

Е.А.Тихонова, С.В.Алёмов

*Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь*

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОСАДКОВ И МАКРОЗООБЕНТОСА Б. КАЗАЧЬЯ В ПЕРВОЙ ДЕКАДЕ XXI ВЕКА**

Получены новые количественные данные по содержанию хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов в донных осадках. Проведена характеристика бентосного сообщества б.Казачья по основным биологическим критериям (состав, численность, биомасса) в 2003 – 2009 гг. Рассчитан морской биотический индекс *AMBI*, показывающий ухудшение состояния сообществ макрозообентоса в 2006 г. – на всех станциях их состояние оценено как «слабо нарушенное». В 2009 г., несмотря на снижение видового разнообразия в бухте, на большинстве станций регистрировали «ненарушенное» состояние сообществ макрозообентоса.

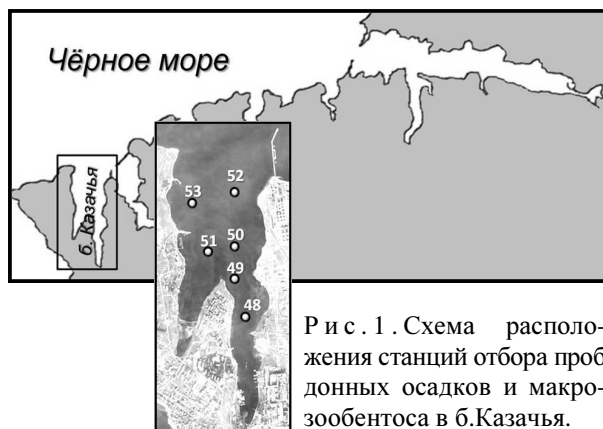
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *донные осадки, макрозообентос, нефтяные углеводороды, хлороформ-экстрагируемые вещества, бухта Казачья.*

Приморские акватории в достаточной степени подвержены антропогенной нагрузке. В морскую среду попадают различного рода загрязняющие вещества, в том числе и нефтепродукты. Исключение не составила и акватория Казачьей бухты. Под действием внешних факторов загрязнители претерпевают ряд изменений, после чего попадают на дно, где накапливаются в донных осадках. Показателями загрязнённости донных отложений служат наличие в них хлороформ – экстрагируемых веществ (ХЭВ) и нефтяных углеводородов (НУ).

Кроме того, все поступившие в донные осадки соединения, так или иначе взаимодействуют с населяющими их гидробионтами. От качества и структурных характеристик морского грунта зависит биоразнообразие макрозообентоса. Поэтому целью данной работы стало исследование макрозообентоса и среды их обитания – донных осадков, отобранных в акватории Казачьей бухты (г.Севастополь) в рамках многолетнего мониторинга отдела морской санитарной гидробиологии ИнБЮМ (2003 – 2009 гг.).

**Материал и методика исследований.** Пробы донных осадков отбирали на 6-ти станциях в б. Казачья в рамках многолетнего мониторинга отдела морской санитарной гидробиологии ИнБЮМа (нумерация станций соблюдения, ст.48 – 53) с помощью дночерпателя Петерсена летом 2003, 2006, 2009 гг. (рис.1). В свежееотобранных пробах определяли натуральную влажность, *pH* и *En*. В соответственно подготовленных воздушно-сухих пробах донных осадков [1] определяли количество хлороформ-экстрагируемых веществ весовым методом и нефтяных углеводородов методом ИК-спектрометрии.

Пробы макрозообентоса промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм, фиксировали спиртом, их дальнейшую обработку проводили в лабораторных условиях. Определяли количество видов (по [2 – 4]), общую численность (экз. $\cdot$ м<sup>-2</sup>) и биомассу (г $\cdot$ м<sup>-2</sup>) макрозообентоса. Организмы макрофауны определялись на уровне видов (кроме Nematoda, Nemertina, Oligochaeta).



Р и с . 1 . Схема расположения станций отбора проб донных осадков и макрозообентоса в б.Казачья.

