



УДК 574.587 (262.5)

Г. В. Лосовская, канд. биол. наук

Одесский филиал Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского
Национальной академии наук Украины, Одесса

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ТАКСОЦЕНА ПОЛИХЕТ В МОНИТОРИНГЕ КАЧЕСТВА СРЕДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ

В акваториях с разным уровнем антропогенного воздействия изучали возможность использования параметров таксоцены полихет в мониторинге качества среды и состояния донных сообществ северо-западной части Чёрного моря. В Одесском регионе северо-западной части моря и в акватории Одесского порта среди всех определяемых параметров таксоцены полихет (число видов, средняя численность, индексы видового разнообразия, доминирования и выравненности) показателем состояния среды оказалось лишь число видов (в акватории порта – также и средняя численность), тогда как самые высокие индексы разнообразия отмечены в наиболее подверженных антропогенному воздействию акваториях – гаванях порта. Исследовали также возможность применения статистических показателей пространственного распределения полихет *Neanthes succinea* и *Polydora cornuta* (средней арифметической численности и степени агрегированности) в целях биоиндикации.

Ключевые слова: полихеты, число видов, индекс разнообразия, индекс доминирования, средняя арифметическая, степень агрегации, толерантный вид, индикатор загрязнения, Чёрное море

Одним из показателей состояния морских экосистем является структура бентосных сообществ. В мониторинге донных биоценозов обычно используют такие характеристики, как видовой состав, численность, индексы разнообразия, экологическое соответствие доминирующих видов ключевым видам, изменчивость бентических параметров во времени [2]. Антропогенное воздействие приводит к изменению границ сообщества, упрощению его структуры и даже к смене сообществ [1]. Важной индикаторной группой при оценке качества среды и состояния донных сообществ являются полихеты. Многие из них имеют высокую степень толерантности к неблагоприятным факторам, как к загрязнению, так и к природным нарушениям. В связи с этим в мониторинге состояния среды рекомендуется применение таких параметров таксоцены полихет, как биомасса, численность, число видов, индексы раз-

нообразия, выравненности, видового богатства и доминирования [8].

Цель работы состояла в том, чтобы проверить возможность использования некоторых параметров таксоцены полихет в мониторинге состояния среды и донных сообществ северо-западной части Чёрного моря (СЗЧМ). В качестве полигона были выбраны Одесский регион СЗЧМ (от устья Григорьевского до устья Сухого лимана на глубинах 7 – 25 м) и акватория Одесского порта, находящегося в юго-западной части Одесского залива. Акватория порта отделена от смежного участка Одесского залива тремя волноломами и двумя молами, что накладывает ограничения на обмен вод между акваториями порта и открытой частью залива. Водообмен, осуществляемый через проходы между волноломами и молами и через подходные каналы, активизируется при стогах и нагонах. В остальное время обмен

водами слабый, особенно в глубине гаваней у причалов, удалённых от проходов порта.

Материал и методы. Пробы бентоса отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.1 м^2 и обрабатывали по стандартной методике. Определяли такие параметры таксоцена полихет: видовой состав, средняя численность каждого вида и общая средняя численность всех видов, индекс видового разнообразия по Симпсону [7], индекс доминирования по Бердджер-Паркер [9], показатель выравнивания по Протасову [6]. Кроме того, вычислялись статистические показатели пространственного распределения ключевых видов: средняя арифметическая (численности), дисперсия и степень агрегации, определяемая отношением дисперсии к средней арифметической.

Параметры таксоцена полихет рассматривали и сравнивали отдельно в каждой из двух несоизмеримых по площади и по количеству исследованных проб акваторий – Одесского порта и Одесского региона моря.

В акватории Одесского порта в конце августа – декабре 2001 г. в рамках выполнения международной программы «ГлоБалласт» на 30 станциях были собраны количественные пробы бентоса. Донные отложения акватории порта представлены на 95 % черными и серыми илами; в настоящей работе использованы только результаты обработки проб, отобранных на этих грунтах.

В соответствии с интенсивностью водообмена, от которого в значительной степени зависит качество вод, в районе Одесского порта выделены три участка: полузамкнутые гавани – Карантинная (внутренняя часть), Новая, Каботажная и Практическая (30 проб); более открытые гавани – Нефтяная, Хлебная, Заводская (32 пробы); открытая акватория порта – участок с относительно свободным водообменом, где у волноломов, молов и на подходном канале собрано 30 проб.

