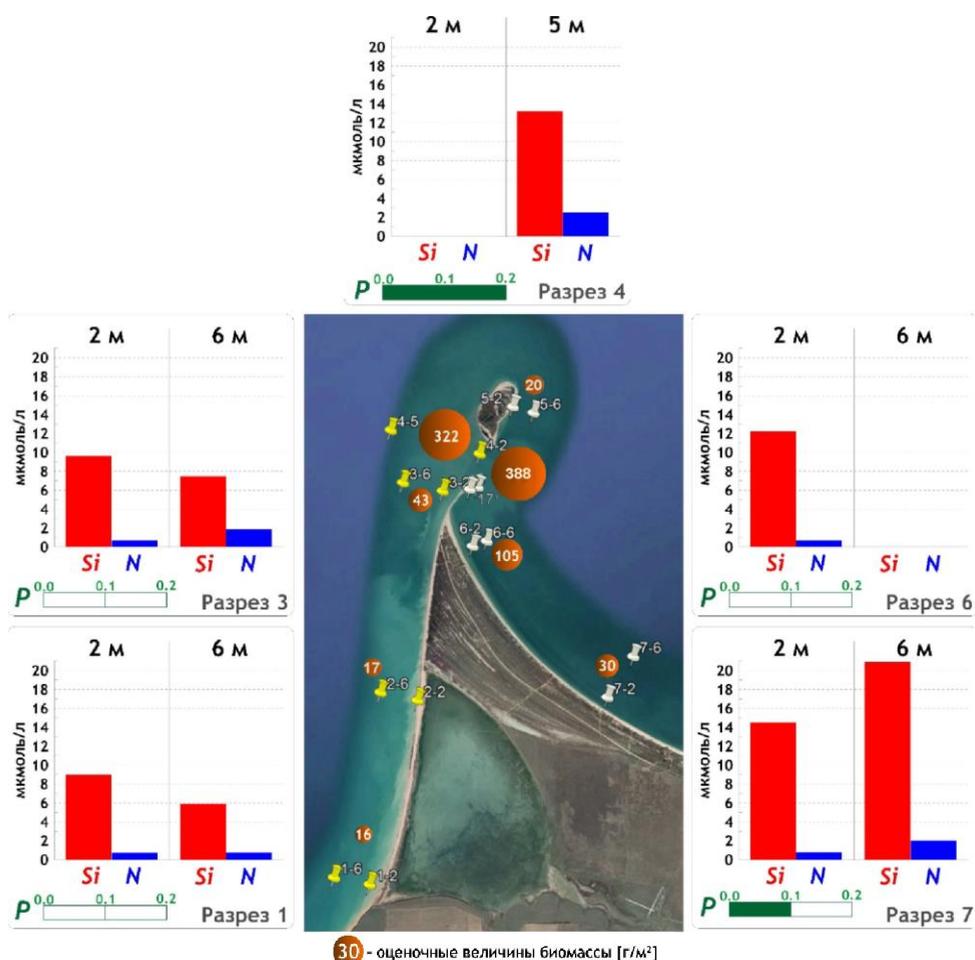
лива. В его кутовой части соленость воды понизилась до 2 – 3 ‰, а в отдельные сезоны пониженная соленость наблюдалась на всем забакальском участке. Это не могло не отразиться на составе и распределении бентоса [9]. С 2015 г. работа Северо-Крымского канала прекращена, и поступление пресных вод в Каркинитский залив сведено к уровню 50-летней давности. Согласно [9], в макрозообентосе восточной части залива на глубинах 0 – 35 м было обнаружено около 200 видов животных, в том числе 53 вида моллюсков (из них 22 вида гастропод, 30 – двустворчатых). Доля двустворчатых моллюсков в видовом богатстве малого филлофорного поля была еще выше (38 %) [6].

