

УДК 595.3:591.05

С.О. БУЛАТОВ, генеральний директор,
Міжнародний інститут моделювання та прогнозування розвитку морських і
гіпергалінних екосистем,
сел. Майданове, 18—19, Клин, 141603, Російська Федерація,
e-mail: mimgе_rus@mail.ru, mimgе2020@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9257-4754

**ВИВЧЕННЯ ВМІСТУ МЕТАЛІВ У ЦИСТАХ *ARTEMIA
PARTHENOGENETICA* (BRANCHIOPODA,
ANOSTRACA) ІЗ ЗАТОКИ КАРА-БОГАЗ-ГОЛ
(КАСПІЙСЬКЕ МОРЕ)**

У статті наведено результати досліджень вмісту металів у цистах, у тому числі в хоріоні цист, партеногенетичної популяції рачка *Artemia parthenogenetica* Varigozzi затоки Кара-Богаз-Гол (Каспійське море). Встановлено, що загальна концентрація свинцю (Pb), міді (Cu), кадмію (Cd), цинку (Zn), кобальту (Co), нікелю (Ni), хрому (Cr), марганцю (Mn), стронцію (Sr), заліза (Fe) і кальцію (Ca) в цистах, у тому числі в хоріоні цист, перебувала в досить широкому інтервалі величин (Pb 0,0—14,90 мкг/г, Cu 7,40—257,10 мкг/г, Cd 0,0—0,04 мкг/г, Zn 60,50—234,90 мкг/г, Co 0,10—5,80 мкг/г, Ni 0,0—54,70 мкг/г, Cr 0,50—82,70 мкг/г, Mn 1,80—66,80 мкг/г, Sr 0,81—231,80 мкг/г, Fe 605,00—1189,30 мкг/г і Ca 56,10—100,00 мкг/г). Відзначено максимальні концентрації Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Ni, Cr, Mn і Fe в цистах *Artemia*, Mn, Sr і Ca — в хоріоні цист. Найбільший вміст досліджуваних металів виявлено в цистах рачків з північно-західної частини затоки, акваторії, що прилягає до місць розташування підприємств хімічної промисловості. Для оцінки перспектив використання цист *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол як стартового живого корму в умовах аквакультури проведено порівняння вмісту металів в них та в цистах рачків з інших місць проживання.

Ключові слова: Кара-Богаз-Гол, Каспійське море, метали, токсичність, *Artemia parthenogenetica*, цисти.

Одним із перспективних напрямків народного господарства, що дозволяє в короткі терміни отримувати цінну харчову продукцію з водних організмів (риби, ракоподібні, молюски та інші), є аквакультура. За даними FAO, світові обсяги виробництва аквакультури станом на 2018 р. склали 114,5 млн. т. живої ваги [7]. При цьому найбільш важливою біотехнічною проблемою штучного розведення гідробіонтів є забезпечення їх

Ц и т у в а н н я: Булатов С.О. Вивчення вмісту металів у цистах *Artemia parthenogenetica* (Branchiopoda, Anostraca) із затоки Кара-Богаз-Гол (Каспійське море). *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57. № 5. С. 62—72.

на певних стадіях розвитку стартовими живими кормами, одним із яких є рачки *Artemia* класу Branchiopoda [24, 25].

Останнім часом великий інтерес викликає вивчення впливу токсичності металів на різні стадії розвитку морських ракоподібних, зокрема на їхні розмноження і ріст в умовах аквакультури [12, 13]. До найбільш поширених у морі важких металів належать марганець, нікель, цинк, залізо, кадмій, свинець, мідь та їхні солі, що здатні тривалий час зберігатися і накопичуватися у воді, донних відкладах і організмі гідробіонтів [5].

Рачки *Artemia*, які є гарними фільтраторами, здатні поглинати у великих кількостях токсичні речовини [6]. У зв'язку з цим вивчення взаємозв'язку стадій розвитку рачків *Artemia* з діапазонами їхньої толерантності до різних металів дозволяє розробити більш ефективні і безпечні способи їхнього використання в умовах аквакультури [15].