Взвешивание двустворчатых моллюсков проводилось после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

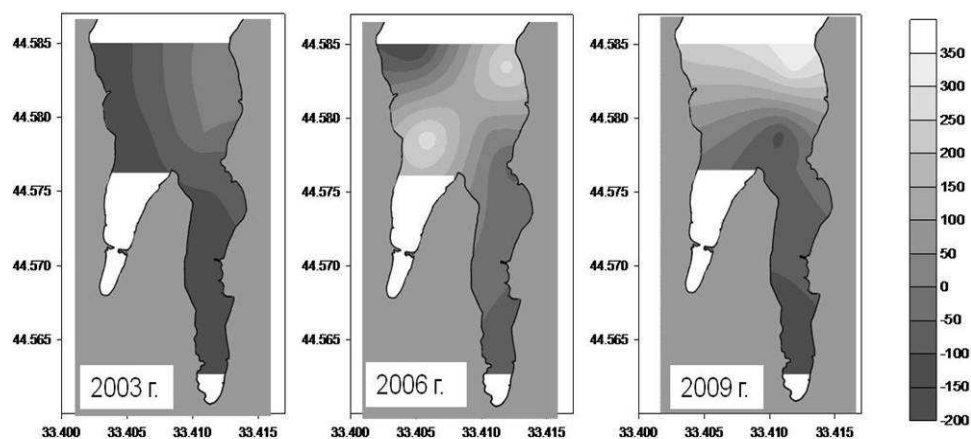
Состояние сообществ зообентоса оценивали на основании расчета индекса *AMBI* [5]. Расчет индекса *AMBI* производился с помощью соответствующего программного продукта,

доступного на официальном сайте технологического центра *AZTI Tecnalia* (<http://www.azti.es>). При определении экологического статуса исследованных участков акватории учитывали граничные значения индекса *AMBI* для Черного моря, рекомендованные группой экспертов по интеркалибрации [6].

**Результаты и обсуждение.** Донные осадки были представлены чёрными илами с большим количеством гниющей органики и запахом сероводорода и илами с примесью песка на всех исследованных станциях в 2003 г., тогда как в 2006, 2009 гг. состав донных осадков несколько изменился. В вершине бухты (ст.48 – 50) были отмечены черные илы; а в середине бухты и на её выходе (ст.51 – 53) пески с примесью ракуши.

Натуральная влажность донных осадков связана с их гранулометрическим составом: в 2003 г. она в среднем составила 58,05 %, при этом пески и ракушняки имели среднюю натуральную влажность 34,96 % в 2006 г., 30,79 % в 2009 г.; заиленные донные отложения 60,70 и 71,91 % соответственно.

*Eh* в донных осадках в 2003 г. был в основном отрицательным (от – 89 до – 124), что характерно для илистых отложений (рис.2), только на ст.52 был зафиксирован положительный редокс-потенциал (+ 41). Редокс-потенциал был ниже в илах, отобранных в 2006 г. (от – 59 до – 169), но выше в песках, отобранных в 2009 г. (*Eh* достигал до + 321, тогда как в 2006 г. за-



Р и с . 2 . Распределение значений *Eh* в донных осадках б.Казачья.

фиксированный максимум: + 286). В илистых донных осадках был несколько заниженный *pH* от 7,03 до 7,75 в 2006 г. и от 7,05 до 7,46 в 2009 г., тогда как в песках и ракушнях исследуемой акватории он колебался от 8,02 до 8,25 и от 7,7 до 7,76 соответственно.

Загрязняющие вещества распределены в донных осадках бухты неравномерно. Достаточно высокие количества ХЭВ отмечаются в осадках вершины бухты (табл.1).

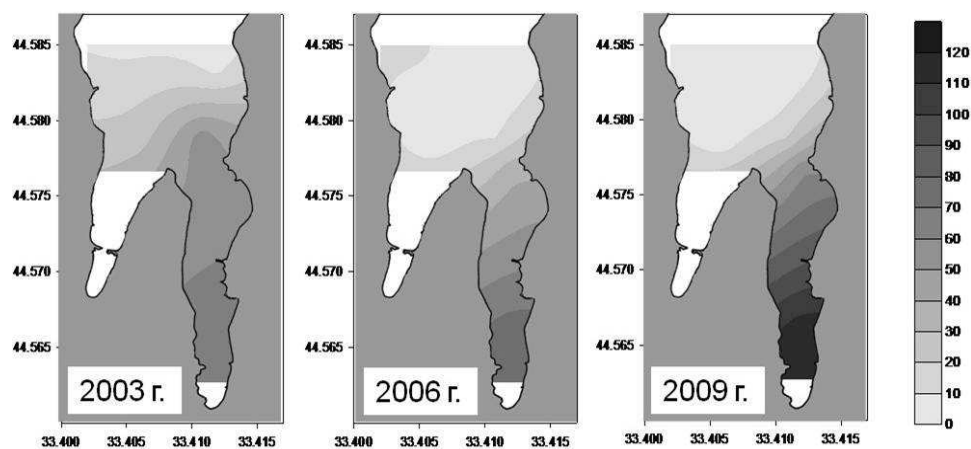
Если ранее [1] морские грунты Казачьей бухты относили к слабо загрязненным, то полученные результаты в 2009 г. указывают на IV-й уровень загрязнения на ст.48, III-й уровень на ст.49 и II-й – на ст.50. Причём количество загрязняющих веществ увеличивалось с 2003 к 2009 гг.