В рамках комплексных исследований Бакальской косы в 2017 – 2018 гг. нами было изучено распределение карбонатной составляющей в ее осадках и дана предварительная оценка качественного и количественного состава прибрежных двустворчатых моллюсков, раковины которых являются ее основным источником. Помимо этого, нами были оценены концентрации основных биогенов в морской воде как фактор, потенциально оказывающий влияние на распределение и продукцию донных организмов. Эти данные помогут лучше понять происхождение и эволюцию косы, а также будут полезны для прогноза изменений береговой линии и планирования мероприятий для ее защиты от разрушений. Ниже изложены методика и результаты описанных работ.

Материал и методика. В 2018 г. основные пробы грунта и бентоса отбирали на семи разрезах, расположенных вдоль побережья косы и вокруг отделившегося от нее острова на расстоянии приблизительно 3 км друг от друга (рис.1). На каждом разрезе делали по две станции на глубинах 2 и 6 м (на разрезе 4 – на глубинах 2 и 5 м) (табл.1). Пробы в двух повторностях отбирали водолазы с помощью рамки размером 33 × 33 см. Собирали слой песка под рамкой толщиной около 3 см, затем просеивали сквозь сито с ячейей 1 мм и отбирали моллюсков. В настоящем исследовании учитывали только те виды, биомасса которых превышала 1 г/м². В июне 2017 г. были выполнены рекогносцировочные исследования бентоса Бакальской косы и был сделан один разрез со станциями на глубинах 2 и 4 м (табл.2, ст.17'2 и 17'4 соответственно, расположенные рядом с разрезом 5 за 2018 г.), с каждой станции было взято по одной пробе. Эти данные также использованы в настоящей работе для оценки численности и биомассы раковин живых моллюсков.

Отобранных двустворок считали, измеряли длину раковины от переднего аддуктора к заднему, очищали от мягких тканей, обсушивали на воздухе и взвешивали раковины с точностью до 0,1 г. Определяли биомассу раковин, а не моллюсков целиком, потому что для целей работы необходимо было оценить объем поступающих в осадки карбонатов биогенного происхождения, т.е. массу раковин. У наиболее массового вида бентосных моллюсков – *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) (хамелеи) – оценивались размерная и возрастная структура популяции. Возраст определялся по наружным годовым линиям роста [10, 11]; этот метод считается приемлемым для быстрой оценки возраста двустворок [12].

Содержание карбонатов определяли следующим образом: образец грунта высушивали на воздухе, взвешивали, заливали 30-ти % соляной кислотой и оставляли до завершения реакции. После этого отмывали кислоту, высушивали оставшийся осадок на воздухе и взвешивали. Разница в весе считалась



Р и с . 1 . Карта-схема отбора проб и концентрации основных биогенных элементов в водах Бакальской косы в июне 2018 г.

равной весу карбонатов в исходном образце.

Пробы морской воды для определения солёности и содержания в ней основных биогенных элементов (кремния, азота, фосфора) отбирали на разрезах 1 (глубины 2 и 6 м), 3 (глубины 2 и 6 м), 4 (глубина 5 м), 6 (глубина 2 м) и 7 (глубины 2 и 6 м). Согласно [13], в восточной мелководной части Каркинитского залива в летне-осенний сезон существенных вертикальных различий по солёности и температуре воды не обнаружено ввиду его мелководности, обособленности от остальной части залива и интенсивного вертикального перемешивания вод под действием ветров. Это даёт основания считать, что концентрация солей в столбе воды от 0 до 6 м одинакова, поэтому пробы для химического анализа отбирали в приповерхностном слое с борта лодки в чистые 1,5 л пластиковые бутылки, которые хранили в холодильнике до транспортировки в лабораторию отдела биогеохимии моря Морского гидрофизического института РАН, где выполняли анализ. Кроме того, три пробы пляжевых отложений и морской воды на глубине 1 м в одной повторности взяли в районе с.Портовое (табл.1).

