

Г.В.Лосовская, И.А.Синегуб, А.С.Бондаренко

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса

РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ ПОЛИХЕТ ОБРАСТАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И БЕНТОСА ОДЕССКОГО ПОРТА

Изучено разнообразие таксоцена полихет в обрастании гидротехнических сооружений и в бентосе Одесского порта с помощью индексов Симпсона, Шеннона и Пиелу, рассчитанных по численности и по биомассе. Все индексы разнообразия оказались значительно больше в бентосе, чем в обрастании. Видовое разнообразие было выше экологического (разнообразия жизненных форм), а индексы, вычисленные по численности, больше рассчитанных по биомассе. Высказано предположение о возможности использования индексов разнообразия, вычисленных по биомассе.

Фауна обрастания деревянных и каменных гидротехнических сооружений в Одесском порту изучена в 1934 – 1936 гг. [1], макро- и микрозообентос – в 1976 – 1977 гг. [2].

В 2001 г. в рамках Международного проекта «Глобаласт» была подробно исследована экосистема акватории Одесского порта. В частности, проведен сравнительный анализ видового состава и количественных показателей полихет в обрастании и в бентосе акватории порта [3].

Целью настоящей работы является изучение биоразнообразия в Одесском порту с применением различных индексов, на примере полихет.

Материал и методы. В работе использованы данные, полученные при обработке проб, собранных в обрастании гидротехнических сооружений (222 пробы) и в бентосе (123 пробы) Одесского порта в период с 30 августа по 6 декабря 2001 г.

Для каждого вида полихет в обрастании и в бентосе определены средние показатели численности (N , экз. \cdot м⁻²) и биомассы (B , г \cdot м⁻²); путем суммирования этих величин получены общие средние значения численности и биомассы полихет для обрастания и для бентоса.

При изучении разнообразия полихет использовали три наиболее часто употребляемых показателя видовой структуры сообщества: индекс видового разнообразия Симпсона [4], индекс общего разнообразия Шеннона [4] и индекс выравненности Пиелу [4, 5]. Все эти индексы вычислены не только по численности, но и по биомассе.

Индекс Симпсона определяли по формуле:

$$D = 1 - \sum (n_i / N)^2,$$

где n_i – средняя численность или биомасса отдельных видов, N – общая средняя численность или биомасса всех видов. Индексы Шеннона и Пиелу вычислены по общепринятым формулам [4, 5], при этом индекс Шеннона – и по натуральным логарифмам и по логарифму с основанием 2.

Использовали также и показатель видового богатства по Маргалёфу [5] и показатель доминирования по Бердджер-Паркер [6]. Последний вычисляли по формуле:

© Г.В.Лосовская, И.А.Синегуб, А.С.Бондаренко, 2005

$$d = \frac{N_{max}}{N},$$

где N_{max} – средняя численность наиболее обильного вида, N – общая средняя численность всех видов.

Результаты и обсуждение. В акватории Одесского порта зарегистрированы 19 видов полихет, при этом в d бентосе числе видов оказалось почти вдвое больше, чем в обрастании (17 и 9 соответственно). Однако не всегда большее количество видов свидетельствует о большем разнообразии, в связи с чем в данной работе применен индексный подход. Исходные данные, использованные для вычисления индексов разнообразия полихет в обрастании и в бентосе (как по численности, так и по биомассе) содержатся в табл.1.

Видовое разнообразие полихет в бентосе Одесского порта гораздо больше, чем в обрастании гидротехнических сооружений, особенно по биомассе.

Т а б л и ц а 1. Видовой состав, количественные показатели (N – средняя численность, экз.·м⁻², B – средняя биомасса, г·м⁻²) и экологические характеристики полихет в акватории Одесского порта в 2001 г.

вид	обрастание		бентос		жизненная форма*
	N	B	N	B	
<i>Phyllodoce mucosa</i> Oersted	–	–	0,1	0,001	IV
<i>Eteone picta</i> Quatrefages	–	–	0,1	0,001	IV
<i>Harmothoe imbricata</i> (L.)	26,9	0,271	47,9	0,344	I
<i>H. reticulata</i> Claparede	2,1	0,011	0,4	0,001	I
<i>Exogone gemmifera</i> Pagenstecheri	0,1	0,001	0,4	0,001	VI
<i>Nereis diversicolor</i> (Muller)	–	–	7,4	0,389	VI
<i>Neanthes succinea</i> (Frey et Leuch)	1329,0	20,129	173,9	3,706	VI
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin et M.-Edwards)	10,5	0,102	4,6	0,087	I
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny	–	–	0,3	0,046	IV
<i>Nephtys cirrosa</i> Ehlers	–	–	0,9	0,088	IV
<i>Spio filicornis</i> (O.F.Muller)	–	–	16,5	0,012	III
<i>Polydora limicola</i> Annenkova	262,0	0,094	284,8	0,134	VI
<i>Prionospio cirrifera</i> Wiren	–	–	1,2	0,001	III
<i>Heteromastus filiformis</i> Claparede	0,4	0,001	210,7	0,982	V
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius)	–	–	4,6	0,008	V
<i>Capitomastus minimus</i> (Langerhans)	–	–	0,1	0,001	V
<i>Melinna palmata</i> Grube	–	–	0,2	0,002	III
<i>Fabricia sabella</i> (Ehrenberg)	0,3	0,001	–	–	II
<i>Mercierella enigmatica</i> Fauvel	0,1	0,001	–	–	II
всего	1631,4	20,611	754,1	5,804	–