В Одесском регионе моря пробы бентоса отбирали в 1998 г. по стандартной сетке станций (28 станций в мае, 22 – в августе). В

данной работе рассмотрены результаты обработки проб, собранных только на илистых грунтах с примесью ракушки (песка и ракушки) и на илах. Хотя на иле с ракушкой число видов полихет оказалось больше (12), чем на илистом грунте (9), показатели численности полихет в этих биотопах, как на отдельных станциях, так и средние (1343 и 1370 экз.м⁻² соответственно), различались незначительно.

По уровню антропогенной нагрузки в регионе выделены два участка: прибрежная зона на глубине 7 – 16 м (20 проб) и открытая зона на глубине 17 – 25 м (22 пробы). В прибрежной зоне основными источниками загрязнения являются выпуски станций биологической очистки сточных вод («Южная» и «Северная»), ливневый сток, стоки дренажных вод, выпуски Одесского припортового завода и порта Ильичевск. В открытой зоне влияние береговых антропогенных стоков и других антропогенных факторов проявляется значительно меньше.

Результаты и обсуждение. В Одесском регионе СЗЧМ найдено 14 видов полихет, в акватории Одесского порта – 17. Меньшее число обнаруженных видов в Одесском регионе моря по сравнению с акваторией порта, скорее всего, можно объяснить разницей в количестве проб, приходящихся на единицу площади дна в этих двух несоизмеримых по величине акваториях.

В акваториях полузамкнутых гаваней порта, для которых характерны застойные явления, дефицит кислорода, наличие сероводорода в грунте (чёрный полужидкий ил), отмечены наименьшее число видов и самая низкая численность полихет в сравнении с другими участками обследованных акваторий. В открытых гаванях количество видов было больше и их средняя численность в несколько раз выше, чем в полузамкнутых акваториях. Наибольшее число видов и самая высокая средняя численность полихет зарегистрированы в акватории порта с относительно свободным водообменом (табл. 1).

Табл. 1 Параметры таксоцена полихет в акваториях с разным уровнем антропогенного воздействия
 Table 1 Polychaete taxocene parameters in water areas with different levels of anthropogenic impact

Акватории	S	N	D	d	K _B
Одесский порт					
Полузакмнутые гавани	7	101	0.694	0.524	0.028
Открытые гавани	11	697	0.751	0.344	0.048
Открытая акватория порта	16	2107	0.564	0.616	0.028
Одесский регион					
Прибрежная зона	9	1797	0.598	0.474	0.072
Открытая зона	13	916	0.439	0.736	0.055

Примечание: S – число видов; N – средняя численность, экз.м⁻²; D – индекс видового разнообразия Симпсона; d – индекс доминирования Берджер-Паркер; K_B – показатель выравнивания Протасова

Notes: S – species number; N – average abundance, sp.m⁻²; D – Simpson's species diversity index; d – Berger-Parker's dominance index; K_B – Protasov's evenness index

В прибрежной зоне Одесского региона количество видов полихет было меньше, а их средняя численность больше, чем в открытой зоне (табл. 1). Как правило, состав фауны на илисто-ракушечных грунтах богаче, чем на илах, что отмечалось в таксоцене полихет Одесского региона. Поэтому меньшее число видов в прибрежной зоне региона (78 % проб собрано на иле с ракушей) по сравнению с открытой зоной (пробы, отобранные на иле с ракушей, составили 35 %) свидетельствует о влиянии антропогенной нагрузки на видовое богатство полихет в прибрежной зоне Одесского региона моря.

Индексы видового разнообразия таксоцена полихет в гаванях портах оказались выше, чем в его открытой акватории. В Одесском регионе моря более низкий показатель разнообразия отмечен в открытой, относительно чистой акватории, а более высокий – в испытывающей существенную антропогенную нагрузку прибрежной зоне (табл. 1). Этот парадокс объясняется тем, что индекс разнообразия меняется обратно пропорционально индексу доминирования, и разнообразие тем меньше, чем выше «концентрация доминирования» [5].