Т а б л и ц а 1. Координаты точек пробоотбора, состав грунта и результаты химического анализа морской воды в прибрежной полосе Бакальской косы, июнь 2018 г.

разрез	описание	станция	глубина, м	координаты		параметры поверхностного слоя морской воды				
				с.ш.	в.д.	P _i , МКМОЛЬ/Л	Si _{раств.} , МКМОЛЬ/Л	соленость, епс	NO ₂ NO ₃ , МКМОЛЬ/Л	NH ₄ , МКМОЛЬ/Л
1	Портовое 3	пляж	1	45°51,720'	33°28,613'	0,1	30,4	19,9380	0,67	0,19
	Портовое 2	пляж	1	45°49,627'	33°24,898'	0,2	38,6	20,2165	0,73	0,43
	Портовое 1	пляж	1	45°47,787'	33°22,392'	0,2	16,0	20,0449	0,89	0,46
	корень косы, западная сторона	1-2	2	45°44,023'	33°09,171'	0,0	9,0	18,4190	0,75	0,36
		1-6	6	45°44,100'	33°08,731'	0,0	5,9	18,5579	0,76	0,47
	2	центр косы	2-2	2	45°45,607'	33°09,750'	–	–	–	–
2-6			6	45°45,675'	33°09,288'	–	–	–	–	–
3-2			2	45°47,435'	33°10,051'	0,0	9,6	20,2029	0,70	0,22
3	оконечность косы	3-6	6	45°47,509'	33°09,551'	0,0	7,5	18,8081	1,85	0,14
		4-2	2	45°47,764'	33°10,513'	–	–	–	–	–
4	остров – западная сторона	4-5	5	45°47,973'	33°09,394'	0,2	13,2	18,9973	2,49	0,23
		5-2	2	45°48,181'	33°10,930'	–	–	–	–	–
5	остров – восточная сторона	5-6	6	45°48,163'	33°10,900'	–	–	–	–	–
		6-2	2	45°46,951'	33°10,428'	0,0	12,2	20,1167	0,69	0,18
6	восточная сторона, между ст. ~ 60 – 65 м	6-6	6	45°46,973'	33°10,451'	–	–	–	–	–
		7-2	2	45°45,636'	33°12,112'	0,0	14,5	19,9827	0,82	0,42
7	восточн. сторона ~ 900 м от корня	7-6	6	45°45,991'	33°12,435'	0,1	20,9	19,0568	2,02	0,32

Т а б л и ц а 2. Численность (N , экз/м²) и биомасса (B , г/м²) раковин моллюсков в прибрежной полосе Бакальской косы (2 – 6 м), июнь 2018 г.
И – ил, П – песок, ИП – илистый песок.

№ ст.	вид	состав грунта		<i>Chamelea gallina</i>		<i>Politiitapes aureus</i>		<i>Mytilaster lineatus</i>		<i>Donax trunculus</i>		<i>Barnea candida</i>		<i>Gastrana fragilis</i>		<i>Irus irus</i>		общее		средняя B на глубинах 2 – 6 м	
		тип	%		N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N		B
			карбонаты	минералы																	
1-2	И	17,59	82,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,7
1-6	И	18,88	81,12	10	5,4	15	14,5	5	3	0	0	75	8,5	0	0	0	0	105	31,4		15,7
2-2	И	41,17	58,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-6	И	31,11	68,89	40	33,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	33,9		17
3-2	П	80,52	19,48	165	75,8	0	0	0	0	25	11,4	0	0	0	0	0	0	190	87,2		43,6
3-6	П	50,35	49,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4-2	П	71,70	28,30	10	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7,3		322,1
4-5	П	83,80	16,20	2650	636,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2650	636,8		322,1
5-2	П	83,71	16,29	20	9,2	0	0	0	0	5	1,5	0	0	0	0	0	0	25	10,7		20,5
5-6	П	43,27	56,73	70	25,8	5	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	30,3		20,5
'17-2	П	–	–	470	372	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	470	372		388
'17-4	П	–	–	490	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	490	404		388
6-2	П	82,01	17,99	10	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8,5		104,5
6-6	П	85,61	14,39	370	169,4	25	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	395	200,4		104,5
7-2	П	98,97	1,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7-6	ИП	84,07	15,93	10	2,7	10	12,5	40	23	0	0	0	0	25	11,5	10	13,5	95	60,5		30,3