* I – эпибионты подвижные, II – эпибионты неподвижные, III – интрабионты ограниченно подвижные, IV – интрабионты роющие – полифаги, V – интрабионты роющие – детритофаги, VI – интра-эпибионты.

Т а б л и ц а 2. Индексы видового разнообразия полихет в акватории Одесского порта в 2001 г. (Маргалефа – d_1 , Симпсона – D , Шеннона – H , Пиелу – e).

показатель «значительности»	d_1	D	$H(\ln)$	$H(\log_2)$	e
<i>обрастания</i>					
численность	1,088	0,310	0,574	0,828	0,261
биомасса	–	0,043	0,136	0,197	0,062
<i>бентос</i>					
численность	2,415	0,721	1,464	2,112	0,516
биомасса	–	0,554	1,221	1,762	0,431

Кроме того, индексы разнообразия, рассчитанные по численности, в бентосе несколько больше, а в обрастании – на порядок (по Симпсону) или в несколько раз (по Шеннону) выше соответствующих индексов, рассчитанных по биомассе (табл.2). Индекс доминирования Берджер-Паркер, оказался, наоборот, значительно выше в обрастании (0,811), чем в бентосе (0,377).

Кроме видового разнообразия, в обрастании и в бентосе порта изучалось экологическое разнообразие полихет, которое мы определяем как разнообразие жизненных форм, их соотношение по числу видов и относительному обилию в сообществе [7]. Среди черноморских полихет ранее были выделены 5 основных жизненных форм [8], однако в их число не вошли массовые виды *Nereis diversicolor*, *Neanthes succinea*, *Polydora limicola* и некоторые более редкие виды, которые могут жить и на рыхлых, и на жестких субстратах. Мы отнесли их к жизненной форме интра-эпибионтов.

В акватории Одесского порта представлены все 6 основных жизненных форм полихет. По числу видов в обрастании доминируют подвижные эпибионты и интра-эпибионты, а в бентосе – роющие интрабионты – полифаги и также интра-эпибионты. По численности и биомассе и в обрастании и в бентосе лидируют интра-эпибионты (табл.3).

Разнообразие жизненных форм полихет в бентосе больше, чем в обрастании. Это и понятно, так как в биотопе обрастания почти отсутствуют жизненные формы интрабионтов, тогда как в бентосе рыхлых грунтов (занимающих почти всю акваторию порта), благодаря примеси ракуши, встречаются не только все жизненные формы интрабионтов, но и эпибионты. Для вычисления индексов экологического разнообразия полихет применили средние показатели численности и биомассы не отдельных видов, а совокупности видов, относящихся к той или иной жизненной форме (табл.3).

Индексы разнообразия для жизненных форм полихет почти всегда на порядок выше в бентосе, чем в обрастании. При этом и в обрастании, и в бентосе индексы, рассчитанные по численности и по биомассе, мало отличаются друг от друга (табл.4). Показатель доминирования по Берджер-Паркер составил в обрастании 0,975; в бентосе 0,618.

На основании всего выше изложенного можно сделать следующее заключение.

Индексы разнообразия полихет в Одесском порту в бентосе значительно выше, чем в обрастании, а их видовое разнообразие больше экологического (табл.2, 4). Кроме того, в акватории порта у полихет отмечается боль-

Т а б л и ц а 3. Состав и количественные показатели (n – количество видов, N – средняя численность, экз.·м⁻², B – средняя биомасса, г·м⁻²) жизненных форм полихет в акватории Одесского порта в 2001 г.

жизненные формы	обрастание			бентос		
	n	N	B	n	N	B
эпибионты подвижные	3	39,5	0,384	3	52,9	0,432
эпибионты неподвижные	2	0,4	0,002	–	–	–
интрабионты ограниченно подвижные	–	–	–	3	17,9	0,015
интрабионты роющие, полифаги	–	–	–	4	1,4	0,136
интрабионты роющие, детритофаги	1	0,4	0,001	3	215,4	0,991
интра-эпибионты	3	1591,1	20,224	4	466,5	4,230
всего	9	1631,4	20,611	17	754,1	5,804

Т а б л и ц а 4. Индексы экологического разнообразия полихет в акватории Одесского порта в 2001 г. (Симпсона – D , Шеннона – H , Пиелу – e).