Особливо цінними в умовах аквакультури є цисти рачка з високим вмістом біологічно активних елементів (макро- і мікроелементів), що дозволяють отримувати різноманітний асортимент продукції [6]. У той же час, при розгляді питань безпеки використання кормів в аквакультурі майже не приділяється увага питанням вивчення хімічного складу кормових організмів і визначення вмісту в них токсичних речовин [7].

У Туркменістані найбільш численна партеногенетична популяція *Artemia parthenogenetica* Barigozzi мешкає в затоці Кара-Богаз-Гол, розташованій у східній частині Каспійського моря [2]. Ця затока пов'язана з морем протокою, через яку каспійські води надходять в Кара-Богаз-Гол. У водах Каспійського моря присутній високий вміст різних металів (у різних формах), які в результаті хіміко-біологічних процесів багаторазово проходять через організми водних тварин і рослин [5]. Близько 90 % загального обсягу забруднюючих речовин надходить в Каспійське море з річковим стоком [3]. Істотну роль в насиченні Кара-Богаз-Гола забруднюючими речовинами відіграють підприємства хімічної промисловості, збудовані на початку минулого століття в районі північно-західного узбережжя затоки [4, 18]. У зв'язку з цим, великого значення набуває дослідження вмісту металів у цистах *Artemia*, зібраних у природних водах, для оцінки перспективності їхнього використання як корму при вирощуванні культивованих гідробіонтів. Крім того, в сучасній літературі відсутні відомості про хімічний склад цист рачка *A. parthenogenetica* із затоки Кара-Богаз-Гол.

Метою цієї роботи було вивчення вмісту металів у цистах *A. parthenogenetica* із затоки Кара-Богаз-Гол і порівняння з цистами, зібраними з інших водойм.

Матеріал і методика досліджень

Матеріалом для даних досліджень були зразки цист *Artemia*, зібрані автором у жовтні, грудні 2000 р. і січні — квітні 2001 р. із семи прибережних і однієї пелагічної станції в акваторії затоки Кара-Богаз-Гол (табл. 1, рис. 1).

Прибережні проби цист *Artemia* в затоці відбирали на відстані 100—150 м від берега за допомогою планктонної сітки з квадратним отвором 50×50 см і розміром вічка 100 мкм. Дослідник проходив 100 кроків (1 крок ≈ 50 см) і проціджував 12,5 м³ води при кожному відборі проб. Пробу цист у пелагіалі затоки відбирали з човна за допомогою батометра Руттнера з вертикальною склянкою об'ємом 1 л. Зібраний матеріал зливали в пластикові ємності об'ємом 1 л.

Визначення вмісту металів свинцю (Pb), міді (Cu), кадмію (Cd), цинку (Zn), кобальту (Co), нікелю (Ni), хрому (Cr), марганцю (Mn), стронцію (Sr), заліза (Fe) і кальцію (Ca) у зразках цист рачка і їхньому хоріоні проводили методом атомної абсорбції за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра Carl Zeiss Jena AAS-3 (Німеччина), після озолення в муфельній печі за температури 500—560°C. Зольний залишок розчиняли в 6М розчині HCl [1].

Статистичний аналіз проведено за допомогою програм *Statistica 10* та програми *Excel 2019*. Отримані результати оброблено статистично з використанням *t*-критерію Стьюдента при рівні значущості $P \leq 0,05$ и $P \leq 0,001$. Кількість повторів по кожній станції не менше трьох.

Результати досліджень та їх обговорення

Результати дослідження мікроелементного складу цист *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол представлені в таблиці 2. Отримані нами результати показують різницю в накопиченні Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Ni, Cr, Mn, Sr, Fe і Ca в цистах і в хоріоні. Причому хоріон цист рачка має тенденцію до меншого накопичення металів порівняно з іншими структурами цист. Так, вміст

Таблиця 1

Координати і місця розташування станцій відбору проб в акваторії затоки Кара-Богаз-Гол

Станції	Місця розташування	Координати	
		широта (п. ш.)	довгота (с. д.)
Прибережні станції			
Ст. 1	Коса Карасукут	41°32'51"	52°52'13"
Ст. 2	Бухта Сартас	41°46'22"	52°46'53"
Ст. 3	На північ від бухти Сартас	41°52'29"	52°51'54"
Ст. 4	Північна точка 1	42°00'26"	52°58'33"
Ст. 5	Північна точка 2	42°04'30"	53°04'51"
Ст. 6	Північна точка 3	42°08'12"	53°30'10"
Ст. 7	Північна точка 4	42°08'49"	53°38'43"
Пелагічна станція			
Ст. 8	—	41°36'68"	52°57'26"