Нефтяные углеводороды также в большей степени накапливаются в илах вершины бухты (рис.3). При этом за последнее десятилетие концентрация НУ здесь возросла в 2 раза, по сравнению с 2003 г. (с 69,0 до 119,4 мг/100 г), что свидетельствует об усилении антропогенного воздействия на этот участок акватории бухты.

На центральных участках и районе устья бухты (ст.50 – 53) наибольшие концентрации НУ наблюдались в 2003 г. В последующие годы было отмечено некоторое снижение содержания нефтепродуктов в донных осадках (на отдельных станциях до следовых количеств – менее 5 мг/100 г). Данные станции находятся ближе к выходу из бухты, что увеличивает возможность рассеивания нефтепродуктов в открытое море и соответственно меньшее их количество осаждается на дно.

Т а б л и ц а 1. Содержание хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) в донных осадках б.Казачья (2003 – 2009 гг.).

№ ст.	ХЭВ, мг/100 г возд.-сух. донного осадка		
	2003 г.	2006 г.	2009 г.
48	330,0	370,0	690,0
49	260,0	120,0	260,0
50	160,0	40,0	86,7
51	120,0	33,3	18,0
52	40,0	30,0	10,0
53	30,0	100,0	9,0



Р и с . 3 . Содержание нефтяных углеводородов (мг/100 г возд.-сух. донного осадка) в донных осадках б.Казачья, 2003 – 2009 гг.

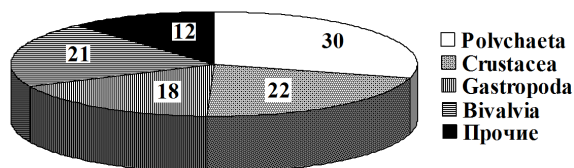


Рис. 4. Количество видов в крупных таксономических группах макрозообентоса б. Казачья за период 2003 – 2009 гг.

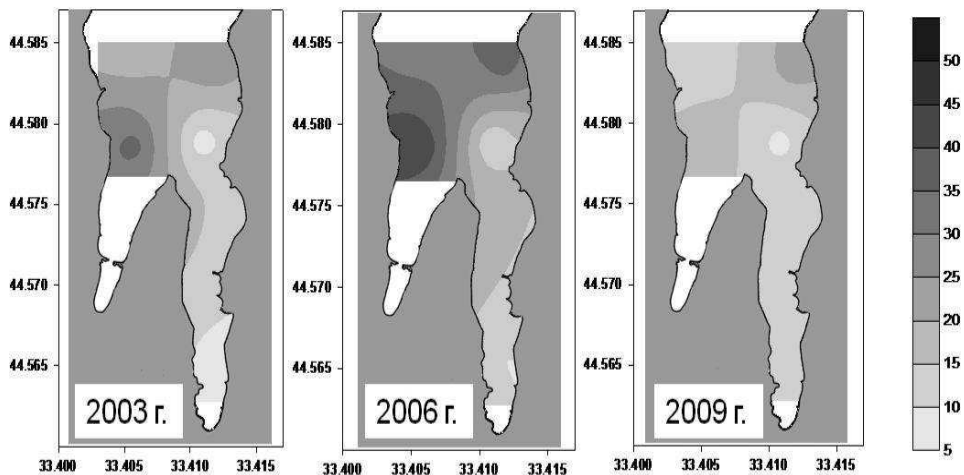
В составе макрозообентоса бухты за весь период наблюдения встречено 103 таксона (рис.4), в том числе 30 видов многощетинковых червей, 22 вида ракообразных и 39 видов моллюсков (18 – брюхоногих и 21 – двустворчатых). Таким образом, наибольшее видовое разнообразие отмечалось среди моллюсков и многощетинковых червей. В числе «прочих» видов встречались немертины, олигохеты, актинии, плоские черви, личинки хирономид и т.д. На открытых участках бухты в 2003 – 2006 гг. присутствовали офиуры (*Amphiura stepanovi*), а в 2006 г. – ланцетник (*Branchiostoma lanceolatum*).