Самая большая «концентрация доминирования» у полихет наблюдалась в открытой зоне Одесского региона моря, где доминантным был только один вид – *Neanthes succinea* (Frey et Leuch, 1847) (74 % общей средней численности всех видов). В прибрежной зоне региона «концентрация доминирования» была

значительно меньше: средняя численность доминанта *Heteromastus filiformis* (Claparede, 1864) составила 47 % общей средней численности полихет, а субдоминанта *N. succinea* – 40 % (табл. 1).

В открытых гаванях порта доминировали почти в равной степени 2 вида – *N. succinea* и *Polydora cornuta* Bosc, 1802 (30 и 34 % общей средней численности полихет), а в полузакмнутых акваториях хотя и доминировал один вид (индикатор загрязнения *P. cornuta*), но его численность была сопоставима с численностью толерантного вида *N. succinea* (53 и 25 экз.м⁻² в среднем). Индексы доминирования у полихет в акваториях гаваней были относительно невысокими, тогда как в открытой акватории порта, где лидировал один вид – *H. filiformis* (62 % общей средней численности всех видов), концентрация доминирования оказалась значительно больше (табл. 1).

Подобное несоответствие индексов видового разнообразия состоянию среды и донной макрофауны отмечено в СЗЧМ и в биоценозе мидии, где индексы разнообразия Симпсона оказались самыми высокими в периоды замора и деградации сообщества. Самый низкий показатель разнообразия был зарегистрирован тогда на этапе восстановления биоценоза. Период восстановления характеризовался большим числом видов, но в то же время и высоким индексом доминирования (по численности), благодаря огромному количеству молодежи мидий [3]. На примере таксоцена полихет под-

твердилось допущение [3], что в нестабильных условиях СЗЧМ значение индекса видового разнообразия сообщества определяется относительным обилием доминирующего вида, а не числом видов. Ещё в конце 1960-х годов Е. Треймер, изучавший популяции птиц, высказал предположение, что разнообразие сообществ, находящихся в суровых условиях среды, зависит от относительного обилия, тогда как разнообразие сообществ в благоприятных условиях обитания – от числа видов (цит. по [5]).

Интересно отметить, что показатели выравненности не находились в прямой связи с индексами разнообразия. При этом они были ниже в акватории порта, чем в Одесском регионе моря (табл. 1).

Итак, в акваториях Одесского региона и Одесского порта из всех определяемых параметров таксоцена полихет показателем состояния среды оказался самый простой – число видов, а в акватории порта – также и средняя численность. По мнению С. Е. Дятлова [2], численность ключевых видов, если они правильно выбраны, может быть хорошим индикатором.

Ключевыми видами полихет в районе Днепровско-Днестровского междуречья, частью которого является Одесский регион моря, в период исследований (конец 1990-х – начало 2000-х) были виды-опортунисты *N. succinea* и *P. cornuta*. Мы сопоставили статистические показатели пространственного распределения численности (среднюю арифметическую и степень агрегированности) этих видов в акваториях с разным уровнем антропогенной нагрузки.

N. succinea толерантен к понижению содержания в воде кислорода и к загрязнению, тогда как *P. cornuta* (ошибочно определённый, как *Polydora limicola* Annenkova, 1934, является старшим синонимом широко распространённого вида *Polydora ligni* Webster, 1879) – индикатор загрязнения [4].

В акватории Одесского порта средняя численность *N. succinea* колебалась от 25 в полузамкнутых гаванях до 335 экз. м⁻² в открытой

акватории (в открытых гаванях – 208 экз. м⁻²), степень агрегированности – от 14 в полузамкнутых гаванях до 278 в открытых гаванях (в открытой акватории порта – 166). У *P. cornuta* средняя численность изменялась от 53 в полузамкнутых гаванях до 345 экз. м⁻² в открытой акватории порта, степень агрегации – соответственно от 204 до 589 (в открытых гаванях – 240 экз. м⁻² и 431). Следовательно, в наиболее загрязнённой акватории порта у толерантного вида *N. succinea* отмечалось снижение средней численности и степени агрегации на порядок. У индикатора загрязнения *P. cornuta* даже в условиях полузамкнутых гаваней наблюдалось образование скоплений особей (до 500 экз. м⁻²), и поэтому при невысокой средней численности агрегация была весьма значительной. Степень агрегированности распределения этого вида оказалась, однако, выше в открытых гаванях порта и на участке с относительно свободным водообменом, где отмечались скопления особей до 1320 (в гаванях) и до 6450 экз. м⁻² (в открытой акватории).