Результаты. Карбонаты. Как видно из табл.2, доля карбонатов в грунте увеличивается с запада на восток. Кроме того, на всех станциях, кроме ст.1-6, с уменьшением глубины она увеличивается. Максимальные значения наблюдаются на ст.7-2 и в пляжевых отложениях, взятых в районе с.Портовое.

Статистический анализ проводился с помощью пакета *Statistica 7.0*.

Биогены (табл.1). Содержание кремния в поверхностном слое воды увеличивается с запада на восток, в пробах у с.Портовое и на разрезе 7 оно максимально (рис.1). Общее содержание азота увеличивается от западного корня косы к отделившемуся от нее острову, где достигает максимальных значений, а от острова к восточному корню немного снижается. Фосфор обнаружен только в с.Портовом и в пробе, взятой у острова, причем в этой точке его концентрация была максимальной.

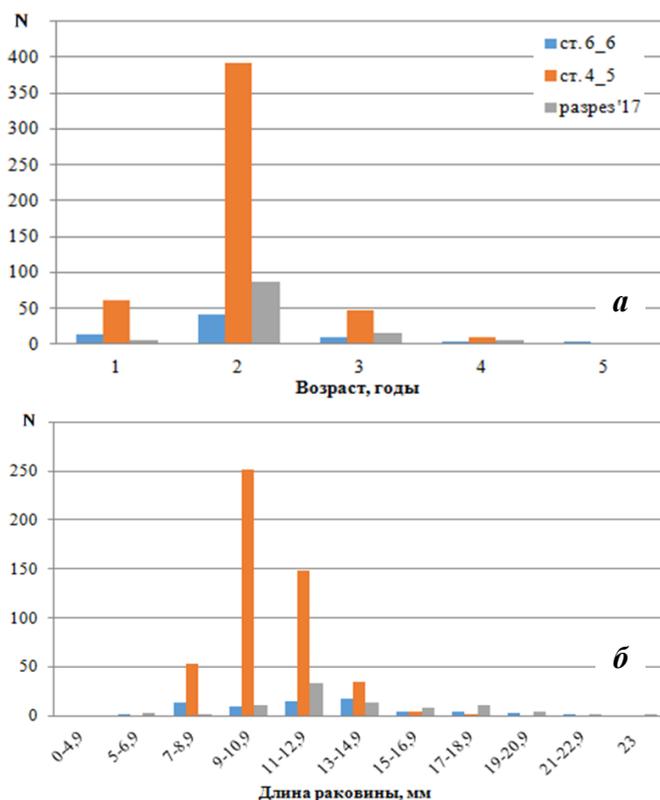
Макрозообентос. Анализ численности и биомассы моллюсков, отобранных на семи разрезах вдоль побережья Бакальской косы на глубинах 2 и 6 м, показывает, что повсеместно встречается только один вид – *Chamelea gallina*. Его максимальная численность и масса раковин (табл.2, рис.1) отмечена на разрезе 4 и глубине 5 м (2650 экз./м² и 636,8 г/м² соответственно), высокие показатели зафиксированы также на разрезах 6 (глубина 6 м) (370 экз./м² и 169,4 г/м²) и 3 (глубина 2 м) (165 экз./м² и 75,8 г/м²). В июне 2017 г. в рамках предварительных исследований мы отобрали две бентосные пробы на глубинах 2 и 4 м с восточной стороны дистальной части косы (разрез '17, рис.1). В пробах был обнаружен один вид моллюсков – *C. gallina*, ее численность на глубинах 2 и 4 м составила 470 и 490 экз./м² соответственно, биомасса 372 и 404 г/м².