Вершинная, наиболее загрязненная часть бухты во все годы отличалась меньшим разнообразием бентоса по сравнению с центральным участком и районом устья (рис.5).

В 2009 г. наблюдалось снижение разнообразия бентоса как в целом по бухте, так и всех участках (табл.2). Вместе с тем значительных изменений в составе основных видов не произошло (табл.3).

Средние значения биомассы зообентоса на протяжении исследуемого периода существенно не различались (табл.2). Более высокая биомасса регулярно отмечалась в вершине бухты. Наибольшие показатели численности зообентоса зафиксированы в 2006 г. в центральной и устьевой частях бухты. Однако, в 2009 г. здесь численность зообентоса снизилась в 3 – 6 раз.

Различался видовой состав в вершине бухты и на остальной ее части. Основными видами в вершине бухты (ст.48 – 49) являлись *Abra segmentum*, *Bittium reticulatum* и *Loripes lucinalis*, кроме того, здесь отмечались высокая численность *Tricolia pullus*, *Rissoa membranacea* и биомасса *Nassarius reticulatus*, а в 2006 г. рака-крота *Upogebia pusilla* (52,3 г·м<sup>-2</sup>). *Cerastoderma*



Р и с . 5 . Схема распределения количества видов макрозообентоса в бухте Казачья, 2003 – 2009 гг.

Т а б л и ц а 2 . Видовое разнообразие и средние значения количественных характеристик макрозообентоса б.Казачья (2003 – 2009 гг.).

год	район бухты			
	вся бухта	вершина	центр	устье
количество видов				
2003	67	24	42	36
2006	73	33	54	53
2009	44	18	23	24
численность, экз.·м <sup>-2</sup>				
2003	1211	1295	1679	659
2006	2366	1880	2644	2576
2009	764	1186	380	726
биомасса, г·м <sup>-2</sup>				
2003	52,07	93,05	42,56	20,59
2006	53,58	94,05	31,23	35,47
2009	51,69	79,29	29,55	46,24

Т а б л и ц а 3 . Встречаемость (%) наиболее массовых видов макрозообентоса б.Казачья (2003 – 2009 гг.).

наименование видов	ГОД			
	2003 г.	2006 г.	2009 г.	2003 – 2009 гг.
<i>Bittium reticulatum</i>	100,0	100,0	83,3	94,4
<i>Pitar rudis</i>	66,7	66,7	83,3	72,2
<i>Parvicardium exiguum</i>	50,0	100,0	50,0	66,7
<i>Mytilaster lineatus</i>	33,3	66,7	66,7	55,6
<i>Heteromastus filiformis</i>	66,7	83,3	16,7	55,6
<i>Chamelea gallina</i>	66,7	50,0	33,3	50,0
<i>Gouldia minima</i>	16,7	66,7	66,7	50,0
<i>Lucinella divaricata</i>	33,3	50,0	66,7	50,0
<i>Spisula subtruncata</i>	16,7	66,7	66,7	50,0
<i>Nephtys cirrosa</i>	50,0	66,7	33,3	50,0
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	50,0	66,7	33,3	50,0
<i>Abra nitida</i>	33,3	50,0	50,0	44,4
<i>Abra segmentum</i>	50,0	50,0	33,3	44,4
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	66,7	50,0	16,7	44,4
<i>Ampelisca diadema</i>	16,7	66,7	50,0	44,4
<i>Diogenes pugilator</i>	33,3	66,7	33,3	44,4
<i>Nephtys hombergii</i>	33,3	50,0	50,0	44,4
<i>Synisoma capito</i>	50,0	50,0	0	33,3

<i>Aricidea cerrutii</i>	66,7	33,3	0	33,3
<i>Eunice vittata</i>	0	66,7	33,3	33,3

*glaucum*, ранее (1994 – 2000 гг.) входившая в число доминирующих видов на этом участке бухты, в 2003 – 2006 гг. встречалась в небольшом количестве. Только в 2009 г. она вновь стала доминировать на ст.48. *N. reticulatus* в 2006 – 2009 гг. в составе бентоса не отмечена вовсе.

В трофической структуре бентоса в вершине бухты в основном преобладают детритофаги (41 – 82 % от общей биомассы).

