

7. Al-Masri M.S., Mamish S., Budeir Y. Enhancement of ^{210}Po and ^{210}Pb Arising from Phosphate Industry in the Syrian Coast /Extended Synopses: Mater. Inter. Symp. Marine Pollution, Monaco, 5-9 October 1998. - IAEA. - 1998. - P. 299-300.
8. Swift D.J., Smith D.L., Allington D.J., Winpenny K. Laboratory and Field Study of ^{210}Po Depuration by Edible Winkles (*Littorina littorea* L.) from the Cumbrian Coast (North-Eastern Irish Sea) // J. Environ. Radioactivity. - 1995. - 26. - P. 119-133.
9. Balestra S., Gastaud J., Lopez J., Parsi P., Vas D. Intercomparision of Radionuclide Measurements in Baltic Sea Sediments /IAEA, Vienna: IAEA-300. - December 1993. - 148 p.

Ин-т биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 02.07.99

G.E. LAZARENKO

THE STUDY OF ^{210}Po DISTRIBUTION IN BOTTOM SEDIMENTS ON THE BLACK SEA SHELF ALONG THE CRIMEAN COAST

Summary

The concentrations of natural radionuclide ^{210}Po in bottom sediments along the Crimean coast were determined. Samples were collected during the 53d cruise of the R/V "Professor Vodyanitskiy" (30 March-2 April 1999) and in the Sevastopol Bay (4 November, 1998 and 8 June, 1999). ^{210}Po concentrations were estimated as 11.3-48.1 Bq.kg⁻¹ dry weight. This study was a constituent part of the international project REF/2/003 "Marine Environmental Assessment in the Black Sea Region" under the auspices of the International Atomic Energy Agency.

УДК:594.574.63(262.5)

О. И. ОСКОЛЬСКАЯ, В. А. ТИМОФЕЕВ, Л. В. БОНДАРЕНКО

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LMK

При исследовании морфофизиологических адаптаций *Mytilus galloprovincialis* разных размерных групп из прибрежных акваторий Крыма с различным уровнем антропогенного загрязнения выявлены достоверные различия габитуальных показателей в наиболее загрязненных бухтах. Установлено, что с увеличением загрязненности района снижается содержание каротиноидов, липидов и АТФазной активности в тканях мидий, увеличиваются приведенная удельная поверхность и число филламентов жабр. Снижение физиологических характеристик компенсируется повышением степени рассеянности жабр, что способствует выравниванию интенсивных обменных процессов. Это может служить основанием для использования приведенной удельной поверхности и числа жаберных филламентов для биоиндикации морской среды.

Двустворчатые моллюски обладают различной устойчивостью к действию токсикантов, что позволяет использовать их при биомониторинге состояния среды [5]. Настоящая работа посвящена исследованию морфофизиологических адаптивных реакций средиземноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lmk в связи с антропогенным загрязнением в прибрежных акваториях. В качестве индикаторной морфологической структуры, реагирующей на антропогенную нагрузку, выбраны

жабры. При этом исходили из того, что рост мидий в разных условиях в первую очередь отразится на развитии жаберной поверхности, которая в силу значительной морфологической пластичности является отражением длительного воздействия факторов среды на тонкой полифункциональной структуре жабр.

Материалы и методика. Объектом исследований служили мидии *Mytilus galloprovincialis* разных размерных групп. Моллюсков отбирали в разных по экологическим условиям акваториях Крыма: бухта Ласпи, причальная стенка Камышовского горта в бухте Камышовая, бухта Севастопольская (район ГРЭС и кутовая часть бухты Южной), пляж в районе Карадагской биостанции и скальный створ Золотых ворот (Карадаг). Сбор проб осуществлялся в 1994-1997 гг. на скальных грунтах с глубины 2 - 3 м.

