

УДК 574.587:574 (262.5)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИДОВОГО ДОМИНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТАКСОЦЕНА НЕМАТОД СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ

Иванова Е. А., Кошелева Т. Н.

*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, Севастополь,
katy.iva@gmail.com*

При моделировании откликов сообществ гидробионтов на изменение факторов среды, а также для оценки долговременных изменений этих сообществ часто используются данные о структуре доминирования, полученные только в один из сезонов года без учета внутригодовых изменений видовой структуры таксоценоза. В работе рассматривается вопрос о корректности сравнения сообществ гидробионтов в связи с внутригодовыми колебаниями доминирующих видов. Проведен сравнительный анализ внутригодовых изменений преобладающих видов сообществ нематод в трех частях акватории города Севастополя с различным уровнем загрязнения и гидрологическими условиями (бухта Омега, бухта Южная и внешний рейд). Выполнен расчет и оценка показателей видового разнообразия и структуры доминирования (индексы Маргалефа, Симпсона и Пиелю), анализ разнообразия видовой структуры проводился с помощью кривых рангового распределения видов. Показана резкая смена показателей видового разнообразия и структуры доминирования в различные периоды года для сообществ бухт Омега и внешнего рейда, подверженных сильным изменениям условий существования из-за сезонных штормов. Выявлены значительные различия в видовом доминировании нематод между бухтой Южной, подверженной значительному антропогенному воздействию и остальными двумя акваториями с меньшим уровнем загрязнения.

Ключевые слова: структура видового доминирования, нематоды.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение видового доминирования как характеристики сообщества в различных экологических условиях является одним из важнейших этапов биоценологических исследований. Большинство современных классификаций сообществ опирается на структуру доминирования видов и меру их разнообразия [1, 2, 3, 6, 7, 8].

В гидробиологических исследованиях достаточно часто используются данные отборов проб в один из сезонов года и делаются выводы о доминировании тех или иных видов. Эти наблюдения затем используются для оценки многолетних изменений сообществ и состояния среды, а также для классификаций биотопов.

Авторы предполагают, что видовая структура может меняться в течение года и для сравнения сообществ (изучения долговременных изменений), вероятно, более целесообразно использовать усредненные данные за длительный период времени, чтобы сгладить краткосрочные проявления стресса в биоценозе из-за резкой смены условий обитания вследствие гидрологических (климатических) причин либо естественных популяционных циклов.

Вопрос о корректности сравнения сообществ гидробионтов в связи с внутригодовыми колебаниями в смене преобладающих видов является целью данной работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для анализа использованы результаты восьми мейобентосных сборов в период с июля 2009 по июль 2010 г., проводившихся одновременно в трех акваториях в окрестности Севастополя – бухте Омега (Круглая), бухте Севастопольская (Южная) и, для сравнения, на внешнем рейде (рис. 1). Глубина отбора проб составляла в б. Омега 8 м, в б. Южная – 11м и на внешнем рейде – 11–18м. Бухта Омега представляет собой акваторию с ограниченным водообменом, за исключением зимних сгонно-нагонных штормовых течений северного и северо-западного направления, не подвержена промышленному загрязнению, однако в теплый период года наблюдается образование гипоксических зон в донных осадках из-за интенсивного накопления органического вещества. Бухта Южная расположена в закрытой части разветвления Севастопольской бухты, из-за чего водообмен с открытым морем затруднен. Район внешнего рейда представляет собой участок открытого моря вдали от любых источников промышленного и бытового загрязнения с интенсивными вдольбереговыми течениями. Подробные методики отбора мейобентосных проб этих сборов и описание районов исследования даны в работе [4].

