

**УДК 504.42:579.26 (262.5)**

## **ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА БАКТЕРИЙ В РАЙОНЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ЛИВНЕВОГО СТОКА В БУХТУ КАЗАЧЬЮ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

*Беляева О.И.*

*НИЦ Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум», г. Севастополь, Украина  
E-mail: olgabelyaeva@yandex.ru*

Представлены данные по определению численности и биомассы бактерий в районе поступления ливневых стоков в бухту Казачью. Наиболее эвтрофированным являлся прибрежный участок бухты. Зарегистрировано два пика численности бактерий: максимальный весной и менее выраженный - осенью. Высокая общая численность бактерий наблюдалась в зимний период при массовом скоплении медуз *Aurelia aurita*.

**Ключевые слова:** бактериопланктон, ливневый сток, Черное море.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ливневые стоки являются одним из существенных источников загрязнения прибрежной зоны моря. Химический аспект загрязнения ливневых стоков рассмотрен во многих исследованиях [1–3]. Однако ливневые стоки, поступая в прибрежную зону моря, влияют не только на химическое состояние акватории, но и на бактериологический режим. Часть поверхностных ливневых стоков содержат патогенные бактерии фекального происхождения [2], другие – не имеют.

Бухта Казачья является одной из чистых бухт Севастопольского региона [3, 4]. На западном берегу бухты расположены два локальных источника нефтяного загрязнения – автопарк и котельная. Ливневые стоки, проходя через промышленные площадки этих объектов, доставляют в акваторию различные органические соединения, мусор. Источников фекального загрязнения на берегу бухты нет. В настоящее время микробиологических исследований акватории в районе поступления ливневых стоков, не имеющих фекального загрязнения, не проводилось. Цель работы - изучить микробиологическое состояние бухты Казачья в районе влияния ливневых стоков.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Микробиологические исследования акватории бухты Казачьей в районе поступления трех ливневых стоков проводились с периодичностью 1-2 раза в месяц в течение 2003–2006 гг. Схема расположения станций представлена на Рис. 1. Микробиологический анализ ливневых стоков осуществлялся на 8 береговых станциях, морские исследования – на 8 морских станциях. Стоки I и II имели береговой источник нефтяного загрязнения, сток III (контрольный) – не имел.

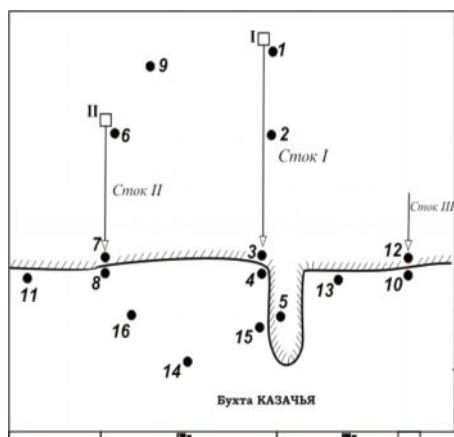


Рис. 1. Схема расположения станций:

I □ - источник загрязнения; 4 ● – станция отбора проб.

Пробы морской воды отбирали с поверхностного микрослоя (150 - 200 мкм) собирателем бактерионейстона, поверхностного слоя (0,5 м) – винипластовым батометром, донные осадки – с помощью стальной трубки [5].

Определение общей численности бактерий проводили методом Разумова, который заключался в прямом счете окрашенных бактериальных клеток под микроскопом [5]. Для анализа использовали мембранные фильтры марки Synrog-7 с диаметром пор 0,3 мкм. При микроскопии использовали фазовый контраст с масляной иммерсией и увеличением в 900 раз. Численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий определяли методом предельных разведений. Гетеротрофные бактерии выращивали на рыбопептонном бульоне, углеводородокисляющие бактерии – на среде Диановой-Ворошиловой [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В морской воде бухты Казачьей были впервые определены общая численность (ОЧБ) и биомасса бактериопланктона, которые в среднем составили соответственно  $2,0 \times 10^6$  клеток/мл и  $0,23$  г/м<sup>3</sup>. Поскольку бухта Казачья входит в систему бухт Севастополя, был проведен сравнительный анализ показателей ОЧБ в морской воде Казачьей и Севастопольской бухт. Установлено, что ОЧБ в бухте Казачьей была в 1,5 - 2 раза ниже аналогичных показателей для Севастопольской бухты, что говорит о хорошем экологическом состоянии изучаемой бухты [7]. Общая численность бактерионейстона ( $2,98 \times 10^6$  клеток/мл) была в 1,5 раза больше численности бактериопланктона.