Габитуальными показателями служили длина, ширина, высота, отношение длины створок к их высоте, площадь поверхности жабр. Нами применен универсальный, безразмерный, немасштабный показатель приведенной удельной поверхности S_0 , который равен отношению корня квадратного из площади жабр к корню кубическому из их объема. Показатель предложен Ю.Г. Алеевым для выделения критериев жизненных форм [1]. Для определения S_0 у живых моллюсков выделяли жабры и помещали под бинокляр. Измерения производили с помощью окулярной линейки. Площадь и объем жаберных лепестков находили по стандартным формулам. Пробы мягких тканей и жабр фиксировали уксусом для последующих биохимических анализов. Физиологическое состояние моллюсков оценивали по уровню АТФазной активности, содержанию каротиноидов, белков, углеводов и липидов в тканях, а также по отношению сухого веса тела моллюска к весу его раковины. Данные подвергнуты статистической обработке [8]. Линии регрессии построены методом наименьших квадратов. Проводилась статистическая оценка параметров стандартного отклонения σ_y и σ_x , коэффициентов a ($\&a$) и b ($\&b$), коэффициента корреляции r , а также сравнение коэффициентов регрессии по t -критерию. Поскольку воды бухты Ласпи считаются условно чистыми, моллюски из этой бухты служили контролем. Полученные в этом районе данные легли в основу построения базовой кривой развития жаберной поверхности мидий в широком размерном диапазоне, относительно которой оценивали показатель моллюсков из других акваторий.

Результаты и обсуждение. Данные морфофизиологических исследований приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Морфологические характеристики *Mytilus galloprovincialis* из различных черноморских бухт

Table 1. Some morphological characteristics of *Mytilus galloprovincialis* from the Black Sea bays

Район	L/h*	ts	S	ts	So	ts	N	ts
Бухта Ласпи	2,7+0,10		10,0+0,01		2,5+0,16		31+-1,79	
Карадаг (Золотые ворота)	2,12+0,15	0,56	10,0+0,02	0,00	3,4+0,20	3,51	40+-2,11	3,25
Карадаг (пляж Биостанции)	2,5+0,15	1,12	11,2+0,02	1,67	3,8+0,22	4,73	44+-1,94	4,92
Бухта Камышовая (порт)	2,2+0,18	2,50	12,0+0,02	2,63	4,1+0,18	6,64	45+-1,49	6,01
Бухта Севастопольская (ГРЭС)	2,2+0,19	2,38	12,0+0,02	3,00	4,1+0,26	5,25	46+-2,21	5,27
Бухта Южная (кутовая часть)	2,1+0,07	2,50	12,4+0,03	2,22	4,3+0,57	3,06	46+-2,45	4,94

* - L / h - отношение длины моллюска к его высоте; S - площадь жаберной поверхности; So - показатель приведенной удельной поверхности жабр; N - число жаберных филламентов, при выборке n=10, ts-критерий Стьюдента расчётный, t табличный при P=0,95 равен 2,26.

Снижение значений отношений сухой массы тела к массе створок, длины моллюсков к их высоте свидетельствует о нарушении ростовых процессов. Известно,

что антропогенное загрязнение приводит к истощению мягких тканей, уменьшению висцеральной массы и размеров моллюсков [3, 9]. Вероятно, наблюдаемое нами увеличение числа жаберных филamentos, площади поверхности и S_0 жабр моллюсков по мере нарастания антропогенной нагрузки обуславливает рост объемных показателей с нарушениями пропорций раковины. Однако помимо антропогенных факторов на габитуальные показатели мидий значительное воздействие оказывают и гидрологические характеристики районов, зараженность паразитами, свойства грунта и т.д. [40, 11].

Таблица 2. Физиологические характеристики *Mytilus galloprovincialis* из различных черноморских бухт

Table 2. Some physiological characteristics of *Mytilus galloprovincialis* from the Black Sea bays

Район	mT/mC*	ts	Ck	ts	Сл	ts	АТФаза	ts
Бухта Ласпи	0,11±0,10		0,12±0,01		6,2±0,18		0,58±0,12	0,59
Карадаг (Золотые ворота)	0,12±0,01	0,10	0,12±0,01	0,00	6,0±0,21	0,70	0,51±0,02	
Карадаг (пляж Биостанции)	0,11±0,01	0,00	0,10±0,01	0,02	5,4±0,37	1,8	0,50±0,02	0,65
Бухта Камышовая (порт)	0,08±0,01	0,03	0,07±0,01	0,05	1,1±0,16	21,2	0,21±0,03	2,9
Бухта Севастопольская (ГРЭС)	0,07±0,01	0,40	0,05±0,01	0,07	0,8±0,18	21,6	0,12±0,02	3,8
Бухта Южная (кутовая часть)	0,07±0,01	0,40	0,05±0,01	0,07	0,8±0,18	21,6	0,12±0,03	3,7

* - mT/mC - отношение сухой массы тела к массе створок; Ck - концентрация каротиноидов, Сл - липидов; АТФаза - АТФазная активность жабр, при выборке n=10, ts-критерий Стьюдента расчётный, t табличный при P=0,95 равен 2,26.