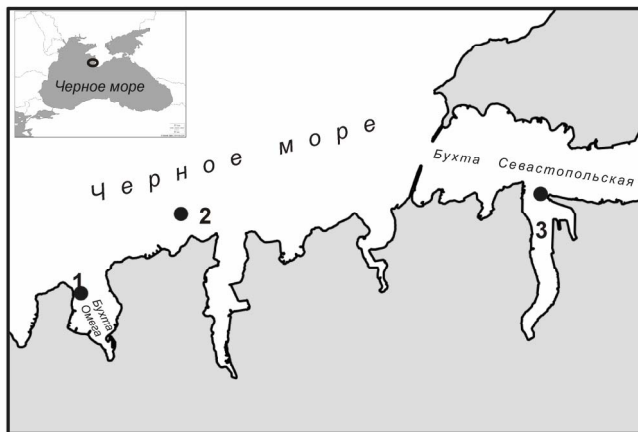


Рис. 1. Районы отбора проб: 1 – бухта Омега; 2 – внешний рейд; 3 – бухта Севастопольская (Южная)

Видовое разнообразие определялось индексом Маргалефа (d). В качестве меры видового доминирования использовался индекс Симпсона (C). Структура доминирования определялась индексом выравненности Пилоу (J) [10]. Доминантные виды определялись по шкале Любарского [5]. Достоверность

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИДОВОГО ДОМИНИРОВАНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ТАКСОЦЕНА НЕМАТОД СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ**

различий параметров видového доминирования таксоцена нематод между бухтами подтверждена однофакторным дисперсионным анализом. Анализ разнообразия видовой структуры проводился с помощью кривых рангового распределения видов [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение видовой структуры таксоцена нематод в различных бухтах. В сообществах нематод бухты Омега отмечено 92 вида, в Южной бухте – 108, на внешнем рейде Севастополя – 63 вида. Во всех трех районах в течение года смена доминирующих и субдоминирующих видов, так же как и самой структуры видového распределения происходила неодинаково.

Средние значения индексов доминирования и разнообразия для трех акваторий достоверно различаются ($p < 0,05$). Показатели обилия видов (S – общее число видов) и выравненности сильно варьируют в течение года, отражая структурное разнообразие сообществ. В нашем исследовании индекс выравненности (J) и видовое разнообразие (d) уменьшаются в сообществах с сильной степенью доминирования (C) (табл. 1), что является показателем усиления экологического стресса для популяций.

Таблица 1

Показатели доминирования и видовой структуры таксоцена нематод

Месяц и год	Показатель разнообразия											
	S	d	J	C	S	d	J	C	S	d	J	C
	бухта Омега				бухта Южная				Внешний рейд			
Июль 2009	21	4,19	0,65	0,23	28	5,54	0,89	0,06	14	3,18	0,75	0,19
Сентябрь 2009	32	6,51	0,86	0,06	38	7,63	0,81	0,08	30	6,00	0,79	0,11
Октябрь 2009	7	1,25	0,28	0,77	28	5,32	0,75	0,17	23	5,42	0,84	0,10
Декабрь 2009	8	1,52	0,41	0,57	29	5,99	0,86	0,08	н/д	н/д	н/д	н/д
Январь 2010	31	6,45	0,83	0,10	29	6,41	0,90	0,05	13	2,77	0,79	0,17
Март 2010	9	1,83	0,57	0,44	24	5,69	0,88	0,07	7	1,94	0,68	0,36
Май 2010	30	6,58	0,88	0,06	н/д	н/д	н/д	н/д	16	3,59	0,78	0,17
Июль 2010	20	4,17	0,76	0,14	23	4,91	0,78	0,16	21	5,11	0,91	0,06
Среднегодовое значение	20	4,06	0,66	0,30	28	5,93	0,84	0,10	18	4,00	0,79	0,16

Примечание к таблице: н/д – нет данных; S – общее число видов, J – индекс выравненности Пиелу, d – индекс видového разнообразия Маргалефа, C – степень доминирования (индекс Симпсона).

Описанные структурные изменения нематодных комплексов выявляются и анализом ранговых кривых (рис. 2). Особенно резкие вариации были отмечены в бухте Омега в октябре и декабре 2009 и марте 2010 г.

В Южной бухте картина доминирования совершенно иная. В течение года характер доминирования не менялся, во все исследованные периоды в сообществе присутствовал только один субдоминант, представленный, однако, различными видами (табл. 2).