В Одесском регионе моря средняя численность *N. succinea* была очень высокой – 730 экз. м⁻² в прибрежной зоне и 675 экз. м⁻² в открытой зоне, степень агрегированности – соответственно 261 и 157. У *P. cornuta* соответствующие показатели оказались значительно меньше: 140 экз. м⁻² и 132 – в прибрежной зоне, 45 экз. м⁻² и 13 – в открытой зоне.

Пространственное распределение полихет *N. succinea* и *P. cornuta* в акваториях с разным уровнем антропогенного воздействия более подробно рассмотрено в [4].

На популяционном уровне нарушения, вызванные антропогенным фактором, проявляются в разнообразных изменениях структуры популяции [1]. Одной из характеристик структуры популяции вида является характер пространственного распределения особей, в частности, степень агрегации (при групповом распределении). Антропогенные воздействия неоднозначно сказываются на изменении степени агрегированности, а также и средней

численности у видов с разными требованиями к условиям среды. Так, эвтрофирование и загрязнение водоёмов стимулируют развитие видов-индикаторов загрязнения, к которым относится и *P. cornuta*, что выражается в увеличении их плотности и, особенно, в образовании значительных скоплений особей (при этом заметно возрастает и степень агрегации). В то же время у толерантного вида *N. succinea*, неплохо переносящего органическое загрязнение и дефицит кислорода, в неблагоприятных условиях не наблюдается формирования скоплений, резко снижаются численность и степень агрегированности распределения. Из этого следует, что изменения характеристик пространственного распределения (средней арифметической и

степени агрегации) как индикаторных, так и толерантных видов полихет, очевидно, могут быть показателем изменения качества водной среды.

Таким образом, на примере таксоцены полихет СЗЧМ показано, что для мониторинга состояния морских экосистем по макрозообентосу, наряду с анализом структуры донных сообществ, представляется перспективным в целях биоиндикации использовать структуру популяции ключевых видов. При таком комплексном подходе следует, однако, принимать во внимание, что иногда значения формальных индексов видовой разнообразия могут не соответствовать условиям среды.

1. Валовая Н., Заика В., Мазлумян С., Маккавеева Е., Петров А., Повчун А. Использование бентоса для оценки состояния экосистемы Черного моря // Проблемы фоновго мониторинга состояния природной среды. – 1990. – Вып. 8. – С. 183 – 185.
2. Дятлов С. Е. Использование интегральных методов в комплексном мониторинге загрязнения морской среды // Вісник Одеського нац. ун-ту. – 2005. – 10, вип. 4. Екологія. – С. 133 – 138.
3. Лосовская Г. В. Изменение некоторых показателей видовой структуры биоценоза *Mytilus galloprovincialis* (доминирования и разнообразия) в условиях гипоксии и заморозов в северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2005. – Вып. 12. – С. 574 – 579.
4. Лосовская Г. В. Пространственное распределение полихет *Neanthes succinea* и *Polydora limicola* в акваториях с разным уровнем антропогенного воздействия // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа – 2008. – Вып. 17. – С. 357 – 361.
5. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 743 с.
6. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиконология. – Киев, 2002. – 106 с.
7. Фёдоров В. Д., Гильманов Т. Г. Экология. – Изд-во Московского ун-та, 1980. – 464 с.
8. Belan T. A. Marine environmental quality assessment using polychaete characteristics in Vancouver Harbour // Mar. Environmental Research. – 2003. – 57. – P. 89 – 101.
9. Gray J. S. The measurement of the marine species diversity with an application to the benthic fauna of the norwegian continental shelf // Journ. of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2000. – 250. – P. 23 – 49.

Поступила 13 ноября 2009 г.

После переработки 24 ноября 2010 г.

Про можливість застосування деяких параметрів таксоцени поліхет у моніторингу якості середовища північно-західної частини Чорного моря. Г. В. Лосовська. В акваторії Одеського регіону Чорного моря та Одеського порту з усіх визначених параметрів таксоцени поліхет показником стану середовища виявилась лише кількість видів, тоді як індекси видового різноманіття були найбільшими в гаванях порту. На прикладі толерантного виду *Neanthes succinea* та індикатору забруднення *Polydora cornuta* вивчена можливість використання статистичних показників просторового розподілу (середньої арифметичної чисельності та ступеню агрегованості) ключових видів бентосу в моніторингу стану морських екосистем.