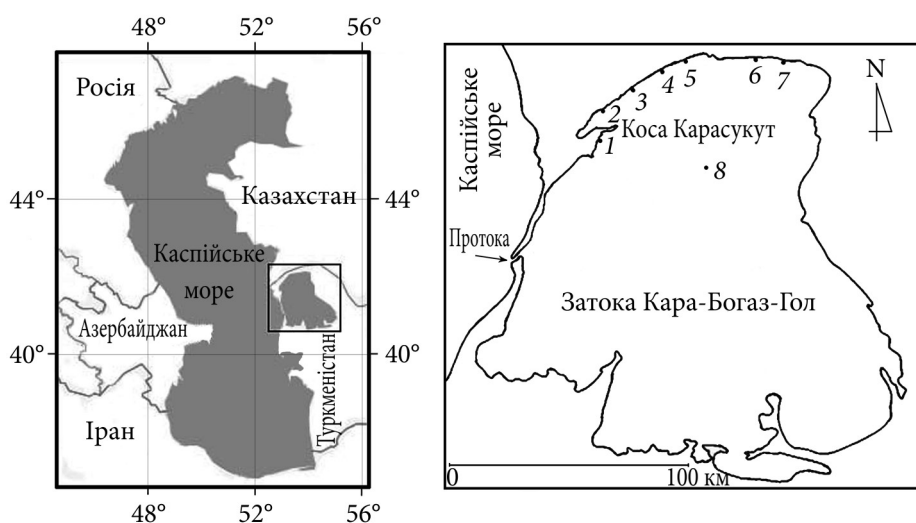


Рис. 1. Карта-схема затоки Кара-Богаз-Гол із розташуванням станцій відбору проб цист *Artemia* по її акваторії

Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Ni, Cr, Mn і Fe в цистах був більшим порівняно з хоріоном (рис. 2, 3).

Одержані результати досліджень свідчать про те, що вміст металів у цистах *Artemia* змінюється залежно від станції вилову в затоці (табл. 2). У цистах *Artemia* із затоки виявлено значний вміст Fe (605,00—1189,30 мкг/г), Zn (до 450,40 мкг/г), Cu (до 257,10 мкг/г) і Sr (до 231,80 мкг/г).

Найбільший вміст важких металів спостерігався у цистах рачків, виловлених у затоці на прибережних станціях 3—5 і 7, розташованих у північно-західній частині затоки, до якої близько розміщені виробничі потужності підприємств хімічної промисловості [18]. Максимальні концентрації Pb були характерні для цист, відібраних на ст. 8 у північно-західній пелагічній частині затоки. Вміст Cu, Mn та Ni у цистах рачків із затоки варіював у досить широких межах (відповідно 7,40—257,10, 1,80—66,80 і 0,0—54,70 мкг/г), а Cd і Co зустрічалися в дуже низьких концентраціях (відповідно 0,0—0,04 і 0,10—5,80 мкг/г).

Слід зазначити, що Pb, Cd, Cr, Sr, Ni та деякі інші вважаються токсичними металами, а Cu, Zn, Mn, Co, Ca і Fe — есенціальними елементами. В порівнянні з іншими металами, кадмій і нікель характеризуються високою токсичністю [20]. Значною мірою токсичність металів залежить — від форми знаходження у водному середовищі. Варто зазначити, що високі концентрації металів чинять негативний вплив на життєдіяльність гідробіонтів [9—11, 14].

Наявність Cu, Zn і Fe у цистах, в тому числі у хоріоні, пояснюється тим, що ці метали необхідні для підтримки життєздатності стадії спокою *Artemia*. Відомо, що Zn є важливим компонентом багатьох ферментів [8].

