

МАКРОЗООБЕНТОС РЫХЛЫХ ГРУНТОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В.
ДВНИГМИ, Владивосток

Results of benthos investigations in Peter the Great Bay for 1992–2016 are presented. Data included average number of taxonomic groups and species per station, Shannon-Wiener index, density, biomass, Clark's statistics (G , S , H' , A , B and W). Contamination level was characterized by TPF index. Changes of all benthos parameters are shown to be not monotonous along gradient of contamination. Values of G , S , H' remained at similar level (B diminished clearly) within range of "zero – moderate contamination" and then they dropped sharply under transition from moderate level to heavy one. Population density increased at initial stage of contamination and underwent sharp drop within the same range as other parameters. The most expressed decrease of W -statistics occurred for the range of "heavy – extreme" contamination. Changes of the majority of parameters studied (biomass excluding) along TPF gradient and its influence were statistically significant.

Key words: chemical contamination, macrozoobenthos, abundance, diversity.

Интенсивная экономическая эксплуатация Приморья обуславливает необходимость комплексного изучения состояния морской среды. Ее мониторинг должен включать наблюдения как за факторами воздействия (загрязнениями), так и за состоянием элементов биосферы (откликами живых организмов на эти воздействия) (Mann, 1973; Израэль, 1979). Одними из наиболее эффективных методов оценки являются наблюдения за уровнем загрязнения осадков и состоянием донных животных. Цель работы – изучить влияние загрязнения на состав и обилие макрозообентоса.

Исследования макрозообентоса и загрязнения были выполнены в заливе Петра Великого в 1992–2016 гг. (юго-западная часть, заливы Амурский, Уссурийский, Посыета и Стрелок, бухты Рифовая и Золотой Рог, пролив Босфор Восточный) стандартными методами (229 станций, 444 пробы). Данные включают среднее число таксономических групп и видов на станции, индекс Шеннона-Винера, плотность поселения, биомассу, статистику Кларка (соответственно G , S , H' , A , B и W). Уровень загрязнения характеризуется индексом TPF (Belan, Moshchenko, 2005). При статистической обработке применяли стандартные процедуры и тесты, предлагаемые средой **R** (Шитиков, Розенберг, 2013).

На исследованной акватории найдено 488 видов макрозообентоса. Полихеты преобладали по числу видов (178), затем следовали двустворчатые моллюски и амфиподы (73 и 72 вида). Многощетинковые черви доминировали по плотности поселения, двустворчатые моллюски – по биомассе (соответственно 62.1 и 46.2 %). Заметный вклад в общую численность вносили двустворки, форониды, амфиподы и офиуры (12.9, 7.9, 6.1 и 4.6 %), в общую биомассу – полихеты, морские звезды и ежи, форониды и офиуры (10.9, 9.0, 7.6, 8.0 и 6.0 %).

Изменения параметров макрозообентоса вдоль градиента загрязнения не монотонны и статистически значимы (результаты теста Крускала-Уоллиса: $p=0.000–0.001$), как и влияние TPF на их величины (кроме B) (табл. 1, рис. 1). Значения G , S , H' остаются примерно на одном уровне (B снижается) в диапазоне «нулевое – умеренное загрязнение, $TPF=1–3$ », а затем резко уменьшаются при переходе от умеренного к сильному загрязнению ($TPF=3–4$). Плотность поселения возрастает на начальных этапах загрязнения ($TPF=1–2$) и претерпевает резкое падение в том же диапазоне, как и остальные параметры. Наиболее выраженное снижение W -статистики отмечено при переходе от сильного загрязнения к экстремальному ($TPF=4–5$). Следует отметить, что при сильном и экстремальном загрязнении бентос представлен исключительно видами, которые являются положительными индикаторами загрязнения.