показатель «значительности»	D	$H (ln)$	$H (log_2)$	e
<i>обрастания</i>				
численность	0,058	0,118	0,171	0,085
биомасса	0,037	0,094	0,135	0,068
<i>бентос</i>				
численность	0,544	0,941	1,359	0,585
биомасса	0,435	0,829	1,196	0,515

шее видовое разнообразие по численности, чем по биомассе.

В таксоценое полихет наблюдается количественное преобладание r – стратега *N. succinea*, особенно в обрастании гидротехнических сооружений, где он составляет 81,5 % средней численности и 97,7 % средней биомассы всех полихет. В бентосе данный вид доминирует только по биомассе (63,9 %), тогда как по численности лидируют *P. limicola* и *Heteromastus filiformis* (37,8 и 27,9 % общей средней численности), относящиеся к «прогрессивным по отношению к загрязнению» [9], а *N. succinea* занимает третье место (23,1 %). Массовое развитие трех этих видов, их доминирование в таксоценое полихет свидетельствуют, по-видимому, о наличии загрязнений в акватории Одесского порта.

Очень низкие показатели видового разнообразия полихет (менее 0,05 по Симпсону, менее 1,0 по Шеннону) отмечаются только в обрастании портовых сооружений. Имеются сведения о том, что индексы Симпсона порядка 0,05 – 0,20 характерны для экосистем, находящихся в состоянии стресса [4], а индексы Шеннона менее 1,0 свидетельствуют об очень плохом качестве морских донных отложений [10]. Индексы видового разнообразия полихет по Симпсону в бентосе порта (0,72 по численности и 0,55 по биомассе) вполне сопоставимы с таковыми для бентоса Одесского региона (без порта),

где они составили (в 1998 г.) 0,73 на ракушечнике и 0,63 на иле [11].

Для вычисления индексов разнообразия обычно в качестве показателя «значительности» вида используют численность. Однако не исключается применение и других показателей «значительности», как, например, биомасса или продуктивность [5]. Известно, что именно через биомассу осуществляется поток энергии в сообществах. При расчете индексов разнообразия по численности предполагается, что особи видов в сообществе сравнимы по размеру и метаболизму [4]. Между тем, только в пределах таксоцена полихет размеры особей разных видов варьируют (в Черном море) от 1 – 2 до 100 мм. При этом мелкие детритоядные полихеты (виды семейств Spionidae и Capitellidae) даже при их массовом развитии в условиях эвтрофирования дают ничтожную, по сравнению с их численностью, биомассу. Поэтому при использовании показателей численности для оценки «значительности» вида роль этих полихет в сообществе, вероятно, будет сильно преувеличена. Можно полагать, что в некоторых случаях индексы разнообразия, вычисленные по биомассе, являются более информативными, чем таковые по численности. В пользу данного предположения свидетельствует то, что индексы видового разнообразия полихет, рассчитанные по биомассе, очень близки к индексам их экологического разнообразия, вычисленным как по биомассе, так и по численности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринбарт С.Б. Обростания дерев'яних та кам'яних споруд в Одеській затоці // Тр. Одеськ. держ. ун-ту. Сер. Біологія.– 1938.– 3.– С.53-57.
2. Джуртубаев М.М., Чернолев М.М. Донная фауна Одесского порта // II Всесоюз. конф. по биологии шельфа.– Ч.2.– Киев: Наукова думка, 1978.– С.41-42.
3. Лосовская Г.В., Синегуб И.А., Рыбалко А.А. Сравнение видового состава и количественного развития полихет обростания и бентоса на примере Одесского порта // Морской экологический журнал.– 2004.– 3, №1.– С.51-58.
4. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология.– М.: Изд-во МГУ, 1980.– 464 с.
5. Одум Ю. Основы экологии.– М.: Мир, 1975.– 743 с.
6. Мазлумян С.А., Болтачева Е.А., Колесникова Н.А. Изменение разнообразия зообентоса рыхлых грунтов в районе юго-восточного Крыма (на примере бухты Лисья) // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор).– Севастополь, 2003.– С.229-238.
7. Лосовская Г.В. Изменения видового состава, экологических и морфологических характеристик полихет северо-западной части Черного моря за полувековой период // Экология моря.– 2003.– вып.63.– С.41-45.
8. Лосовская Г.В. Система жизненных форм черноморских полихет // Гидробиол. журн.– 1998.– 34, №3.– С.44-50.
9. Лосовская Г.В. Мониторинг качества среды Черного моря по макрозообентосу (обзор) // Гидробиол. журн.– 2002.– 38, №1.– С.50-61.
10. Gray J.S. The measurment of marine species diversity with an application to the benthic fauna of the norvegian continental shelf // J. of Experim. Marine Biology and Ecology.– 2000.– 250.– P.23-49.
11. Лосовская Г.В. Изменения видового и экологического разнообразия в классе Polychaeta в условиях эвтрофирования северо-западной части Черного моря // Екологічні проблеми Чорного моря.– Одеса: ОЦНТЕІ, 2002.– С.124-126.

Материал поступил в редакцию 28.02.2005 г.