



УДК (593.14+579.83/.88):504.42(262.5)

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИО- И ЗООПЛАНКТОНА КАК ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОРСКОЙ СРЕДЫ

СЕРЕГИН С.А. - к.б.н., ст. научн. сотрудник,
ПОПОВА Е.В. - ведущий инженер, Институт
биологии южных морей им. А.О. Ковалевс-
кого Национальной академии наук Украины
(г. Севастополь)

В рамках проводящегося в течение 2 лет мониторинга прибрежных акваторий получены данные по концентрации и морфологическому составу бактериопланктона, а также морфологическим аномалиям развития конечностей массовых видов копепод в Севастопольской бухте и на выходе из нее. Данные рассмотрены с точки зрения использования в качестве маркеров состояния морской среды.

Ключевые слова: численность бактериопланктона, морфологические группы бактерий, сезонные изменения, аномалии конечностей *Acartia*.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ. АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Одним из мощных факторов трансформации экосистем является антропогенное воздействие. Мониторинг состояния морских акваторий и выбор удобных и информативных тест-показателей антропогенного воздействия на них является актуальной задачей гидробиологических исследований. Уровень обилия бактериопланктона в водоемах непосредственно связан с их эвтрофикацией и является одним из индикаторов степени антропогенного воздействия. В частности, многолетний процесс эвтрофикации Севастопольской бухты наглядно отражает динамику численности бактериопланктона [1 - 5].

Рядом авторов [6 - 9] обсуждался вопрос о возможности использования аберраций 5 пары ног у самок копепод рода *Acartia* в качестве маркеров антропогенного влияния на среду обитания зоопланктона. В результате двухлетнего мониторинга прибрежных акваторий получены данные по концентрации и морфологическому составу бактериопланктона, а также морфологическим аномалиям развития конечностей массовых видов копепод в Севастопольской бухте и за ее пределами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами послужили ежемесячные (с весны 2008 г. по осень 2009 г.) сборы проб воды для определения общей численности бактериопланктона (ОЧБ) и сетные ловы зоопланктона (дно - поверхность) в 2 точках: в Мартыновой бухте (условно «грязная» станция № 18) и в открытом побережье - на выходе из Севастопольской бухты (условно «чистая» станция № 8) (рисунок 1). Номера станций соответствуют схеме регулярной съемки отдела марикультуры и прикладной океанологии Института биологии южных морей НАН Украины.

Учет ОЧБ проводили «прямым методом» на мембранных фильтрах «Sartorius» с диаметром пор 0,2 мкм. Объем фильтруемой воды составлял 5 мл. После фиксации в течение суток в парах формальдегида фильтры хранились в сухом темном месте до момента обработки. Перед окрашиванием фильтры отмывали от солей путем перекладывания несколько раз на смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаге.

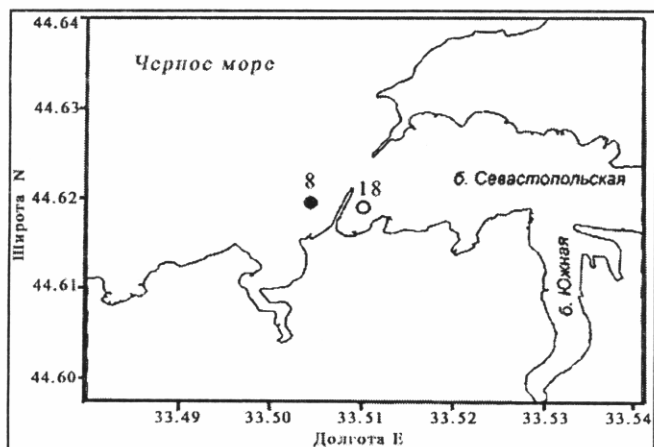


Рисунок 1 - Схема расположения станций отбора проб в севастопольском прибрежье в 2008 - 2009 гг.:

- 8 - условно «чистая» в открытом прибрежье;
- 18 - условно «грязная» в Мартыновой бухте

Окрашивали раствором карболового эритрозина в течение 3 - 5 часов, после чего отмывали от излишков красителя путем перекалывания. Микроскопирование фильтров проводили методом цветного фазового контраста с масляной иммерсией на микроскопе «Biolar» при увеличении $\times 1250$. Учет бактерий проводили в 5 - 10 полях зрения (но не менее 200 подсчитанных клеток). При подсчете клеток отдельно учитывали следующие морфологические группы бактерий: кокки, палочковидные и клетки в стадии деления (или только что разделившиеся). Средняя ошибка подсчета числа клеток составляла около 12%.

Для выявления морфологических аномалий развития массовых видов копепод – *Acartia clausi* (Giesbrecht, 1889) и *Acartia tonsa* (Dana, 1849) - исследовали 5 пар ног у половозрелых самок на наличие различного рода аберраций. Всего просмотрено около 1300 особей обоих видов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдавшиеся аномалии проявлялись в нарушении общей симметрии конечности и вариабельности строения экзоподитов 5 пары ног (рисунок 2). Из всего количества копепод аберрации 5 пары ног обнаружены только у 5 самок (2 – у *A. tonsa* и 3 – у *A. clausi*), что составило, соответственно, 0,7% и 0,3% численности взрослых особей этих видов. Столь малое количество «аномальных» особей может свидетельствовать об относительно благоприятном состоянии среды в выбранных участках акватории. В силу

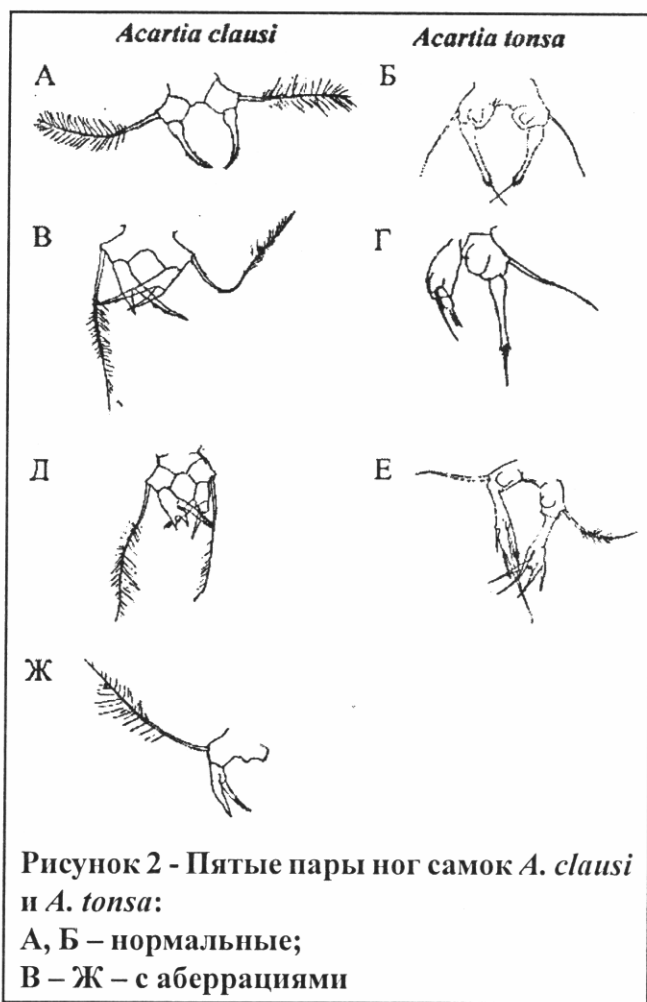


Рисунок 2 - Пятые пары ног самок *A. clausi* и *A. tonsa*:

- А, Б – нормальные;
- В – Ж – с аберрациями

крайне низкого количества аберраций обсуждать различия между выбранными станциями не представляется возможным (таблица).