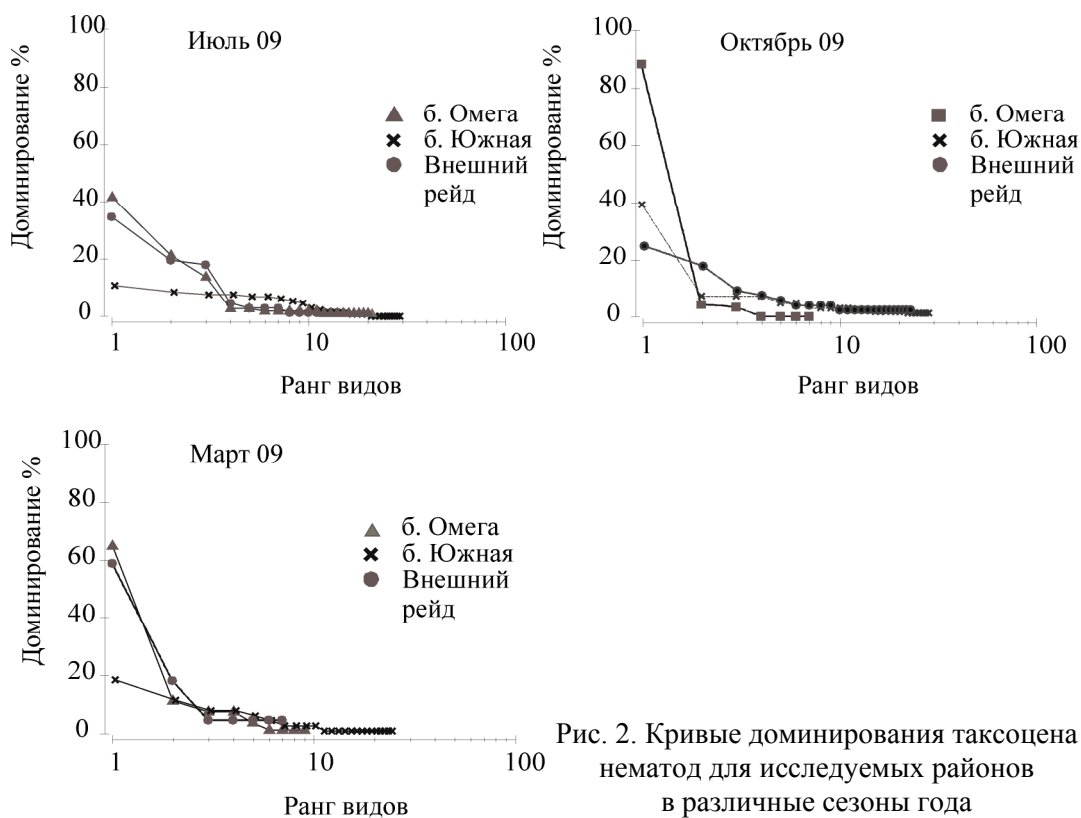


Рис. 2. Кривые доминирования таксоценоза нематод для исследуемых районов в различные сезоны года

Таблица 2
Степень доминирования видов нематод в Севастопольских бухтах и на внешнем рейде в течение года

Виды нематод	Июль 2009	Сентябрь 2009	Октябрь 2009	Декабрь 2009
бухта Омега				
<i>Metoncholaimus demani</i> (Zuz Strassen, 1894)	■			
<i>Sabatieria pulchra</i> (G. Schneider, 1906)			■	■
<i>Spirinia parasitifera</i> (Bastian, 1865)		■		
<i>Paramonhystera elliptica</i> Filipjev, 1918				
<i>Cylindrotheristus maeoticus</i> (Filipjev, 1922)				
<i>Metoncholaimus demani</i> (Zuz Strassen, 1894)				
<i>Sabatieria pulchra</i> (G. Schneider, 1906)		■	■	■
<i>Spirinia parasitifera</i> (Bastian, 1865)				
<i>Paramonhystera elliptica</i> Filipjev, 1918	■			
<i>Cylindrotheristus maeoticus</i> (Filipjev, 1922)				■

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИДОВОГО ДОМИНИРОВАНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ТАКСОЦЕНА НЕМАТОД СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ