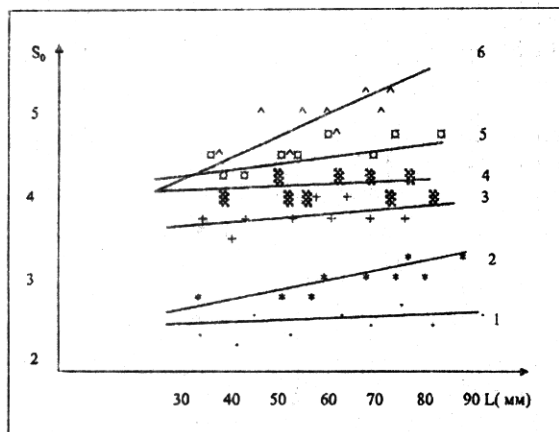


Рис. 1. Зависимость приведенной удельной поверхности жабр от длины раковины (L) у мидий из разных районов: 1 - 6.Ласпи, 2 - створ Золотых ворот (Карадаг), 3 - район Биостанции (Карадаг), 4 - порт 6.Камышовая, 5 - 6.Севастопольская (ГРЭС), 6 - кутовая часть 6. Южная.

Fig. 1. The relationship between reduced gill surface and the mussel shell length : 1 - Laspi Bay; 2 - Golden Gate (Karadag); 3 - Karadag Biostation; 4 - Kamyshovaya Bay; 5 - Sevastopol Bay; 6 - Southern Bay (Sevastopol)

В табл. 1 и 2 приведен критерий Стьюдента (ts), рассчитанный для выборок контрольной группы (6. Ласпи) и каждого из исследованных районов. Установлено, что из всех выбранных нами морфологических показателей S_0 и N характеризуются большей достоверностью отличий у моллюсков контрольного и сравниваемого с ним района (табл.2), а из физиологических показателей - это Сл, Ск и АТФаза. Снижение Ск более, чем в 2 раза, АТФазной активности в 4,5 раза и Сл в 7,6 раза говорит о предельных нагрузках на работу физиологического аппарата у мидий из бухты Южной. При сравнении этих показателей у мидий из исследованных районов с контрольными во всех случаях получены достоверные различия,

тогда как другие изученные нами морфологические и физиологические показатели не дали столь значимых отличий. Этот факт служит основанием для использования показателей N и So для биоиндикации морской среды.

На рис. 1 приведен график развития жаберной поверхности мидий разных размерных групп из разных по экологическому состоянию акваторий Крыма. Очевидно, что, если значения So у исследуемых моллюсков лежат выше построенной нами прямой 1 (б.Ласпи), это служит основанием предположить возможность длительного загрязнения района, если же на ее уровне или ниже - район сбора проб достаточно чистый. С увеличением загрязненности района прямые развития жаберной поверхности располагаются не только значительно выше контрольной прямой 1, возрастает и угол их наклона, однако достоверность отличий по этому параметру установлена только для линий регрессии 2 и 6. Можно предположить, что в этих бухтах повышено содержание тяжелых металлов. По расположению линий регрессии на рис. 1 видно, что базовая прямая занимает нижнее положение, тогда как все остальные занимают более высокий уровень. Уровни прямых 3, 4, 5 и 6 достоверно не различаются между собой, тогда как их отличие от прямой 1 достоверно. Данные, характеризующие экологическое состояние этих районов, приведены в табл.3.

Таблица 3. Содержание органического вещества, хлороформных битумоидов, углеводов, массовая доля углерода и азота, их отношение в донных осадках (по [2])

Table 3. The content of organic matter, chloroform bitumoids, hydrocarbons, the share (weight) of and the proportion between carbon and nitrogen in bottom sediments [2]

Район	орг.вещ., %	хлорофор. битумоид г/100г	углеводо- роды, г/100г	C орг. %	Нообщ. %	C/N
Бухта Ласпи	0,87	0,01	-	0,82	0,13	6,3
Карадаг (Золотые ворота)	1,32	0,06	-	1,19	0,19	6,2
Карадаг (Пляж Биостанции)	1,60	0,06	-	0,88	0,10	8,8
Бухта Камышовая (порт)	3,80	0,42	0,17	22,09	0,08	26,12
Бухта Севастополь- ская (р-он ГРЭС)	7,46	1,90	1,49	4,10	0,23	17,83
Бухта Южная (куто- вая часть)	9,59	4,06	4,56	5,27	0,31	17,00