Следующий по распространенности вид, относящийся также к Veneridae *Polittapes aureus* (Gmelin, 1791), встречается на четырех станциях и достигает 25 экз./м² и 31 г/м². *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) и *Donax trunculus* Linnaeus, 1758 встречались только на двух станциях, остальные три вида – *Barnea candida* (Linnaeus, 1758), *Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758) и *Irus irus* (Linnaeus, 1758) – отмечены единично (табл.2).

Поскольку основным видом моллюсков, существенно превышавшим остальные по численности и биомассе, была *Chamelea gallina*, мы исследовали размерную и возрастную структуру трех наиболее крупных выборок: 2018 г. (ст.4-5 и 6-6) и 2017 г. (разрез '17) (рис.2). Можно заметить, что возрастная структура одинакова во всех трех выборках: преобладают особи 2-х летнего возраста. Размерная структура обнаруживает статистически значимые различия между выборками (критерий Краскела-Уоллиса: $p < 0,000$, непараметрический критерий Пирсона: $p < 0,0000$). Если в западной части косы (ст.4-5) средняя длина раковины моллюсков составляла $10,6 \pm 1,5$ мм, то в восточной $12,2 \pm 3,4$ мм (ст.6-6) и $13,6 \pm 3,6$ мм (разрез '17).

Обсуждение. Хотелось бы отметить, что полученные данные – первичные, и их объем недостаточен для полноценного вывода о функционировании сложной прибрежной экосистемы. Тем не менее, некоторые предварительные соображения мы считаем возможным изложить.

Биомасса раковин. Если посмотреть на средние значения суммарной биомассы раковин моллюсков для каждого разреза (табл.2, рис.1), то увидим, что при движении вдоль западного берега от корня косы к ее дистальному



Р и с . 2 . Возрастная (а) и размерная (б) структура популяции *Chamelea gallina* в окрестностях Бакальской косы.

концу биомасса увеличивается и достигает максимальных значений на разрезах 4 и '17, а затем при движении в обратном направлении по восточному берегу снова уменьшается. Объем полученного материала не позволяет получить корректные статистические обобщения о наличии связи между концентрацией биогенов в морской воде и количественными показателями моллюсков, хотя известен факт повышения биомассы *Chamelea gallina* в условиях органического обогащения прибрежных акваторий [14]. На данном этапе речь идет об их оценочных характеристиках и возможных механизмах развития.

Остров, образовавшийся путем отделения северной оконечности косы, превратился в достаточно крупное место гнездований птиц [15], а птичий помёт – в существенную приходную часть баланса биогенных элементов окружающих вод, способствующих развитию фито- и зоопланктона, накоплению органики и, как следствие, продукции биомассы двустворчатых моллюсков (*C.gallina*), в несколько раз превышающей таковую в других местах отбора проб. Вместе с тем, гидродинамические условия вод отличаются крайней интенсивностью, особенно в проливе между косой и островом [16]. Происходит активный водообмен и, как следствие, перераспределение питательных веществ (возможный пример – повышенное содержание фосфора в районе разреза 4).

Еще раз подчеркнем, что сложный комплекс гидро-, лито- и биологических факторов, определяющих экологическое состояние косы, требует более тщательных и продолжительных экспериментов.