Окончание таблицы 1

Виды нематод	Июль 2009	Сентябрь 2009	Октябрь 2009	Декабрь 2009
Южная бухта				
<i>Terschellingia</i> cf. <i>longicaudata</i> De Man, 1907		■		
<i>Metalinhomoeus</i> cf. <i>biformis</i> Juario, 1974		■		
<i>Sabatieria pulchra</i> (G. Schneider, 1906)			█	
<i>Parodontophora quadristicha</i> (Stekhoven, 1950)				■
<i>Paralinhomoeus tenuicaudatus</i> (Bütschli, 1874)				
<i>Terschellingia</i> cf. <i>longicaudata</i> De Man, 1907			н/д	
<i>Metalinhomoeus</i> cf. <i>biformis</i> Juario, 1974			н/д	
<i>Sabatieria pulchra</i> (G. Schneider, 1906)			н/д	
<i>Parodontophora quadristicha</i> (Stekhoven, 1950)			н/д	■
<i>Paralinhomoeus tenuicaudatus</i> (Bütschli, 1874)		■	н/д	
Внешний рейд				
<i>Neochromadora</i> cf. <i>poecilomoides</i> (Filipjev, 1918)	■		■	н/д
<i>Theristus</i> sp. 3a	■	■	■	н/д
<i>Desmodora pontica</i> Filipjev, 1922	■			н/д
<i>Pontonema zernovi</i> (Filipjev, 1916)				н/д
<i>Axonolaimus setosus</i> Filipjev, 1918				н/д
<i>Ptycholaimellus ponticus</i> (Filipjev, 1922)				н/д
<i>Chromadorita</i> sp. 2				н/д
<i>Neochromadora</i> cf. <i>poecilomoides</i> (Filipjev, 1918)				
<i>Theristus</i> sp. 3a				
<i>Desmodora pontica</i> Filipjev, 1922				
<i>Pontonema zernovi</i> (Filipjev, 1916)	■			
<i>Axonolaimus setosus</i> Filipjev, 1918	■		■	
<i>Ptycholaimellus ponticus</i> (Filipjev, 1922)		█	█	
<i>Chromadorita</i> sp. 2		■		

Примечание к таблице: н/д – нет данных; степень доминирования: █ – абсолютный доминант, █ – доминант, ■ – субдоминант [5]; * – сообщество представлено только второстепенными видами (по шкале Любарского [5]).

Для внешнего рейда наблюдается схожая ситуация с Южной бухтой. Только в марте отмечено доминирование вида *Ptycholaimellus ponticus*. В июле 2010 г. сообщество нематод состояло лишь из второстепенных видов, согласно шкале Любарского [5] (табл. 2). Ранговые кривые видов очень сходны в различные сезоны, но в марте заметно увеличение обилия одного вида.

Кривые доминирования для бухты Омега в октябре, декабре и марте 2010 г. регистрируют существенное падение числа видов и очевидное доминирование вида *Sabatieria pulchra*, в литературе описываемый как устойчивый к загрязнению,

экологическим стрессам, в т. ч. изменению кислородного режима [9]. В Южной бухте форма кривых ранговых распределений видов сглаженная и для разных сезонов практически совпадает, что говорит о неизменности характера доминирования. В июле 2009 и январе 2010 г. таксоцены имеют выровненную видовую структуру и представлены большим количеством второстепенных видов.

Относительные кривые рангового распределения видов для бухты Омега позволяют предположить, что в октябре, декабре и марте структура доминирования описывалась моделью геометрических классов с резко выраженным доминированием одного вида, тогда как в остальные периоды можно предположить ее соответствие логнормальной модели. Форма усредненных среднегодовых показателей доминирования и разнообразия больше соответствует логнормальной модели. Кумулятивные кривые доминирования показывают еще более резкую разницу между внутрисезонными и среднегодовыми кривыми.

Внутригодовые и среднегодовые изменения структуры доминирования таксоцены нематод. Исходя из характера доминирования, в бухте Омега межгодовые различия наиболее сильны (рис. 3). Высокая степень доминирования в различные периоды года свидетельствует о периодическом ухудшении качества среды, возможно, о резкой смене условий существования мейобентоса.

