

О СТРУКТУРЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАЧЕСТВЕ МАКРОБЕНТОСА В КАРСКОМ И ЛАПТЕВЫХ МОРЯХ В НАЧАЛЕ 21-ГО ВЕКА (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИЙ 2012-2014 ГГ.).

MACROBENTHOS STRUCTURE IN THE KARA SEA AND LAPTEV SEA (BASED ON MATERIALS FROM EXPEDITIONS IN 2012-2014).

Лисицына Ксения Николаевна¹, Филиппова Надежда Андреевна¹, Никишина Дарья Владимировна¹, Шунатова Наталья Николаевна², Кийко Ольга Алексеевна¹, Герасимова Александра Владимировна¹, Максимович Николай Владимирович¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных*

Kseniya Nikolaevna Lisitsyna¹, Alexandra Vladimirovna Gerasimova¹, Nadezhda Andreevna Filippova¹, Darya Vladimirovna Nikishina¹, Natalia Nikolaevna Shunatova², Olga Alexeevna Kiyko¹, Nikolay Vladimirovich Maximovich¹

¹*St. Petersburg State University, Biological Faculty, Department of Ichthyology and Hydrobiology*

²*St. Petersburg State University, Biological Faculty, Department of Invertebrate Zoology*

Введение

Начиная с 90-х годов прошлого века интерес к изучению экосистем северных морей увеличился в связи с ростом антропогенного воздействия - активизацией в Арктическом регионе работ по освоению месторождений нефти и газа в шельфовой зоне. Такие мероприятия невозможны без проведения экологического мониторинга. Традиционным объектом экологического мониторинга является морской бентос, как наиболее медленно реагирующая на изменения окружающей среды жизненная форма. Обширные гидробиологические исследования в Карском и Лаптевых морях, выполненные в ходе морских экспедиций в 2012-2014 годах, в работе которых принимали участие сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского университета, предоставили уникальную возможность оценить современное состояние донной биоты в этих арктических акваториях.

Материалы и методы

Материал был собран в ходе экспедиций НИС «Дальние Зеленцы» на 119 станциях (глубины 4-415 м) в юго-западной части Карского моря и 84 станциях (глубины 9,8-345 м) в море Лаптевых. Пробы были отобраны с помощью дночерпателя Ван-Вина с площадью пробоотбора 0,1 м² в 3 повторностях, промыты через сито с размером ячеек 0,7 мм. Пойманные представители макробентоса определены по возможности до вида, оценены их численность и биомасса (с точностью до 0,001 г). Анализ абиотических характеристик станций включал результаты океанографического зондирования (определение в придонном слое воды температуры, солености, содержания растворенного кислорода и рН) и оценку гранулометрического состава грунта.

При сравнении станций по биотическим характеристикам роль каждого таксона в макробентосе оценена по респираторному индексу R_i :

$$R_i = A_i B^{0.75} N^{0.25}$$

где B_i и N_i - биомасса и численность i -ого таксона, A_i таксон-специфический коэффициент дыхательной активности.

Сравнение станций по биотическим показателям проведено с помощью кластерного анализа и многомерного шкалирования (MDS). В качестве меры сходства между описаниями выбран коэффициент Брэя-Кертиса. Предварительно некоторые таксоны были объединены в группы более высокого таксономического ранга (до рода, семейства, отряда и т.п.). Результаты кластерного анализа были подвергнуты процедуре SIMPROF, позволяющей оценить уровень достоверности выявленных группировок. Соответственно рассматривались только достоверно выделяемые кластеры. Значимость различий между выделенными кластерами проверена с помощью анализа ANOSIM. Видовое разнообразие в каждом выделенном кластере оценивалось с использованием индекса Шеннона и индекса разрежения Гульберта на 100 особей (ES (100)). Выравненность видового разнообразия в кластерах рассчитывалась на основе индекса Шеннона с помощью индекса Пиелу.

Тест Мантеля был использован для оценки сопряженности между распределением абиотических показателей станций (мера сходства расстояние Евклида) и распределением макробентоса (по R_i , мера сходства – коэффициент Брэя-Кертиса). Для выявления абиотических характеристик, лучше всего объясняющих гетерогенность распределения макробентоса в анализируемых районах Карского и Лаптевых морей, была использована процедура BEST пакета Primer v. 6, позволяющая из всего множества внешних (в данном случае абиотических) по отношению к биоте переменных выделить наиболее значимые. При этом были исключены данные по температуре и содержанию кислорода в придонной воде, что обусловлено широким диапазоном дат сбора материала в оба года наблюдений.