Доля карбонатов в донном грунте, как и биомасса раковин моллюсков, имеет явную тенденцию к увеличению с запада на восток (табл.2), но если биомасса при движении от острова к восточному корню косы уменьшается, то доля карбонатов, наоборот, продолжает увеличиваться. Вероятно, это связано с возможной миграцией наносов с юго-запада вдоль западной стороны косы вплоть до ее оконечности [16]. Когда сохранялась перемычка с островом, наносы двигались далее на север, после ее исчезновения они начали огибать оконечность косы и перемещаться на восточную сторону, где происходит их вдольбереговая миграция на юго-восток, в центральную часть Бакальской бухты [17]. Можно также предположить, что карбонаты образовались до отделения острова от основного тела косы, и при более спокойной гидродинамике раковинные остатки могли беспрепятственно накапливаться у берега.

Концентрация биогенов. Содержание кремния в бакальских водах превышало таковое в водах Анапской пересыпи в 2 – 6 раз (в с.Портовое – в 10 раз), в водах Голубого залива (Южный берег Крыма) – в 3 – 10 раз [18]. Основным поставщиком кремния в бакальских водах является, скорее всего, морская трава zostера, в огромных количествах скапливающаяся в прибрежье, а к востоку от Бакальской косы образующая целые плавучие острова. При этом концентрация азота и фосфора в водах Бакальской косы была приблизительно равна концентрации этих элементов в Анапе, но отличалась от Севастопольской бухты, в которой содержание азота в летний период было в среднем вдвое выше, а фосфора – в 1,3 – 2 раза ниже [19]. Интересно отметить, что значения солености в прибрежье Бакальской косы (18,4 – 20,2 ‰) были приблизительно равны солености в прибрежье Анапы и выше, чем в предыдущие годы: в апреле 2007 г. значения солености в море составляли 16,73 ‰, в августе 17,21 ‰ [20]. Возможно, повышение солености связано с прекращением работы Северо-Крымского канала.

Сравнительная характеристика *S.gallina* Бакальской косы и Анапской пересыпи (Краснодарский край). Видовое разнообразие двустворчатых моллюсков Анапской пересыпи, в окрестностях которой мы проводили схожие исследования в 2016 – 2018 гг. [21], ниже, чем Бакальской косы, так же как и максимальная биомасса основного их поставщика – хамелеи (в 1,5 раза). В возрастной структуре анапских хамелий преобладали однолетние особи, при этом наибольшую биомассу давали двулетние; большинство бакальских венерок были двулетними.

Средние размеры раковин *S.gallina* с разных разрезов отличаются как в пределах Бакальской косы, так и в пределах Анапской пересыпи. В случае с Бакальской косой, среднепопуляционный вес (отношение биомассы к численности) моллюсков на станциях с максимальной продукцией ст.4-5, '17-2, '17-4 и 6-6 составил 0,2; 0,8; 0,8 и 0,5 г соответственно (табл.2). При этом средние размеры были также достоверно меньше в выборке с наибольшей плотностью поселения и наименьшим весом (ст.4-5), хотя возрастная структура была одинакова (рис.2). В ряде работ как в эксперименте [22 – 24], так

и в естественных условиях [25] было отмечено отрицательное влияние плотности поселения двустворчатых моллюсков-сестонофагов на скорость их роста, поэтому можно предположить, что и на западной стороне Бакальской косы (ст.4-5) наблюдается аналогичный эффект. Средние размеры двухлетних анапских хамелий в целом несколько меньше средних размеров бакальских, и это может быть обусловлено влиянием хищника рапаны, питающейся на Анапской пересыпи почти исключительно ими. Согласно [26], даже наличие химических сигналов хищника в воде, тем более его физическое присутствие, снижает скорость роста *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758), представителя того же семейства, что и хамелея. На Бакальской косе, несмотря на наличие старых рапаных раковин, живые особи в ходе наших исследований не обнаружены, хотя в других частях Каркинитского залива рапана отмечена [9]. Большую продолжительность жизни *C. gallina* Анапской пересыпи (8 лет, на Бакальской косе единицы достигали 4 – 5 лет) также можно связать с замедленным ростом [27].