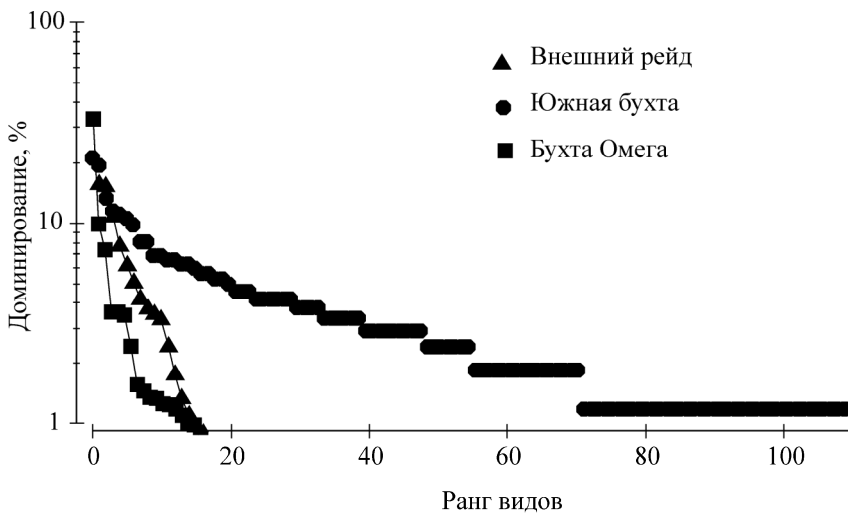


Рис. 3. Кривые ранговых распределений видов нематод для трех акваторий Севастополя (среднегодовые)

На внешнем рейде структура доминирования видов может описываться логнормальной моделью. Кривые относительного распределения близки по форме, но в марте отмечается сильная крутизна склона кривой, что соответствует моменту доминирования *Ptycholaimellus ponticus*. Кумулятивные кривые отражают заметную разницу в структуре доминирования — в сентябре, октябре и июле 2010 г. сообщества были более разнообразными, тогда как в марте 2010 г. кривая показывает низкую степень разнообразия.

В Южной бухте кривые относительного обилия очень сходны как внутри сезонов, так и для среднегодовых значений и отражают низкую степень доминирования, однако среднегодовая кумулятивная кривая более сглажена. Относительная кривая рангового обилия предположительно соответствует логнормальной модели распределения.

ВЫВОДЫ

Структура и степень видového доминирования сообществ нематод в трех исследованных районах достоверно отличается. Наиболее устойчивые сообщества характерны для Южной бухты, тогда как нематодное население бухты Омега проявляет признаки стрессовости.

Существенные отличия в структуре видového доминирования и разнообразия между среднегодовыми и внутригодовыми показателями таксоцена выявлены в бухте Омега, в меньшей степени на внешнем рейде Севастопольской бухты. В Южной бухте в течение года различий в характере доминирования таксоцена нематод практически не наблюдается.

В бухте Омега в октябре, декабре и марте абсолютным доминантом является вид *Sabatieria pulchra*, приуроченный к загрязненным осадкам, быстро развивающийся в стрессовых сообществах. Его массовое развитие в холодный период года может указывать на то, что нематодные сообщества нарушены под периодическими воздействиями штормов и сгонно-нагонных явлений, а в теплый летний период – из-за образования гипоксических зон в донных осадках вследствие скопления органического вещества.

Доминирование вида *Sabatieria pulchra* в Южной бухте наблюдается только в октябре 2009 г. Несмотря на то, что бухта подвергается сильному загрязнению, высокая степень видového разнообразия и отсутствие явного доминирования одного вида большую часть года является признаком устойчивого сообщества. Это может быть объяснено тем, что в практически полностью изолированной от открытого моря Южной бухте формируется адаптированная к постоянному загрязнению нематодная фауна.

Видовая структура нематодных сообществ внешнего рейда характеризуется отсутствием видов – доминантов большую часть года и только в марте-мае 2010 г. преобладает вид *Ptycholaimellus ponticus*.