Для оценки экологического качества макробентоса в выделенных кластерах использованы два индекса: морской биотический индекс AZTI (AMBI) и его многомерное расширение M-AMBI. Оба индекса определены на основе респираторного индекса таксонов. Расчеты выполнены с помощью программного обеспечения AMBI (версия 6.0, с сайта <http://ambi.azti.es>).

Результаты и обсуждение

Полученные результаты позволяют говорить об отсутствии серьезных перестроек в структуре макробентоса исследуемых районов Карского и Лаптевых морей по крайней мере на протяжении десятилетий. Таксономическое разнообразие, пределы колебаний количественных показателей (прежде всего биомассы), наиболее значимые в количественном отношении таксономические группы донных животных аналогичны данным предыдущих исследований.

Всего было обнаружено 425 и 573 таксона макробентоса в изучаемых районах Карского и Лаптевых морей соответственно. Наибольшим разнообразием в Карском и Лаптевых морях отличались многощетинковые черви (27 % и 28% от общего числа видов соответственно), ракообразные (22 % и 27,5% от общего числа видов) и моллюски (19 % и 18% от общего числа видов).

Суммарная биомасса макробентоса варьировала от 3 до 512 г/м² в Карском море и от 2,8 до 353 г/м² в море Лаптевых. Основной вклад в биомассу донной биоты на станциях в Карском море вносили двустворчатые моллюски, многощетинковые черви и иглокожие, в море Лаптевых - двустворчатые моллюски, иглокожие, ракообразные и многощетинковые черви. По численности в обеих акваториях преобладали многощетинковые черви и двустворчатые моллюски.

В результате сравнения станций по респираторному индексу представителей макробентоса в Карском и Лаптевых морей было выделено 12 и 16 кластеров соответственно, некоторые из которых включали лишь по одной-две станции (рис. 1). Анализ структуры макробентоса в построенных объединениях позволил сократить количество рассматриваемых надвидовых группировок бентоса до 11 в обоих морях. Данные объединения, по-видимому, не всегда соответствовали донным сообществам (в традиционном смысле). В некоторых случаях они, вероятно, объединяли несколько сообществ с похожей структурой, но разными доминирующими по биомассе видами. Характеристики большинства построенных надвидовых группировок (пространственное положение, доминирующие по биомассе виды, характерные представители макробентоса, количественные показатели биоты) имели сходство с биосистемами, описанными в литературе. В этом отношении следует отметить глубоководную бентосную ассоциацию (глубины в основном более 150 м) в Карском море, существенную роль, в которой играли иглокожие *Ophiopleura borealis*, *Molpadia borealis*, *Elpidia glacialis*, мелкие двустворчатые моллюски *Yoldiella* sp. Сообщества этих представителей макробентоса представлены на картах практически всех предыдущих работ. Аналогичная ситуация наблюдалась и в отношении ассоциаций, в которых основная роль (по биомассе и скорости дыхания) принадлежала двустворчатым моллюскам (в основном глубины менее 100 м) - *Portlandia aestuariorum*, *Portlandia arctica*, *Serripes groenlandicus*, *Ennucula tenuis*, *Astarte* sp..

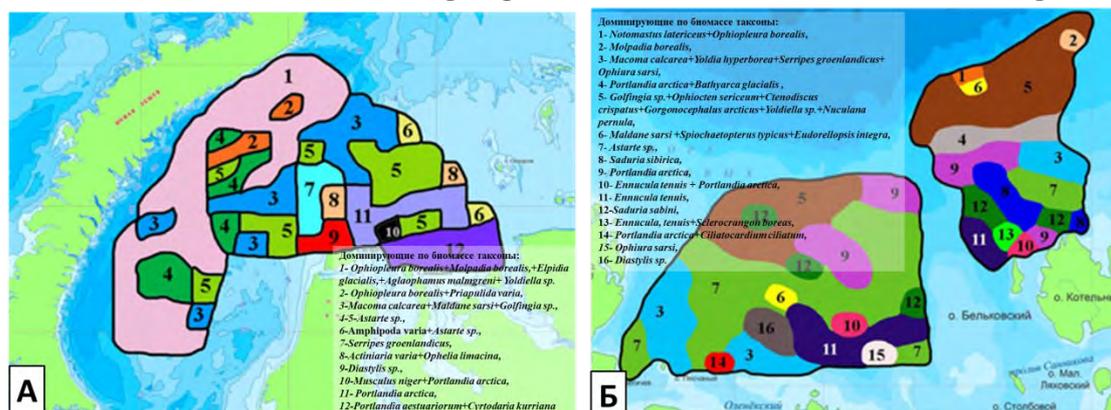


Рис. 1. Карты-схемы распределения выделенных группировок бентоса в юго-западной части Карского моря (А) и море Лаптевых (Б). 1-16 – выделенные кластеры.