Данные мониторинга численности бактериопланктона в выбранных точках черноморской акватории показывают, что максимальное содержание бактерий наблюдается в конце весеннего – начале летнего сезона (рисунок 3). В устьевой части бухты их численность достигает $2,7 \times 10^6$ кл. мл⁻¹ ($\pm 0,28 \times 10^6$ кл. мл⁻¹); в открытом прибрежье – $1,5 \times 10^6$ кл. мл⁻¹ ($\pm 0,2 \times 10^6$ кл. мл⁻¹). В осенне-зимний период наблюдается общее снижение бактериологических показателей, при этом различия в численности бактериопланктона между двумя станциями практически нивелируются: в прибрежье численность бактерий держится на уровне $0,8 \times 10^6$ кл. мл⁻¹, а в устьевой части бухты – $0,9 - 1,0 \times 10^6$ кл. мл⁻¹. Таким образом, следует отметить, что сезонная динамика ОЧБ в 2008 - 2009 гг. не изменилась по сравнению с наблюдавшейся в конце 1970-х годов, а абсолютные значения численности в устье бухты в настоящее время превышают наблюдавшиеся в 1970-е годы, в среднем, в 1,5 раза [4].

Таблица - Наличие аберраций 5 пары ног у самок копепод рода *Acartia* в прибрежье Севастополя

Сезоны, год	<i>Acartia clausi</i>				<i>Acartia tonsa</i> *			
	Мартинова бухта		Открытое побережье		Мартинова бухта		Открытое побережье	
	общ.	абер.	общ.	абер.	общ.	абер.	общ.	абер.
Весна 2008	98	0	79	0	0	0	0	0
Лето 2008	9	0	25	0	78	1	48	0
Осень 2008	249	0	178	2	94	1	69	0
Зима 2009	49	0	76	0	0	0	0	0
Весна 2009	4	0	1	0	0	0	0	0
Лето 2009	81	0	70	1	7	0	1	0
Осень 2009	70	0	2	0	0	0	1	0

Примечание: * - в 2009 г. *A. tonsa* в пробах зоопланктона практически отсутствовала

По сравнению с периодом высокой эвтрофированности вод бухты в 1980-е годы, когда среднегодовая численность бактерий в устьевой части бухты достигала 3-х и более миллионов клеток в 1 мл воды [3], низкая концентрация бактерий здесь в настоящее время свидетельствует о заметном улучшении состояния вод. Это подтверждают и данные гидрохимического мониторинга данной акватории с расчетом комплексных индексов загрязненности и эвтрофикации [10].

В теплое время года (с мая по декабрь) отмечены различия между «чистыми» и «грязными» водами (рисунок 3). «В цифрах» это различие выглядит как $1,03$ и $1,42 \times 10^6$ кл. мл⁻¹, соответственно. В среднем для года, численность бактерий в устье бухты в 1,3 раза выше, чем в открытом прибрежье: $1,34 \pm 0,5 (\times 10^6)$ кл. мл⁻¹ и

$1,01 \pm 0,25 (\times 10^6)$ кл. мл⁻¹, соответственно.

В плане межгодовой изменчивости можно отметить некоторое снижение ОЧБ в бухте в 2009 г. (в среднем, $1,21 \times 10^6$ кл. мл⁻¹) по сравнению с предыдущим годом (среднее – $1,45 \times 10^6$ кл. мл⁻¹). В более «чистых» водах побережья среднегодовая численность оставалась на одном уровне в течение двух лет наблюдений - в среднем $1,0 \times 10^6$ кл. мл⁻¹. Сходный уровень обилия бактерий в приустьевой части севастопольской бухты наблюдался с конца 1990-х годов [5], тогда как в глубине бухты численность бактерий продолжала оставаться на уровне высокоэвтрофированных водоемов (от 3 до 8 млн. кл. мл⁻¹) [2, 5].