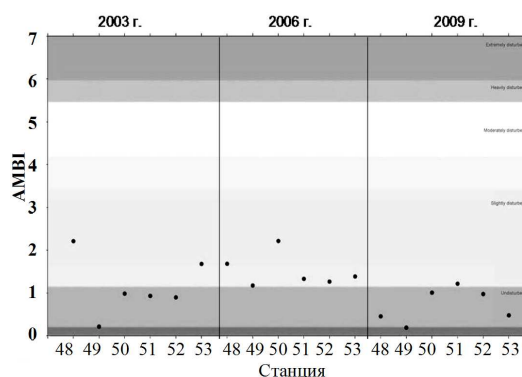
В центральной части бухты и вблизи выхода (ст.50 – 53) наблюдаются значительные изменения видового состава и количественных характеристик бентоса по сравнению с 2000 г. Если ранее здесь доминировали моллюски-фильтраторы – *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilaster lineatus*, *Chamelea gallina*, *Pitar rudis*, *Polittapes sp.*, *Spisula subtruncata*, что характерно для незагрязненных районов, то в 2003 г. доминировали детритофаги и плотоядные (*Bittium reticulatum* и *Nassarius reticulatus*). К 2009 г. доминирование фильтраторов восстановилось.

Согласно проведенным расчетам морского биотического индекса *АМБИ* (рис.6), ухудшение состояния сообществ макрозообентоса отмечалось в 2006 г.: на всех станциях их состояние оценено как «слабо нарушенное». В 2009 г., несмотря на снижение видового разнообразия в бухте, на большинстве станций регистрировали «ненарушенное» состояние сообществ макрозообентоса.

Таким образом, за последнее десятилетие отмечается увеличение загрязненности донных осадков в вершине б.Казачья в 2 раза, по сравнению с 2003 г. Донная фауна бухты характеризуется высоким видовым разнообразием. Однако, в 2009 г. наблюдалось снижение видового богатства макробентоса на всех участках бухты. Вместе с тем, состав основных видов зообентоса существенно не изменился. По характеристике индекса *АМБИ* в 2003 и 2009 гг. на большинстве станций регистрировали «ненарушенное» состояние сообществ макрозообентоса, в 2006 г. – «слабо нарушенное».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке.– Севастополь, 2003.– 185 с.
2. *Определитель* фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные.– Киев: Наукова думка, 1968.– т.1.– 437 с.
3. *Определитель* фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные.– Киев: Наукова думка, 1969.– т.2.– 536 с.
4. *Определитель* фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные.– Киев: Наукова думка, 1972.– т.3.– 340 с.



Р и с . 6 . Значение индекса для различных станций в б.Казачья, 2003 – 2009 гг.

5. *Borja A., Franco J., Pérez V.* A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments // *Mar. Poll. Bull.*– 2000.– 40, № 12.– P.1100-1114.
6. *WFD* intercalibration technical report. Part 3. Coastal and Transitional Waters. Sect. 2. Benthic invertebrates.– *JRC Scientific and Technical Reports*, 2009.– P.19-108. [http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc\\_ewai/library](http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_ewai/library)

Матеріал поступив в редакцію 01.11.2012 г.

*АНОТАЦІЯ.* Отримано нові кількісні дані за змістом хлороформ - екстрагуємих речовин і нафтових вуглеводнів в донних відкладеннях. Проведена характеристика бентосного угруповання б. Козача по основним біологічним критеріям (склад, чисельність, біомаса) в 2003-2009 рр. Розрахований морській біотичний індекс АМБІ показує погіршення стану угруповання макрозообентосу в 2006 р. - на всіх станціях їх стан оцінений як «слабко порушений». У 2009 р., незважаючи на зниження видового різноманіття в бухті, на більшості станцій реєстрували «непорушений» стан угруповання макрозообентосу.

*ABSTRACT.* The new quantitative data on the content of chloroform extractable substances and oil hydrocarbons in sea bottom sediments were obtained. The characteristic of benthic community of the Kazachya bay on basic biological criteria (species composition, abundance and biomass) in 2003-2009 was held. A Marine biotic index (AMBI) show the degradation of the macrozoobenthos communities in 2006 - at all stations the state of benthic communities is rated as "slightly disturbed". In 2009, despite a decline in species diversity in the bay, at most stations recorded the "undisturbed" state of macrozoobenthos communities.