По нашим данным, в поясе массового развития моллюсков (2 – 10 м) средняя суммарная масса раковин Анапской пересыпи составляла 232,9 в 2016 г., 172,9 в 2017 г. и 210,6 г/м² в 2018 г., т.е. в среднем 205,5 г/м². В прибрежье дистальной части Бакальской косы и отделившегося острова (разрезы 3-б и '17), где обнаружены самые высокие значения биомассы раковин, их среднее значение было лишь немногим меньше (175,7 г/м²). Однако, как показано выше, популяционные характеристики моллюсков в этих двух регионах существенно различаются, и оценивать поступление раковинных остатков в осадки, как одинаковое, преждевременно. Необходимы более подробные исследования.

Автор глубоко признателен Б.В.Дивинскому за помощь в подготовке статьи, а также анонимному рецензенту за ценные замечания к рукописи. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 14-17-00547). Химический анализ воды и грунта выполнен при поддержке РФФИ (проект № 16-05-00384).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячкин Ю.Н., Косьян Р.Д. Бакальская коса – уникальный природный объект Крымского полуострова (обзор) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2018.– вып.4.– С.5-14.
2. Зенкович В.П. Бакальская коса // Сб. труд. Института океанологии АН СССР.– 1955.– № 4.– С.86-101.
3. Зенкович В.П. Берега Чёрного и Азовского морей.– М.: Гос. Изд-во геогр. лит., 1958.– 371 с.
4. Современное состояние береговой зоны Крыма / Под ред. Ю.Н.Горячкина.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015.– 252 с.
5. Повчун А.С. Изменения бентоса Каркинитского залива за 50 лет // Гидробиологический журнал.– 1990.– т.26, № 5.– С.20-27.
6. Терентьев А.С. Макрозообентос малого филлофорного поля. 2001. Режим доступа: <http://www.eco911.ru/public/envprot/makrozoobentos>
7. Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса заповедных акваторий Каркинитского залива (Чёрное море) // Альгология.– 2001.– т.11, № 3.– С.342-359.

8. *Арнольди Л.В.* Материалы по количественному изучению зообентоса Черного моря. П. Каркинитский залив // Тр. Севастоп. биол. станции.– 1949.– т.7.– С.127-192.
9. *Болтачева Н.А., Ревков Н.К., Бондаренко Л.В., Колесникова Е.А., Тимофеев В.А., Котий В.Г.* Таксономический состав макрозообентоса Каркинитского залива (Черное море) в начале XXI века // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции «Морские биологические исследования: достижения и перспективы». Севастополь, 19-24 сентября 2016 г. / Под общ. ред. А.В.Гаевской.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016.– т.2.– С.36-39.
10. *Ramon M., Richardson C.A.* Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean // Mar. Ecol. Prog. Ser.– 1992.– v.89.– P.15-23.
11. *Deval M.C.* Shell growth and biometry of the striped venus *Chamelea gallina* (L) in the Marmara Sea, Turkey // J. Shellfish Res.– 2001.– v.20, № 1.– P.155-159.
12. *Gaspar M.B., Pereira A.M., Vasconcelos P., Monteiro C.C.* Age and growth of *Chamelea gallina* from the Algarve coast (Southern Portugal): influence of seawater temperature and gametogenic cycle on growth rate // J. Moll. Stud.– 2004.– v.70.– P.371-377.
13. *Пухтыр Л.Д.* Сезонные распределения и осолонения вод Каркинитского залива // Морской гидрофизический журнал.– 2007.– № 4.– С.24-39.
14. *Ревков Н.К., Валовая Н.А., Колесникова Е.А., Николаенко Т.В., Шалютин В.К.* К вопросу о реакции черноморского макрозообентоса на эвтрофирование // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 1999.– вып.1.– С.199-212.
15. *Крыленко С.В., Крыленко В.В.* Влияние трансформации дистальной части Бакальской косы на орнитофауну // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2018.– вып.4.– С.73-80.
16. *Дивинский Б.В.* Гидродинамические условия вод в районе Бакальской косы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2018.– вып.4.– С.31-39.
17. *Крыленко М.В., Крыленко В.В.* Исследование гранулометрического состава пляжевых и донных отложений Бакальской косы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2018.– вып.4.– С.40-49.
18. *Кондратьев С.И., Вареник А.В., Внуков Ю.Л., Гуров К.И., Козловская О.Н., Котельнянец Е.А., Медведев Е.В., Орехова Н.А., Свищев С.В., Хоружий Д.С., Коновалов С.К.* Голубой залив как подспутниковый полигон для оценки гидрохимических характеристик в шельфовых областях Крыма // Морской гидрофизический журнал.– 2016.– № 1.– С.49-61.
19. *Орехова Н.А., Вареник А.В.* Современный гидрохимический режим Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал.– 2018.– т.34, № 2.– С.134-146.
20. *Иванов В.А., Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Харитоновна Л.В., Шутлов С.А.* Современное состояние и эволюция Бакальской косы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2012.– вып.26, т.1.– С.8-15.
21. *Косьян А.Р., Дивинский Б.В.* Опыт мониторинга *Chamelea gallina* в прибрежье Анапской пересыпи в 2016-2017 // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества.– 2018.– вып.10 (в печати).