Структура морфологического состава бактериального сообщества и ее изменения в ходе сезонного цикла были практически одинаковы на

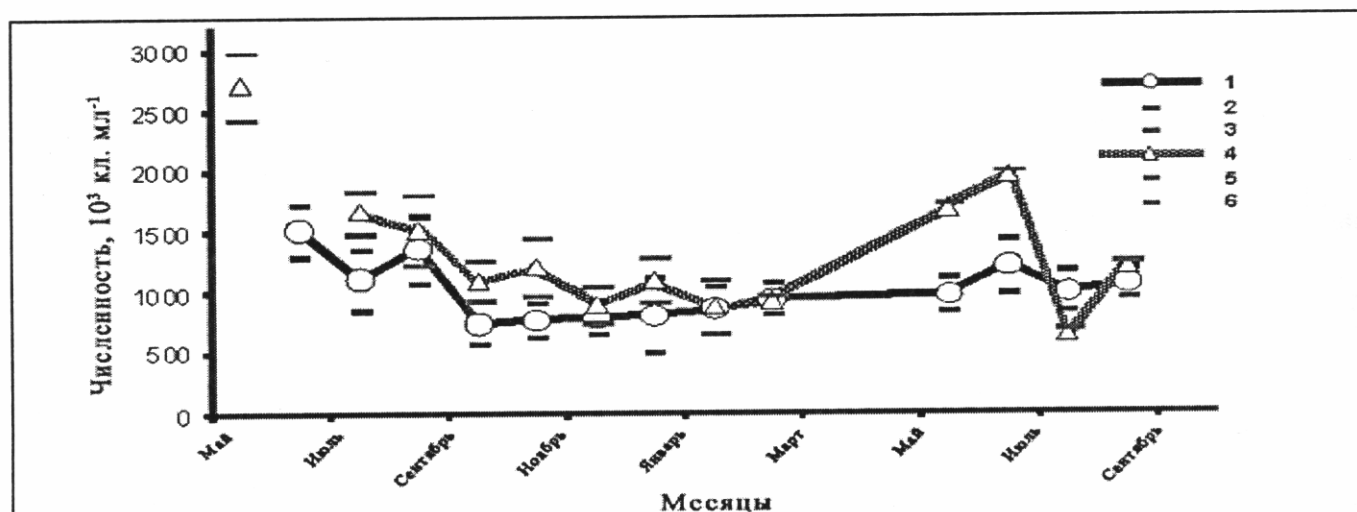


Рисунок 3 - Сезонная динамика общей численности бактериопланктона в водах бухты Мартинова и открытого побережья Севастополя:

1 – прибрежье (2, 3 – $\pm$ sd); 4 – бухта (5, 6 – $\pm$ sd)



Рисунок 4 - Относительное обилие и временная динамика разных морфологических групп бактерий в водах открытого побережья и Мартыновской бухты:

- 1 – кокки;
- 2 – палочковидные;
- 3 – бактерии в стадии деления

обеих станциях как в бухте, так и в открытых прибрежных водах (рисунок 4). Доминировали кокковые формы бактерий, составляя от 65 до 80% от всей численности бактериопланктона. Максимальное количество палочковидных бактерий в пробах не превышало 15%, обычно составляя от 6 до 10% ОЧБ. Немногим более многочисленной была фракция клеток в стадии деления или недавно разделившихся – чуть более 20% в максимумах и в среднем – 13 – 18% ОЧБ.

ВЫВОДЫ

1. Низкий уровень морфологических «уродств» 5 пары ног у копепоид рода *Acartia* - массового представителя мезозоопланктона в прибрежных водах Черного моря - может свидетельствовать об отсутствии существенного антропогенного загрязнения исследованной акватории.

2. Количественное развитие бактериопланктона характеризует воды севастопольского побережья на протяжении года как мезотрофные. В отличие от побережья воды бухты в весенне-летний период по показателю ОЧБ относятся к эвтрофным.