Список литературы

1. Александров Д.А. О структуре бентоса на мелководьях Белого моря в связи с проблемами его картирования / Д.А. Александров // Проблемы охраны природы в бассейне Белого моря. – Мурманск: Кн. изд-во, 1984. – С. 98–106.
2. Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах / А.И. Баканов // ИБВВ АН СССР, 1987. – 63 с.
3. Воробьев В.П. Бентос Азовского моря / В.П. Воробьев // Тр. АзЧерНИРО. – 1949. – Вып. 13. – 236 с.
4. Заика В. Е. Сезонные изменения мейобентоса с анализом влияния донной гипоксии/ В. Е. Заика, Е.А. Иванова, Н. Г. Сергеева // Морск. экол. журн. – 2011. – Т. 10, № 2. – С. 29–36.

5. Любарский Е.Л. Принципы и методы исследования морфоструктуры ценопопуляций // Структура ценопопуляций / Е.Л. Любарский – Казань: КГУ, 1975. – С. 3–16.
6. Миркин Б.М. Критерии доминантов и детерминантов при классификации фитоценозов / Б.М. Миркин // Ботан. журн. – 1968. – Т. 53, № 6. – С. 767–778.
7. Чернов Ю.И. О некоторых индексах, используемых при анализе структуры животного населения суши / Ю.И. Чернов // Зоол. журн. – 1971. – Т. 50, вып. 7. – С. 1079–1093.
8. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко – М.: Наука, 2005. – Кн. 1. – 281 с.; Кн. 2. – 337 с.
9. Heip, C. The ecology of marine nematodes / C. Heip, M. Vincx, G. Vranken // Oceanography and Marine Biology Annual Review – 1985. – Vol. 23. – P. 399–489.
10. Clarke, K. R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E / K. R. Clarke, R. M. Warwick. – Plymouth, 2001. – 138 p.

Иванова К. О., Кошелева Т. М. Порівняльний аналіз змін структури видового домінування на прикладі таксоцено нематод Севастопольських бухт // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2012. Вип. 7. С. 209–216.

При моделюванні відгуків співгрупувань гідробіонтів на зміну факторів середовища, а також для оцінки довгострокових змін цих співгрупувань найчастіше використовуються дані про структуру домінування, отримані тільки в один із сезонів року без урахування внутрішньорічних змін видової структури таксоценоу. В роботі розглядається питання про коректність порівняння співгрупувань гідробіонтів у зв'язку з внутрішньорічними коливаннями домінуючих видів. Проведено порівняльний аналіз внутрішньорічних змін домінуючих видів співгрупувань нематод в трьох частинах акваторії міста Севастополя з різним рівнем забруднення та гідрологічними умовами (б. Омега, б. Южна і зовнішній рейд). Виконано розрахунок і оцінка показників видового різноманіття та структури домінування (індекси Маргалефа, Сімпсона і Пієлоу), аналіз різноманітності видової структури проводиться за допомогою кривих рангового розподілу видів. Показана різка зміна показників видового різноманіття та структури домінування в різні періоди року для спільної бухт Омега та зовнішнього рейду, схильних до значних змін умов існування через сезонні шторми. Виявлено значні відмінності у видовому домінуванні нематод між бухтою Южною, яка знаходиться під значним антропогенним впливом, та іншими двома акваторіями з меншим рівнем забруднення.

Ключові слова: структура видового домінування, нематоди.

Ivanova K. O., Kosheleva T. N. Comparative analysis of structure of species dominance of marine Nematoda assemblages (Sevastopol Bays) // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 7. P. 209–216.

Data of species composition and dominance structure is basic information for modeling responds of benthos community on environmental changes, also to using for long-term observations and monitoring. It has often been considered the single data set that obtained in one season and seasonal structural changes has not been takes into account. The aim of this work is validation of assemblages' comparison in relation to seasonal changes of species dominance structure. An analysis of within-year variability of the dominance structure on example of Nematoda assemblages at three Sevastopol Bay' area was performed. Assessment of species diversity was carried out by diversity indices (Margalef', Simpson'' and Pielou'), analysis of community dominance structure assumed by dominance curves method. In Omega Bay and in the area of outer road of Sevastopol Bay, where environmental condition has changed significantly due to seasonal storming, the strong differences between diversity measures was shown within-year. Also the big variations of species dominance structure were found between Yuzhnaya Bay under intense pollution load and two other study sites with lower anthropogenic press.

Key words: species dominance structure, free-living marine Nematoda.