В морской воде в районах поступления стоков I и II средние значения ОЧБ составили  $2,2 \times 10^6$  клеток/мл, биомассы –  $0,27$  г/м<sup>3</sup>. На контрольной станции в районе поступления стока III отмечены более низкие ОЧБ и биомасса –  $1,64 \times 10^6$  клеток/мл и  $0,17$  г/м<sup>3</sup>. Таким образом, наиболее высокие значения исследуемых показателей отмечены в районах поступления загрязненных стоков.

Микробиологические исследования проведены также в ливневых стоках, поступающих в акваторию бухты Казачьей. В стоках ОЧБ в среднем составила  $4,8 \times 10^6$  клеток/мл, биомасса –  $0,9 \text{ г/м}^3$ . В ливневой воде численность и биомасса бактерий были соответственно в 2 и 4,5 раза больше, чем содержание бактерий в морской воде. Следовательно, ливневые стоки доставляют в акваторию значительное количество бактерий.

Бактерии, выделенные из ливневой и морской воды, были представлены кокковидными и палочковидными формами. Объем кокков составил  $0,25 \text{ мкм}^3$ , палочек –  $1,2 \text{ мкм}^3$ . Известно, что интенсивный рост численности бактерий в Чёрном море существенно замедлился, но структурные изменения микробиологического сообщества продолжают продолжаться, что нашло отражение в вытеснении кокковидных форм палочковидными формами [8]. При этом известно, что кокковые формы преимущественно используют легкоусвояемое, а палочковидные – трудноусвояемое вещество, а соотношение численности данных структурных групп бактерий является показателем микробной сукцессии. Результаты исследований показали, что ливневые стоки приносили в морскую воду равное количество палочек и кокков, и подтвердили сведения о стабильном преобладании в пробах морской воды палочек над кокками, соотношение которых составило 85 : 15. Кроме основных форм бактерий пробы морской воды содержали нитевидные бактерии, крупные клетки с длинными жгутиками, овальные клетки с темной полосой посередине, овальные клетки с биполярной зернистостью. Указанные формы микроорганизмов являются типичными обитателями сероводородной зоны Чёрного моря и поступают в кислородную зону благодаря водообмену между глубинными и поверхностными слоями моря. В морской воде также встречались длинные нитчатые и овальные водоросли, скелеты диатомовых водорослей, незначительное количество детрита. Обеднение морской воды детритом еще раз свидетельствует о хорошем качестве воды изучаемой акватории. Рассчитана биомасса бактерий бухты Казачьей – 3,94 тонн.

В морской воде средняя численность гетеротрофных сапрофитных бактерий на станциях 4 и 8, куда поступали ливневые стоки I и II, составила  $9,5 \times 10^2$  клеток/мл, на контрольной 10-й станции она была меньше –  $2,5 \times 10^2$  клеток/мл. На станциях 15 и 16, удаленных от места впадения ливневых стоков, численность бактерий снижалась до  $2,0 \times 10^2$  клеток/мл (табл. 1). Это свидетельствует о том, что в морской воде у берега содержится больше органических соединений, так как концентрация сапрофитных бактерий является показателем наличия легкоокисляемого органического вещества. Концентрация нефтеокисляющих бактерий, минерализующих нефтяные углеводороды, была невысокой и в среднем составила 15 клеток/мл. Таким образом, установлена весьма низкая численность нефтеокисляющих бактерий, а наибольшее количество этих бактерий регистрировалось в районе поступления ливневых стоков I и II, поставляющих в акваторию нефтепродукты. В морской воде между численностью гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий прямой зависимости коэффициентов корреляции не обнаружено ( $r=0,13$ ).

В результате изучения годовой динамики численности гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий в бухте Казачьей выявлены два пика: максимальный –

весенний и менее выраженный – осенний. Таким образом, бактерии наиболее активно развиваются в весенний период, тогда как в районах больших городов с развитой промышленной и портовой инфраструктурой, где прибрежные акватории испытывают мощные нагрузки загрязнения со стороны суши, вспышка развития бактерий смещена на позднее лето и начало осени [8, 9].