3. Наибольшей «чувствительностью» при оценке состояния качества водной среды характеризуется показатель общей численности бактериопланктона, показавший различия в степени эвтрофированности открытых вод взморья и устьевой части бухты. Структура морфологического состава бактериального сообщества и количество aberrаций 5 пары ног у самок копепоид рода *Acartia* оказались менее информативными показателями в оценке качества морской среды.

4. Совокупная оценка использованных характеристик зоо- и бактериопланктона свиде-

тельствует об улучшении экологического состояния вод взморья г. Севастополя по сравнению с 1980 - 1990-ми годами.

Благодарности. Авторы выражают благодарность к.б.н. И. Ю. Прусовой (ИН-БЮМ) за выполненные рисунки aberrаций конечностей копепоид.

ЛИТЕРАТУРА

- Горбенко Ю. А. Экология морских микроорганизмов перифитона. – Киев: Наук. Думка, 1977. – 252 с.
- Рылькова О. А., Найданова О. Т. Современное состояние бактериопланктонного сообщества Севастопольской бухты / Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 115 – 120.
- Чепурнова Э. А., Шумакова Г. В., Гутвейб Л. Г. Глава 3. Бактериопланктон / Ковалев А. В., Финенко З. З. (ред.) Планктон Черного моря. – Киев: Наук. Думка, 1993. – С. 110 – 142.
- Шумакова Г. В. Сезонная динамика численности, биомассы и продукции бактериопланктона в Севастопольской бухте // Экология моря. – 1980. – вып. 1. – С. 28 – 33.
- Mukhanov V., Rylkova O., Lopukhina O. et al. Productivity and thermodynamics of marine bacterioplankton: An inter-ecosystem comparison // *Thermochimica Acta*. – 2003. – 397, N 1–2. – P. 31 – 35.
- Montu M., Gloeden I. Morphological alteration in *Acartia tonsa* (Saco da Mangueira, Lagoa dos Patos, Brasil). 1982. *Arq. Biol. Tecnol.* – 1982. – 25. – P. 361 – 369.
- Brylinski, J.M. Anomalies morphologiques chez le genre *Acartia* (Crustacea, Copepoda): description et essai de quantification // *J. Plankton Res.* – 1984. – 6. – P. 961 – 966.
- Behrends G., Korshenko A., Viitasalo M. Morphological Aberrations in Females of the Genus *Acartia* (Copepoda, Calanoida) in the Baltic Sea // *Crustaceana*. – 1997. – 70, No. 5. – P. 594 – 607.
- Oliveira D. K. Morphological abnormalities of *Acartia lilljeborgi* (Copepoda, Crustacea) in the Espirito Santo Bay (E.S. Brazil) // *Hydrobiologia*. – 1999. – 394, No 0. – P. 249 – 251.
- Губанов В. И., Стельмах Л. В., Клименко Н. П. Комплексные оценки качества вод севастопольского взморья (Черное море) // Экология моря. – 2002. – вып. 62. – С. 76 – 80.

ДЕЯКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРІО- І ЗООПЛАНКТОНУ ЯК ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА. СЕРЬОГІН С. А., ПОПОВА Е. В. У рамках моніторингу прибережних акваторій, що проводиться протягом 2-х років, отримані дані по концентрації і морфологічному складу бактеріопланктону, а також морфологічним аномаліям розвитку кінцівок масових видів копепоид в Севастопольській бухті і на виході з неї. Дані розглянуті з точки зору використання в якості маркерів стану морського середовища.

SOME DESCRIPTIONS OF BACTERIO- AND ZOOPLANKTON AS INDEXES OF MARINE ENVIRONMENT QUALITY. SEREGIN S.A., POPOVA E.V.

Within the framework of off-shore aquatoriums monitoring conducted during 2 years in the Sevastopol Bay and on an exit from it information is got on a concentration and morphological composition of bacterioplanktona, and also to the morphological anomalies of development of extremities of mass copepod species of. Information is considered from point of the use as markers of the marine environment state.