Бухту Ласпи и побережье Карадага относят к открытому побережью Крыма. По [2], относительно низкое содержание органического вещества (1,6%) и хлороформного битумоида свидетельствует об отсутствии загрязнения углеводородами донных осадков данной акватории. Донные осадки бухт Камышовая, Севастопольская, Южная обогащены органическим углеродом, причем содержание общего азота находится в определенной связи с количеством органического углерода. Накопление органического углерода происходит наряду с увеличением концентраций хлороформных битумоидов, которые в кутовой части бухты Южной достигают 4,6г/100 г. Данные о пространственном распределении общей ртути в донных отложениях свидетельствуют о высоком загрязнении бухт Южной (1466 нг г^{-1}) и Севастопольской (174 нг г^{-1}). Из приведенных материалов следует, что наибольшему антропогенному воздействию подвергается бухта Южная [4].

Увеличение компактности расположения филламентов расширяет рабочую поверхность жабр, что можно рассматривать как морфологическую адаптацию, способствующую увеличению интенсивности дыхания при повышении антропогенных нагрузок. Подобные адаптации описаны нами ранее для двустворчатых моллюсков других семейств [5, 6, 7].

В бухтах Севастопольской и Южной при увеличении длины моллюска на 20% S_0 его жабр должна увеличиться на 30%, чтобы обеспечить поддержание нормального обмена веществ. Прирост жаберной поверхности в загрязненных акваториях должен в 1,5 раза опережать прирост линейных размеров раковины. Очевидно, что такая ростовая диспропорция приводит к предельной нагрузке физиологического аппарата. Если в экспериментах при кратковременном воздействии токсикантов на моллюсков наблюдается увеличение в их тканях содержания каротиноидов и липидов [2], то в естественных местообитаниях при их долговременном воздействии мы наблюдаем подавление физиологических адаптаций. Угол наклона прямой 6 намного выше, чем угол наклона контрольной прямой 1. Это свидетельствует о том, что бытовые загрязнения менее пагубно влияют на жаберный аппарат, чем комплексное (табл.3).

Анализ данных, полученных для *Mytilus galloprovincialis* разных размерных групп из разных по антропогенному воздействию акваторий Крыма, позволяет заключить, что развитие жабр под влиянием загрязнителей происходит таким образом, что снижение основных физиологических характеристик моллюсков (табл.2) компенсируется повышением степени рассеченности жабр, что и находит отражение в увеличении приведенной удельной поверхности. Такая компенсаторная реакция, по-видимому, приводит к выравниванию интенсивности обменных процессов.

Выявленная закономерность может быть использована для характеристики качества водной среды. Предлагаемый нами способ [5] заключается в построении контрольной линии регрессии S_0 жабр моллюсков разных размерных групп и сопоставлении с ней данных, полученных для моллюсков исследуемых районов. Он относительно прост и надежен, не требует больших материальных затрат для сравнительной оценки загрязнения водных акваторий и может быть успешно использован не только для биоиндикации, но и при осуществлении долговременных прогнозов состояния морских экосистем.

Выводы: 1. Габитуальные показатели моллюсков из разных по уровню антропогенного загрязнения районов различны. Отношение длины раковины к ее высоте достигает минимальной величины в наиболее загрязненной Южной бухте, а максимальной - в относительно чистой бухте Ласпи. 2. В загрязненных акваториях бухт Камышовая, Северная и Южная у мидий наблюдается снижение основных физиологических показателей: концентрации каротиноидов в 1,7-2,4 раза; АТФазной активности в 2,8-4,5 раза; концентрации липидов в 5,6-7,6 раза, что свидетельствует о предельных нагрузках на физиологический аппарат мидий. 3. Морфометрические показатели жабр мидий - приведенная удельная поверхность и число жаберных филламентов - возрастают по мере увеличения степени загрязнения морских акваторий и достигают максимума в бухте Южной. 4. Показатели S_0 и N могут быть рекомендованы для биоиндикации морской среды. Предложенный нами способ биоиндикации заключается в построении контрольной линии регрессии приведенной удельной поверхности жабр моллюсков разных размерных групп и сопоставлении с ней данных S_0 и N , полученных для моллюсков из исследуемых районов.