**Таблица 1.**  
**Численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий в морской воде**

№№ станций	Численность бактерий, клеток/мл	
	Гетеротрофные бактерии	Нефтеокисляющие бактерии
4, 8	$\frac{2,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^3}{4,5 \times 10^2}$	$\frac{0,4 - 95}{4,5}$
11, 13 – 16	$\frac{95 - 1,5 \times 10^3}{9,5 \times 10^2}$	$\frac{0 - 15}{9,5}$
10	$\frac{4,5 \times 10^2 - 4,5 \times 10^4}{9,5 \times 10^3}$	$\frac{4,5 - 2,5 \times 10^2}{9,5}$

\*- в числителе – пределы колебания показателя; в знаменателе - среднее значение

Наиболее высокие значения общей численности бактериопланктона отмечали в декабре 2004 г. при температуре морской воды 9°С. На станциях 4 и 8 этот показатель составил соответственно  $3,21 \times 10^6$  и  $4,13 \times 10^6$  клеток/мл. В зимний период у берегов бухты Казачьей, включая районы указанных станций, наблюдалось массовое скопление медуз *Aurelia aurita*. Обилие продуктов метаболизма, очевидно, могло вызвать увеличение численности бактерий в морской воде даже в зимний период. На станциях 4 и 8 численность гетеротрофных бактерий в морской воде достигала высоких значений, не типичных для зимнего периода, показатели которой колебались в диапазоне  $2,5 \times 10^3 - 1,4 \times 10^5$  клеток/мл. К концу месяца, при отсутствии медуз, она уменьшилась и варьировала от 95 до  $9,5 \times 10^3$  клеток/мл. Численность нефтеокисляющих бактерий оставалась низкой и находилась в пределах от 2,5 до 45 клеток/мл.

В донных осадках станций 4, 8, 11, 13 – 16 средняя численность гетеротрофных бактерий составила  $10^5$  клеток/г (табл. 2). Максимальная численность отмечена на станциях 4 и 8 и соответствовала показателям, полученным для донных осадков других черноморских портов [10]. В то же время выявленный широкий диапазон колебаний численности бактерий свидетельствовал о нестабильном характере их содержания в донных осадках. На 10-й станции средняя численность гетеротрофных бактерий составила  $7,5 \times 10^3$  клеток/г, т.е. в сравнении с остальными станциями была ниже в 13 раз. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий в донных осадках обнаружена не только на станциях 4 и 8, но и на станции 15, расположенной у причала, и превышала их численность на удаленных от источников нефтяного загрязнения станциях 11, 13, 14, 16 в среднем в 3 раза, а на контрольной 10-й станции – в 10 раз. В донных осадках коэффициенты корреляции между показателями численности бактерий были низкими ( $r = 0,11$ ).

Таблица 2.

Численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий в донных осадках

№№ станций	Численность бактерий, клеток/1 г влажного грунта	
	гетеротрофные бактерии	нефтеокисляющие бактерии
4, 8	$\frac{3,0 \times 10^2 - 1,5 \times 10^7}{10^5}$	$\frac{4,5 - 9,5 \times 10^4}{1,5 \times 10^3}$
15	$\frac{9,5 \times 10^4 - 2,5 \times 10^5}{10^5}$	$\frac{9,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^3}{1,5 \times 10^3}$
11, 13, 14, 16	$\frac{2,5 \times 10^4 - 1,5 \times 10^5}{10^5}$	$\frac{9,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^3}{4,5 \times 10^2}$
10	$\frac{2,5 \times 10^2 - 4,5 \times 10^3}{7,5 \times 10^3}$	$\frac{0,4 - 2,5 \times 10^3}{1,5 \times 10^2}$

\*- в числителе – диапазон колебания значений; в знаменателе - среднее значение

Общая численность бактерий является важным показателем состояния бактериального сообщества. Соотношение общей численности к численности гетеротрофных бактерий служит одним из показателей качества воды. Чем выше значения соотношения, тем удовлетворительнее состояние морской воды, и, наоборот, его уменьшение свидетельствует об ухудшении состояния. На станциях 4 и 8 соотношение составило 2000, на станции 10 – 8000, что говорит о более высокой доле морских гетеротрофных бактерий в районе поступления загрязненных стоков на первых двух станциях.

Анализ изменений численности бактерий в течение длительного промежутка времени дает возможность установить происходящие перестройки в бактериальном сообществе. В нашем случае это представляется невозможным, так как определение общей численности и биомассы бактериопланктона в морской воде бухты Казачьей ранее не проводились. Однако даже результаты первичных данных по определению ОЧБ могут быть показателем качества среды акватории. Как указано выше, среднее значение ОЧБ бухты Казачьей было ниже аналогичного показателя для Севастопольской бухты, что подтверждает факт удовлетворительного экологического состояния изучаемой водной экосистемы.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение процесса поступления ливневых стоков в акваторию бухты.