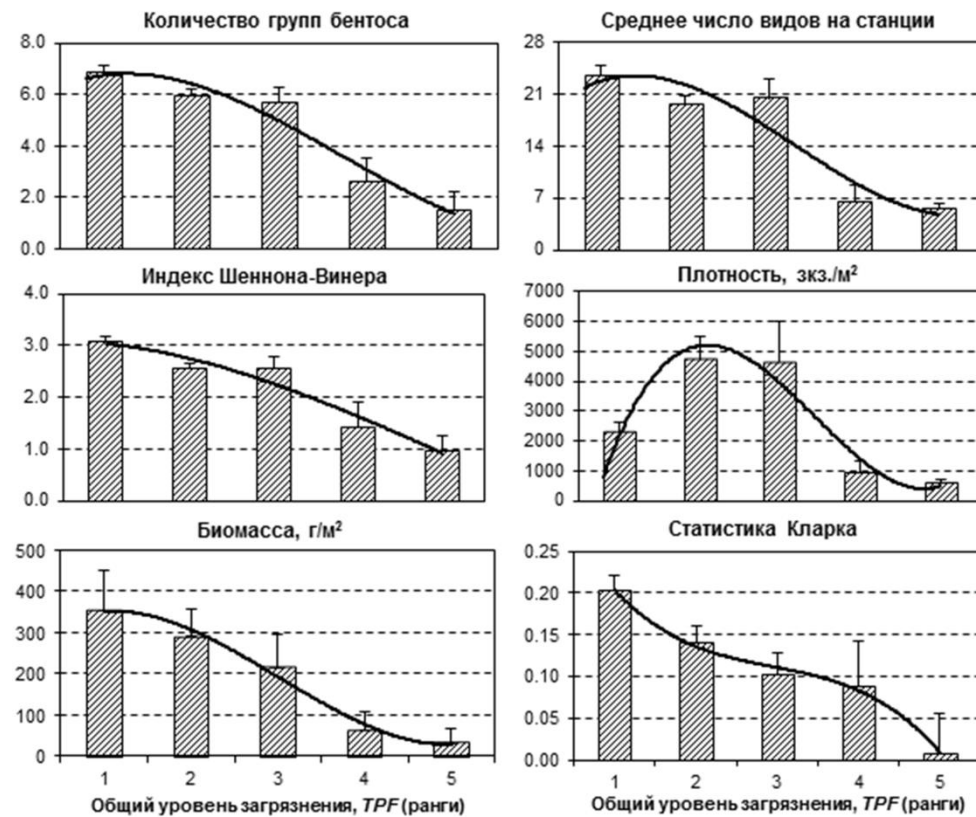


Рис. 1. Изменение различных параметров макрозообентоса вдоль градиента загрязнения

Значения $TPF > 3$ приурочены, исключительно, к прибрежным акваториям Владивостока: восточной части Амурского залива, западной – Уссурийского, бухтам Золотой Рог, Диомид, Улисс, проливу Босфор Восточный (рис.2). Исключение – бухта Патрокл и прибрежная часть бухты Аякс (по крайней мере, в 2006–2007 гг.).