1. Алев Ю.Г. О биогидродинамических различиях планктона и нектона // Зоол. журн. - 51, - вып. 1. - 1972. - С.5-12.
2. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Дивавин И.А. Санитарно-биологические исследования в Черном море - С.-Петербург, 1992. - 115 с.
3. Многолетние изменения зообентоса Черного моря / Заика Т.В. и др. Отв.ред. Заика В.Е. - Киев: Наук.думка, 1992. - 247 с.
4. Светашев С.К. Загрязнение ртутью воды, грунта и рыб Северной бухты // Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. - Киев: Наук. думка, 1993. - С. 67-71.
5. Оскольская О.И. Степень развития жаберной поверхности двустворчатых моллюсков как индикатор Среды обитания // Тез. научно-коорд. совещ.: Экологич. нормирование, проблемы и методы; Пушино, 13-17 апр. 1992. - Москва, 1992. - С. 106-107.
6. Оскольская О.И., Тимофеев В.А. Морфофизиологическая пластичность жабр перловицы Стевена в разных участках ареала реки Черной (Крым) // Съезд гидроэкологов Украины. - Киев, 1994. - С.251.

7. Оскольская О.И., Тимофеев В.А. Зависимость развития жаберной поверхности *Unio pictorum* и *Anodonta stagnalis* Gmelin от содержания углеводов в грунтах // П съезд гидроэкологов Украины.- Киев, 1997.- С. 91.
8. Урбах В.Ю. Математическая статистика для биологов.- М, 1963.- 323 с.
9. Шадрин Н.В., Лежнев И.В. Изменение популяции *M.galloprovincialis* под влиянием сточных вод // Биоэнергетика гидробионтов.- Киев: Наук.думка, 1990.- С. 78-82.
10. Buyanovsky A.I. Four phenotypes of the mussel, *Mytilus trossulus* (Bivalvia) from different microhabitats. Quantified Phenotypic Responses in Morphology and Physiology (J.C. Aldrich, Ed.).- JAPAGA: Ashford, 1993. - P.1 43-146.
11. Shadrin N.V., Machkevsky V.K., Lezhnev I.V. Quantified phenotypic responses of mussels to entrophication. Quantified Phenotypic Responses in Morphology and Physiology (J.C. Albrich, Ed.). - JAPAGA, Ashford, 1993. - P. 259-270.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г.Севастополь

Получено 22.05..99

O.I. OSKOLSKAYA, V.A.TIMOFEYEV, L.V. BONDARENKO

THE EFFECT OF BLACK SEA SHELF POLLUTION ON MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MUSSEL *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LMK

Summary

Morphological and physiological characteristics of the mussel *Mytilus galloprovincialis* belonging to different size groups from coastal waters of the Crimea having the different level of anthropogenic pollution have been studied. Habit parameters of mussels from the most polluted bays differed positively. Carotenoid and lipid content and ATPase activity of mussels soft tissues decrease and the reduced specific surface and the number of gill filaments increase accordingly the pollution gradients. The increase of gill filament jagged is a compensation for the reduced physiological characteristics promoting to equalization of metabolic processes. This fact gives reason for using reduced specific surface and gill filament number as bioindicators of marine environment.

УДК 579:543.8(262.5)

Л. Л. СМЕРНОВА, Т. В. НИКОЛАЕНКО, Н. А. АНДРЕЕВА*,
Е. П. БАШИНСКИЙ*

ХИМИКО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

В прибрежном мелководье бухты Казачьей (Севастополь) в районе размещения вольеров с морскими млекопитающими, где накапливаются продукты метаболизма животных, содержание N_{org} включая азот мочевины, аммонийного азота, содержание растворенного кислорода в весенне-летний период изменялось от 300 до 114 мкМ/л; численность гетеротрофных бактерий в морской воде достигала $10^3 - 2.1 \times 10^4$ кл/мл, уборабактерий - $10^2 - 8.3 \times 10^3$ кл/мл.

При экологическом контроле морских акваторий определяют ряд гидрохимических, гидрологических и биологических показателей, позволяющих оценить качество воды и его влияние на гидробионтов различных трофических уровней. Одной из важных характеристик морской среды служит количественный состав