Таблиця 2
Вміст металів у цистах *Artemia* із загоки Кара-Богаз-Гол, мкг/г сухої маси ($M \pm m, n = 3$)

Метали	Номери станцій								Критерій Стьюдента (порівняння значень)							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1 i 2	1 i 3	1 i 4	1 i 5	1 i 6	1 i 7	1 i 8	
Pb	2,80± 2,40	1,30± 0,80	6,80± 3,50	6,20± 2,90	0,0	3,60± 0,10	0,0	14,90± 1,80	0,61	1,18	0,89	0,34	0,34	4,09		
Cu	7,40± 4,70	32,90± 0,60	257,10± 31,30	36,40± 7,60	53,60± 20,40	55,60± 6,60	53,20± 14,10	179,10± 13,60	5,38	7,88	3,24	0,99	5,93	3,09	11,93	
Cd	0,0	0,04± 0,01	0,02± 0,01	0,0	0,0	0,02± 0,001	0,0	0,0	0,0							
Zn	62,20± 43,70	175,40± 17,00	203,00± 14,70	234,90± 33,80	450,40± 12,10	60,50± 7,80	211,90± 29,90	77,30± 6,10	2,41	3,06	3,12	6,07	0,04	2,83	0,34	
Co	0,20± 0,10	0,90± 0,03	0,20± 0,10	5,80± 5,70	0,30± 0,10	0,20± 0,02	0,10± 0,02	1,30± 0,10	5,11	0,54	0,97	3,52	0,67	1,17	5,98	
Ni	14,40± 5,10	0,20± 0,02	0,0	54,70± 26,70	1,80± 0,70	9,80± 3,30	0,80± 0,40	12,00± 3,40	2,78		1,48	0,31	0,63	2,66	0,33	
Cr	21,10± 18,80	2,90± 0,40	2,20± 0,90	82,70± 20,30	80,40± 28,20	0,50± 0,10	45,30± 9,70	7,60± 0,70	0,96	0,99	2,23	2,28	1,09	1,15	0,71	
Mn	11,20± 1,40	1,80± 0,20	14,10± 8,10	42,30± 14,00	22,50± 1,70	12,60± 0,40	66,80± 12,80	15,90± 0,70	6,89	0,36	2,21	5,19	0,99	4,31	3,13	
Sr	94,00± 33,40	49,60± 1,20	2,40± 0,80	197,50± 73,70	231,80± 47,90	0,80± 0,03	158,40± 23,40	31,20± 6,70	1,33	2,74	1,28	3,12	2,79	1,57	1,85	
Fe	643,30± 72,80	605,00± 4,60	777,00± 99,80	1189,30± 442,50	789,00± 176,30	934,00± 97,60	681,50± 62,60	717,00± 93,50	0,52	1,08	1,22	0,97	2,38	0,39	0,62	
Ca	61,20± 16,70	64,50± 0,90	85,80± 17,70	74,30± 11,70	100,00± 4,60	70,40± 0,40	82,30± 10,20	56,10± 12,20	0,20	1,01	0,64	2,06	0,55	1,08	0,25	