22. *Olafsson E.B.* Density dependence in suspension-feeding and deposit-feeding populations of the bivalve *Macoma balthica*: a field experiment // *J. Animal Ecology*.– 1986.– v.55.– P.517-526.
23. *Peterson C.H.* The importance of predation and intra- and interspecific competition in the population biology of two infaunal suspension-feeding bivalves, *Protothaca staminea* and *Chione undatella* // *Ecological monographs*.– 1982.– v.52, № 4.– P.437-475.
24. *Peterson C.H., Beal B.F.* Bivalve growth and higher order interactions: importance of density, site, and time // *Ecology*.– 1989.– v.70, № 5.– P.1390-1404.
25. *Mills E.L., Dermott R.M., Roseman E.F., Dustin D., Mellina E., Conn D.B., Spidle A.P.* Colonization, ecology and population structure of the «Quagga» mussel (*Bivalvia*: *Dreissenidae*) in the lower Great Lakes // *Can. S. Fish. Aquar. Sci.*– 1993.– v.50.– P.2305-2314.
26. *Nakaoka M.* Nonlethal effects of predators on prey populations: predator-mediated change in bivalve growth // *Ecology*.– 2000.– v.81, № 4.– P.1031-1045.
27. *Ridgway I.D., Richardson C.A., Austad S.N.* Maximum Shell Size, Growth Rate, and Maturation Age Correlate With Longevity in Bivalve Molluscs // *The journals of gerontology series A: biological sciences and medical sciences*.– 2011.– v.66A, № 2.– P.183-190.

Материал поступил в редакцию 2.10.2018 г.
После доработки 13.11.2018 г.

A.R.Kosyan

ROLE OF COASTAL SHELLS IN THE FORMATION OF CARBONATE SEDIMENTS OF THE BAKALSKAYA SPIT

The carbonate content in the coastal sediments of the Bakalskaya Spit, the quantitative and size-age composition of the mass species of bivalve mollusks, and the main biogenic elements content in sea water are presented. The proportion of carbonates in the ground increases from the western root of the spit to the east, which is most likely due to the prevailing current direction and the peculiarities of spit evolution in former years, but not to the distribution of the most common species of bivalve mollusks, *Chamelea gallina* and *Polititapes aurea*. The biomass of mollusk shells tends to increase from the western and eastern roots to the spit tip, where it reaches maximum values. The direct dependence of the shell biomass on the nutrients concentration in sea water was not detected.

KEYWORDS: bivalve mollusks, biogenic carbonates, sediments, biomass, abundance, *Chamelea gallina*, the Bakalskaya Spit, the Crimea, the Black Sea