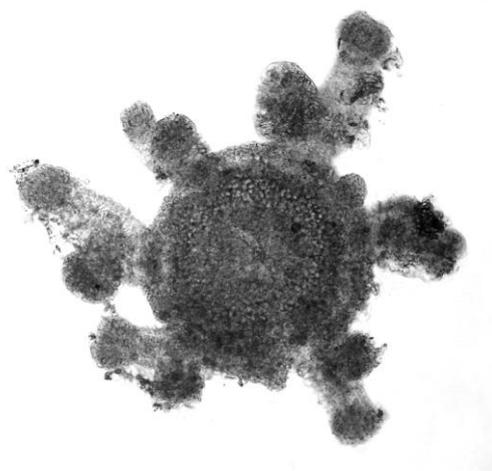
Ключові слова: поліхети, кількість видів, чисельність, індекс різноманіття, індекс домінування, середня арифметична, ступінь агрегованості, толерантний вид, індикатор забруднення.

On using some polychaete taxocene parameters for monitoring environmental quality in the northwestern Black Sea. G. V. Losovskaya. In the Black Sea area of Odessa coast and Odessa port, of all polychaete taxocene parameters determined, only the species number was an indicator of the aquatic environment, while species diversity indices were the highest in the port harbours. The possibility of using spatial distribution statistical characteristics of benthic key species in monitoring the state of tolerant species *Neanthes succinea* and pollution indicator *Polydora cornuta*.

Key words: polychaetes, species number, abundance, diversity index, dominance index, standard mean, degree of aggregation, tolerant species, pollution indicator

ЗАМЕТКА

Находки редкой для Чёрного моря *Eleutheria dichotoma* (Hydrozoa, Atecata, Cladonematidae) у крымского побережья. [Знахідки рідкісної для Чорного моря *Eleutheria dichotoma* (Hydrozoa, Atecata, Cladonematidae) біля кримського узбережжя. The find of *Eleutheria dichotoma* (Hydrozoa, Atecata, Cladonematidae) in the Black Sea near Crimean coast]. Мелкая медуза *Eleutheria dichotoma* Quatrefages, 1842 (рис. 1) обнаружена у крымского побережья Чёрного моря (в водах Севастополя) трижды: впервые 20 июля 2004 г. у скалы Маяк на глубине 15 м, 7 декабря 2006 г. в Мартыновой бухте и 28 апреля 2008 г. у мола вблизи Радиобиологического корпуса ИнБИОМ. Медуза имеет редуцированный полусферическим колокол, или умбреллу, высотой 0.5 мм и диаметром 0.75 мм. Ротовой хоботок, или манубриум, грушевидной или конусо-видной формы, ротовое отверстие круглое, ротовые щупальца отсутствуют. Радиальных каналов 8 и, соответственно, такое же число маргинальных щупалец. Конец каждого из них раздваивается, причём нижняя ветвь заканчивается присоской, а верхняя, более крупная, - головкой состоит из стрекательных капсул. Медузы ведут ползающий образ жизни, передвигаясь с помощью присосок. Известно (Наумов, 1960), что *Eleutheria*, кроме полового размножения, способна размножаться почкованием. В Чёрном море *E. dichotoma* – редкий вид, встречается на водорослях на небольших глубинах. Для крымского побережья указывается впервые, но пока только по медузоидному поколению. Вид известен в Балтийском и Северном морях, Бискайском заливе, Средиземном море, в водах Австралии, в Карибском (?) море (Bouillonet al., 2004; Fraser et al., 2006).



сском заливе, Средиземном море, в водах Австралии, в Карибском (?) море (Bouillonet al., 2004; Fraser et al., 2006).

Благодарность. Приношу благодарность своим коллегам В. А. Гринцову и Е. В. Лисицкой (ИнБИОМ НАН Украины) за помощь в подготовке статьи к печати.

В. В. Мурина, докт. биол. наук, вед. н. с. (Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, Севастополь, Украина).

Рис. 1 *Eleutheria dichotoma* Quatrefages, 1842, медузоидное поколение (Севастополь, Чёрное море) (оригинал)

Fig.1 The medusa stage of *Eleutheria dichotoma* Quatrefages, 1842 (Sevastopol, the Black Sea) (original)