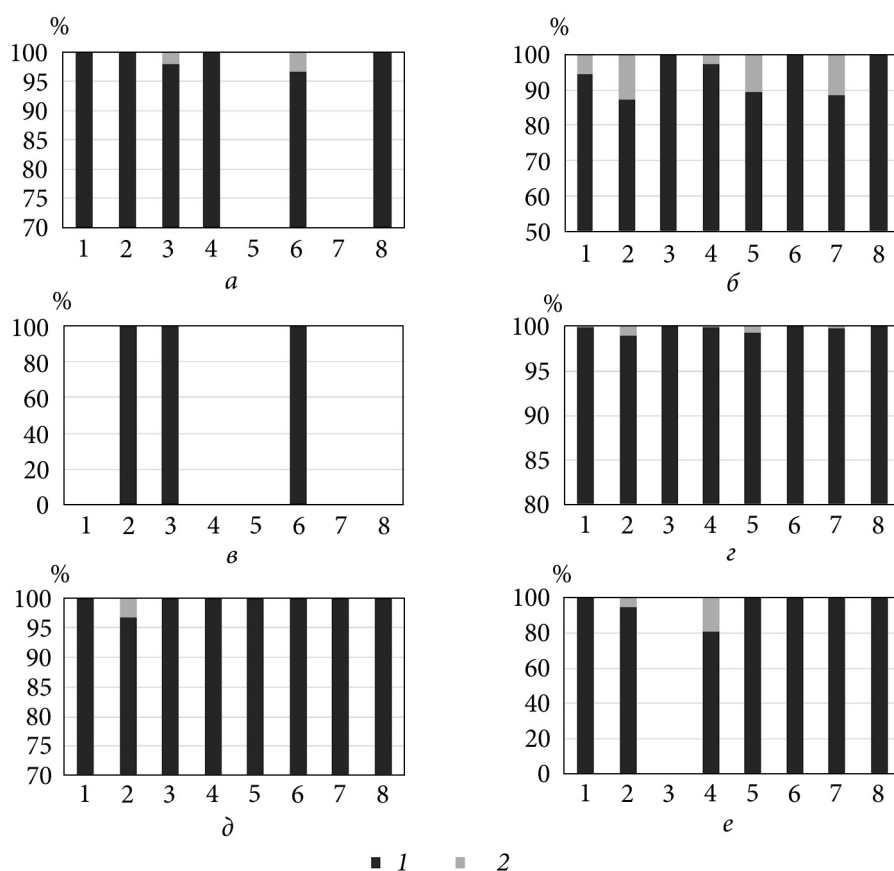


Рис. 2. Співвідношення вмісту металів Pb (а), Cu (б), Cd (в), Zn (г), Co (д) і Ni (е) в цистах (1) і хоріоні (2) цист *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол

Си необхідний для ефективного використання Fe в організмі гідробіонтів і відіграє важливу роль у забезпеченні каталітичної активності ферментів [16]. Нестача Zn і Cu призводить до порушення певних метаболічних функцій, оскільки ці метали є кофактором різних ферментів, які беруть участь в життєдіяльності живих організмів [21]. На думку деяких дослідників, Fe накопичується в хоріоні цист [6], але наші дослідження спростовують даний висновок, проте в хоріоні цист рачка виявлено значний вміст Mn, Sr і Ca (рис. 3). Встановлено, що йони Ca^{2+} активують так званий «фермент вилуплення», який утворюється при руйнуванні оболонки цисти в момент виходу наупліуса *Artemia* назовні [19].

Відмічено майже повну відсутність у хоріоні цист *Artemia* з Кара-Богаз-Гола Cr, Co, Cd та Pb, які, імовірно, сконцентровані в ембріоні та інших структурах цист рачка.

Накопичення таких металів, як Pb, Cd, Co, Cr, Sr, Ni і Mn, в цистах *Artemia* затоки Кара-Богаз-Гол може вказувати на забруднення середовища існування ракоподібного [8, 17].