Выделенные бентосные ассоциации существенно различались по видовому богатству. При этом за небольшим исключением, вариации индексов видового разнообразия в построенных надвидовых группировках были выражены в меньшей степени и вполне логично отражали изменения структуры донных группировок на разных грунтах и вдоль градиента солености, прежде всего в Карском море, где сборы материала произведены и в эстуарных районах. Относительно низкие значения индексов Шеннона и Пиелу в Карском море получены для сообщества *Portlandia aestuariorum* + *Cyrtodaria kurriana*, расположенном в наиболее опресненных условиях (0,83 и 0,24 соответственно), тогда как в остальных ассоциациях индекс Шеннона варьировал от 1,94 до 4,11 (за исключением олигомиксного сообщества кумовых раков). Самые высокие показатели индекса Шеннона (около 4 и более) получены для бентосных группировок, расположенных на смешанных песчано-илистых грунтах в Карском море и илисто-песчаных грунтах в море Лаптевых на глубинах менее 100 м и 60 м соответственно.

В пространственном положении большинства описанных бентосных ассоциаций пролеживалась определенная зональность, сопряженная с соленостными условиями, характеристиками донных отложений, глубиной. Эти абиотические факторы были выделены нами как наиболее значимые по отношению к гетерогенности распределения макробентоса (процедура BEST) в юго-западной части Карского моря и в море Лаптевых, и они же фигурируют в работах предыдущих исследователей. Можно даже отметить определенную поясность в распределении выявленных надвидовых группировок, отмеченную в рассматриваемых акваториях еще в первой половине 20 века.

AMBI индекс оценил экологическое качество большинства выделенных бентосных ассоциаций как «Ненарушенное», а индекс M-AMBI присвоил им экологический статус «Хороший» и «Высокий» (рис.2).

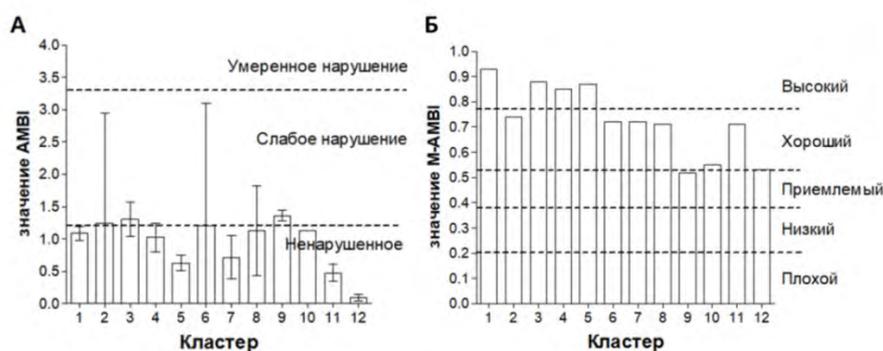


Рис. 2. Показатели экологического состояния выделенных в Карском море кластеров по AMBI (А) и M-AMBI (Б). Номера кластеров как на Рис. 1

Тем не менее, на наш взгляд, некоторая калибровка AMBI индекса применительно к Арктическим морям будет не лишней. Прежде всего, это касается уточнения экологических знаний о некоторых широко распространенных видах и корректировки назначенной им экологической группы. В целом, опыт применения AMBI индексов для обнаружения воздействия на окружающую среду в арктических морских экосистемах в данной работе оценивается как вполне удачный. Полученные результаты могут быть весьма перспективны при отслеживании будущих изменений в экосистеме Карского и Лаптевых морей.

Заключение.

Таким образом, полученные данные позволяют говорить об отсутствии серьезных изменений в структуре макробентоса в анализируемых районах Карского и Лаптевых морей по крайней мере за последние 80-90 лет. Несмотря на различие в методах сбора и обработки материалов, основные тенденции в распределении макробентоса в 2012-2014 г. оказались сходны во всех аналогичных исследованиях. Выявленные наиболее значимые абиотические факторы по отношению к гетерогенности распределения донных организмов – соленость, глубина, характеристики донных отложений – были такими же, что и в работах предыдущих исследователей. По-видимому, состояние макробентоса изучаемых акваторий Карского и Лаптевых морей в начале 21 века близко к долговременной норме. Представленные данные могут быть использованы в качестве начальной точки отсчета (контроля) при отслеживании будущих изменений в экосистемах морей и возможных последствий антропогенных и природных воздействий.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ 18-05-60157.

Благодарность

Искренняя благодарность всем участникам экспедиций 2012-2014 годов за собранный материал.