### ВЫВОДЫ

1. В морской воде общее содержание бактерий в районе поступления ливневых стоков ( $2,2 \times 10^6$  клеток/мл) было выше, чем в мористой части бухты Казачьей ( $1,64 \times 10^6$  клеток/мл). Следовательно, наиболее эвтрофированным являлся прибрежный участок бухты в районе поступления стоков.
2. Зарегистрировано два пика численности гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий: максимальный – весной и менее выраженный – осенью. Весной численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий составила

соответственно  $6 \times 10^3$  клеток/мл и 60 клеток /мл, осенью –  $2 \times 10^3$  клеток/мл и 20 клеток /мл.

3. Отмечено необычное явление зимнего периода – наиболее высокая общая численность бактерий ( $3,5 \times 10^6$  клеток/мл) при массовом скоплении медуз *Aurelia aurita*.

### Список литературы

1. Качество дренажных, ливневых и сточных вод, сбрасываемых в море и Хаджибейский лиман / С.Е. Дятлов, Е.Г. Патлатюк, В.А. Никаноров [и др.] // Экологические проблемы Черного моря. – Одесса : ОЦНТЭИ – 2002. – С. 69–73.
2. Тучковенко Ю.С. Влияние ливневого стока на загрязнение прибрежной зоны г. Одессы / Ю.С. Тучковенко, О.Ю. Сапко // Экологические проблемы Черного моря. – Одесса : ОЦНТЭИ, 2004. – С. 446–450.
3. Беляева О.И. Влияние ливневого стока на нефтяное загрязнение в бухте Казачья (Черное море) / Ольга Ивановна Беляева // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 17–21.
4. Миронов О.Г. Экологическая характеристика бухты Казачьей (Черное море) / О.Г. Миронов, Л.Н. Кирихина, С.В. Алемов // Экология моря. – 2002. – № 61. – С. 85–89.
5. Цыбань А.В. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Алла Викторовна Цыбань. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – 191 с.
6. Родина А.Г. Методы водной микробиологии / А.Г. Родина – М. : Наука, 1965. – 363 с.
7. Рылькова О.А. Современное состояние бактериопланктонного сообщества Севастопольской бухты / О.А. Рылькова, О.Г. Найданова, Р.Б. Кемп // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь : Аквавита, 1999. – С. 115–120.
8. Теплинская Н.Г. Бактерии пелагиали и бентали / Н.Г. Теплинская, Н.В. Ковалева // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. – Киев : Наук. думка, 2006. – С. 146–174.
9. Беляева О.И. Особенности сезонной и годовой динамики бактериопланктона в Севастопольской бухте (1980 – 1984 гг.) / Ольга Ивановна Беляева // Тр. Гос. океанографич. ин-та. - Л. : Гидрометеоздат, 1987. – № 180. – С. 112–119.
10. Миронов О.Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке / О.Г. Миронов, Л.Н. Кирихина, С.В. Алемов. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.

**Беляева О.И. Чисельність і біомаса бактерій у районі находження зливогого стоку в бухту Козачу (Чорне море) / О.И. Беляева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 2. – С. 67-72.**

Приведені дані про визначення чисельності і біомаси бактерій у районі вступу зливових стоків у бухту Козачу. Найбільш евтрофированною була прибережна ділянка бухти. Зареєстровано два піки чисельності бактерій : максимальний – навесні і менш виражений – восени. Висока загальна чисельність бактерій спостерігалася в зимовий період при масовому скупченні медуз *Aurelia aurita*.

**Ключові слова:** бактеріопланктон, зливіві стоки, Чорне море.

**Belyaeva O.I. Abundance and biomass of bacteria in the district of receipt of thundershower flow in a Kazachya Bay (Black sea) / O.I. Belyaeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 2. – P. 67-72.**

Data on determination of abundance and biomass of bacteria in the district of receipt of thundershower flows in a Kazachya Bay werw cited. The off-shore area of bay of receipt was the most eutrophical. Two peaks of abundance of bacteria are registered: maximal in spring and less expressed - in autumn. The highest general abundance of bacteria was observed in a winter period at the mass accumulation of jelly-fishes *Aurelia aurita*.

**Keywords:** bacterioplankton, thundershower flows, Black sea.

Поступила в редакцию 13.05.2011 г.