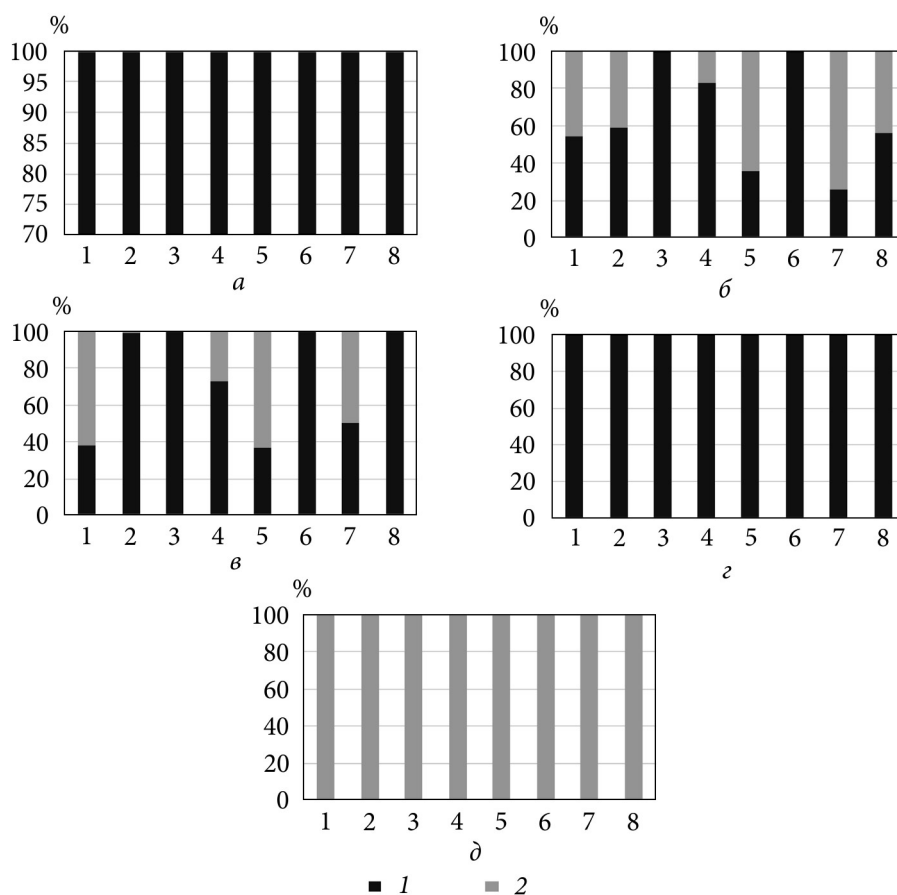


Рис. 3. Співвідношення вмісту металів Cr (а), Mn (б), Sr (в), Fe (г) і Ca (д) в цистах (1) і хоріоні (2) цист *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол

Для оцінки рівня забруднення важкими металами цист *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол ми скористалися літературними даними, що містять відомості про концентрацію таких металів у цистах рачка з інших місцевостей. Результати проведених досліджень щодо вмісту металів у цистах *Artemia* із солоних водойм Бразилії, Австралії, Італії та США [22, 26], Сардинії [23], Тунісу [8] і Кримського п-ва [6], представлені в таблиці 3.

Порівнюючи наші результати з даними, отриманими іншими дослідниками, відзначимо, що цисти *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол містять високі концентрації Cu, Zn, Co, Ni, Cr та Sr порівняно з цистами із солоних водойм Бразилії, Австралії, Італії, США (штат Юта, затоки Сан Пабло і Сан Франциско) і Тунісу, проте в меншій мірі забруднені Pb, Cd і Fe. Інша картина спостерігається при порівнянні цист рачка із затоки з цистами із солоних водойм Кримського п-ва, що характеризуються найвищими концентраціями Cd, Zn, Sr і Fe.

Таблиця 3

Вміст металів у цистах *Artemia*, мкг/г сухої маси

Місця збору	Метали										Літературні джерела
	Pb	Cu	Cd	Zn	Co	Ni	Cr	Sr	Fe		
Заг. Кара-Богаз-Гол (Туркменістан)	4,50	84,4	0,01	184,5	1,13	11,70	30,4	91,3	792	Оригінальні дані	
Водойми											
Бразилії	8,90	4,7	0,02	59,0	0,35	0,23	—	—	804	[22]	
Австралії	2,10	4,6	0,15	—	0,20	0,50	1,8	—	820	[22]	
Італії	17,00	14,0	0,09	125,0	1,60	4,00	3,7	—	1860	[22]	
США (штат Юта)	5,10	42,0	0,28	81,0	0,34	2,90	2,0	—	800	[22]	
Заг. Сан Пабло (США)	6,60	10,2	0,26	78,0	1,90	6,60	4,4	—	1380	[22]	
Заг. Сан Франциско (США)	<0,50	5,0	<0,05	59,0	—	—	—	—	—	[26]	
о. Сардинія (Італія)	10,60	25,7	1,90	129,0	—	—	—	—	—	[23]	
Водойми Тунісу	0,73	18,0	1,44	74,7	—	—	—	—	—	[8]	
Солоні водойми Кримського п-ва	1,91	38,8	1,67	257,9	—	—	—	105,4	2156	[6]	