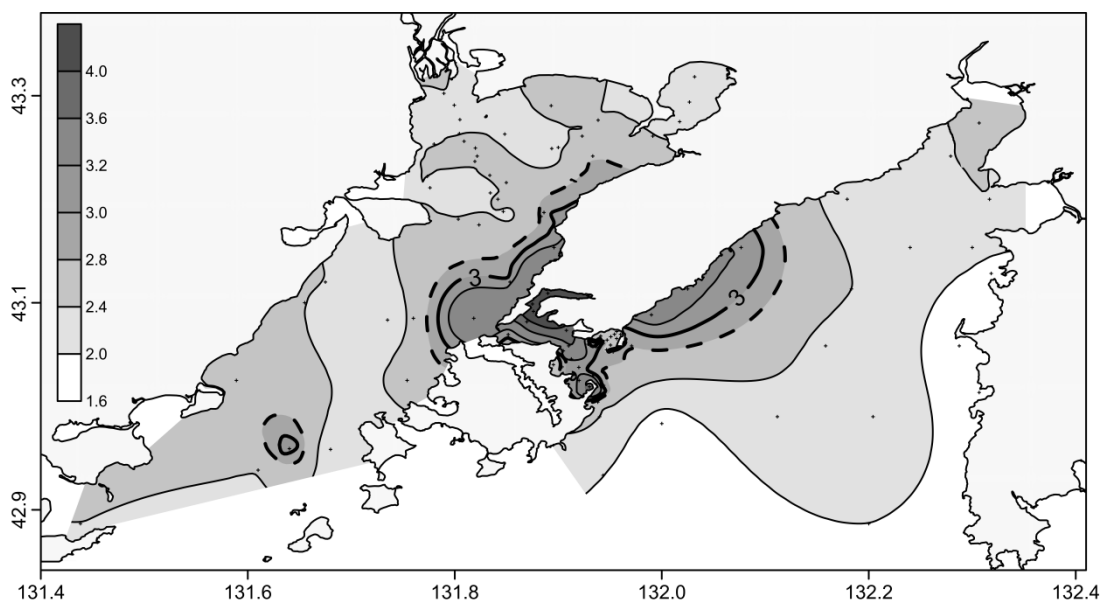


Рис. 2. Распределение TPF на акваториях вблизи Владивостока: обобщенные данные 2005–2016 гг. Станции – крестики, штриховая линия – допустимый уровень загрязнения осадков ($TPF=2.8$; Мощенко и др., 2017)

Таблица 1. Результаты процедуры пошагового дисперсионного анализа

Факторы и их взаимодействия	Степени свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	<i>F</i>	<i>p</i>
Плотность					
Глубина	3	2.089e+08	69632712	2.688	0.047
Тип грунта	4	2.801e+08	70020725	2.703	0.031
<i>TPF</i>	4	3.881e+08	97036794	3.746	0.008
Тип грунта: <i>TPF</i>	8	1.024e+09	128042345	4.943	0.000
Остатки	209	5.413e+09	25901767		
Биомасса					
Глубина	3	3661689	1220563	2.666	0.049
Остатки	225	103024559	457887		
Среднее число видов в пробе					
Глубина	3	6337	2112.2	20.050	0.000
Тип грунта	4	2537	634.3	6.021	0.000
<i>TPF</i>	4	1992	497.9	4.726	0.001
Тип грунта: <i>TPF</i>	8	2954	369.3	3.505	0.000
Остатки	209	22018	105.3		
Индекс Шеннона-Винера					
Глубина	3	21.07	7.022	9.717	0.000
Тип грунта	4	25.24	6.311	8.734	0.000
<i>TPF</i>	4	19.35	4.837	6.693	0.000
Остатки	217	156.80	0.723		
Статистика Кларка					
Тип грунта	4	0.676	0.169	6.036	0.000
<i>TPF</i>	4	0.294	0.074	2.625	0.049
Тип грунта: <i>TPF</i>	8	0.472	0.059	2.139	0.034
Остатки	212	5.847	0.028		

Примечание: *F* – расчетная величина критерия Фишера, *p* – вероятность справедливости H_0 об отсутствии влияния фактора

Таким образом, для прибрежных акваторий полуострова Муравьева-Амурского, где *TPF* обычно превышает 3 единицы, уровень химического загрязнения среды является основным экологическим фактором и определяет состав, разнообразие и обилие макрозообентоса.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 375 с.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Борисов Б.М. Предельно допустимый уровень загрязнения и сообщества макрозообентоса // Океанография залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря: тезисы докладов Третьей научной конференции, 26-28 апреля 2017 г. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. С. 25.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием *R*. Тольятти: Кассандра, 2013. 314 с.

Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocene variability associated with sediment pollution loading in the Peter the Great Bay (Sea of Japan) // Ocean Science Journal. 2005. V. 40. No. 1. P. 1–10.

Mann R.E. Global environmental monitoring system (GEMS). Action Plan for Phase 1 // SCOPE. 1973. Rep. 3. P. 1–130.