Відмінності у вмісті мікроелементів у цистах *Artemia* з різних біотопів, ймовірно, можна пояснити особливостями кожної з проаналізованих водойм, які залежать, зокрема, від джерел надходження металів у водойму і ступеня забрудненості ними навколишнього середовища.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено здатність цист *A. parthenogenetica* із затоки Кара-Богаз-Гол накопичувати у значних кількостях метали (Pb до 14,90 мкг/г, Cu до 257,10, Cd до 0,04, Zn до 234,90, Co до 5,8, Ni до 54,7, Cr до 82,7, Mn до 66,8, Sr до 231,8, Fe до 1189,3 і Ca до 100,0 мкг/г). Частка досліджуваних металів у цистах рачка була значно вищою, ніж у хоріоні цист, у якому переважали Mn, Ca і Sr. Вміст важких металів, таких як Pb, Cd і Co, у цистах *Artemia* із затоки Кара-Богаз-Гол був нижчим порівняно з цистами з інших оселищ рачка, де вони в даний час видобуваються і використовуються як стартовий корм для личинок і молоді риб і ракоподібних в умовах аквакультури. Таким чином, вивчення хімічного складу цист *A. parthenogenetica* з Кара-Богаз-Гола показало, що вони можуть успішно використовуватись в якості корму для культивованих об'єктів аквакультури, оскільки найменше забруднені металами.

Список використаної літератури

1. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Голосницкая В.А. Корреляция и прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и хелатных сорбентов. Москва : Наука, 1986. 199 с.
2. Булатов С.А. Новые виды диатомовых (Bacillariophyta) для флоры залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море). *Ботан. журн.* 2021. Т. 106. № 1. С. 52—60.
3. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016 / Под ред. А.Н. Коршенко. Москва : Наука, 2017. 232 с.
4. Лепешков И.Н., Буйневич Д.В., Буйневич Н.А., Седельников Г.С. Перспективы использования солевых богатств Кара-Богаз-Гола. Москва : Наука, 1981. 273 с.
5. Петреченкова В.Г., Радованова И.Г. Содержание тяжелых металлов в воде северо-западной части Каспийского моря. *Астрахан. вестн. экол. образования.* 2018. Т. 46. № 4. С. 28—34.
6. Руднева И.И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве. Киев: Наук. думка, 1991. 140 с.
7. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим: ФАО, 2020. 205 с.
8. Aloui N., Amorri M., Azaza M., Chouba L. Study of trace metals (Hg, Cd, Pb, Cu and Zn) in cysts and biomass of *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) (Branchiopoda, Anostraca) from the salt work of Sfax (Tunisia). *Crustaceana.* 2012. Vol. 85, N 1. P. 1—10.
9. Brereton A., Lord H., Thornton I., Webb J.S. Effect of zinc on growth and development of larvae of the pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Marine biology.* 1973. Vol. 19. P. 96—101.
10. Calabrese A. How some pollutants affect embryos and larvae of American oyster and hardshell clam. *Marine fisheries review.* 1972. Vol. 34. P. 66—67.
11. Calabrese A., Collier R.S., Nelson D.A., MacInnes J.R. The toxicity of heavy metals to the embryos of the American oyster *Crassostrea virginica*. *Marine biology.* 1973. Vol. 18. P. 162—166.
12. Chen H.C., Shieh M.H. Acute toxicity of heavy metals to some marine prawns. *China fisheries monthly.* 1979. Vol. 316. P. 3—10.

13. Chen J.C., Liu P.C. Accumulation of heavy metals in the nauplii of *Artemia salina*. *Journal of the world aquaculture society*. 1987. Vol. 18, N 2. P. 84—93.
14. Elderfield H., Thornton L., Webb J.S. Heavy metals and oyster culture in Wales. *Marine pollution bulletin*. 1971. Vol. 2. P. 44—47.
15. Gajbhiye S.N., Hirota R. Toxicity of heavy metals to brine shrimp *Artemia*. *Journal of the Indian fisheries association*. 1990. Vol. 20. P. 43—50.
16. Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. INRA : Ifremer, 1999. 490 p.
17. Hassan A.A.R., Chris M.W., Smith S.D. Physicochemical and spectroscopic properties of natural organic matter (NOM) from various sources and implications for ameliorative effects on metal toxicity to aquatic biota. *Aquat. toxicol.* 2011. Vol. 103, N 3—4. P. 179—190.
18. Kosarev A.N., Kostianoy A.G., Zonn I.S., Zhiltsov S.S. The Caspian Sea and Kara-Bogaz-Gol Bay // The Turkmen Lake Altyn Asyr and Water Resources in Turkmenistan. The handbook of Environmental Chemistry. Vol. 28 / Ed. by I.S. Zonn, A.G. Kostianoy. Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. P. 69—94.
19. Lavens P., Sorgeloos P. The cryptobiotic state of *Artemia* cysts, its diapause deactivation and hatching: a review // *Artemia* research and its applications. Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture / Ed. by P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decler, E. Jaspers. Wettern : Belgium, Universa Press, 1987. P. 27—63.
20. MacRae T.H., Pandey A.S. Effects of metals on early life stages of the brine shrimp *Artemia*: A developmental toxicity assay. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 1991. Vol. 20. P. 247—252.
21. Marlene F., Vierling E. Biochimie des aliments. Diététique du sujet bien portant. Doin : CRDP d'Aquitaine, 2002. 305 p.
22. Olney C.E., Schauer P.S., Mac Lean S. et al. Comparison of the chlorinated hydrocarbons and heavy metals in five different strains of newly hatched *Artemia* and a laboratory-reared marine fish // The brine shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture / Ed. by G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers. Wettern : Belgium, Universa Press, 1980. P. 343—352.
23. Petrucci F., Caimi S., Mura G., Caroli S. *Artemia* as a bioindicator of environmental contamination by trace elements // *Microchem. J.* 1995. Vol. 51, N 1—2. P. 181—186.
24. Sorgeloos P., Baeza-Mesa M., Claus C. et al. *Artemia salina* as live food in aquaculture // Fundamental and applied research on the brine shrimp *Artemia salina* (L.). Bredene : European mariculture society. Special publication, 1977. N 2. P. 37—46.
25. Sorgeloos P., Persoone G. Technical improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II. Hatching and culturing of the brine shrimp *Artemia salina* L. *Aquaculture*. 1975. Vol. 6. P. 303—317.
26. Wickins J.F. The food value of brine shrimp, *Artemia salina* L., to larvae of the prawn *Palaemon serratus* Penna. *Journal of experimental marine biology and ecology*. 1972. Vol. 10, N 2. P. 151—170.

Надійшла 01.03.2021

S.A. Bulatov, General Manager,
International Institute for Modeling and Forecasting the Development of Marine and
Hypersaline Ecosystems LLC,
Maydanovo, 18—19, Klin, 141603, Russian Federation
e-mail: mimgе_rus@mail.ru, mimgе2020@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9257-4754

STUDY OF METAL IN *ARTEMIA PARTHENOGENETICA* (BRANCHIOPODA,
ANOSTRACA) CYSTS FROM KARA-BOGAZ-GOL BAY (CASPIAN SEA)

The article presents the results of studies of the content of metals in cysts, including in the chorion of cysts, parthenogenetic population of the brine shrimp *Artemia parthenogenetica* Barigozzi in the Kara-Bogaz-Gol Bay (Caspian Sea). It has been established that the total concentration of lead (Pb), copper (Cu), cadmium (Cd), zinc (Zn), cobalt (Co), nickel (Ni), chromium (Cr), manganese (Mn), strontium (Sr), iron (Fe) and calcium (Ca) in cysts, including the chorion of cysts, was in a fairly wide range of values (Pb 0,0—14,90 µg/g, Cu 7,40—257,10, Cd 0,0—0,04, Zn 60,50—234,90, Co 0,10—5,80, Ni 0,0—54,70, Cr 0,50—82,70, Mn 1,80—66,80, Sr 0,81—231,80, Fe 605,00—1189,30 i Ca 56,10—100,00 µg/g). The maximum concentrations of Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Ni, Cr, Mn, and Fe were recorded in the cysts of *Artemia*, Mn, Sr and Ca in the chorion of the cysts. The greatest contamination of *Artemia* cysts with metals was noted in the northwestern part of the bay, the water area adjacent to the locations of chemical industry enterprises. To assess the prospects of using *Artemia* cysts from the Kara-Bogaz-Gol Bay as a starting live food in aquaculture, a comparison of the metal content in them with cysts from other habitats is given.

Keywords: Kara-Bogaz-Gol, Caspian Sea, metals, toxicity, *Artemia parthenogenetica*, cysts.