

УДК 574.3 (268.45)

## Структура и видовое разнообразие пелагических и донных биоценозов Баренцева моря в условиях меняющегося климата

П.Р. Макаревич<sup>1,2</sup>, Д.Г. Ишкулов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

<sup>2</sup> Биологический факультет МГТУ, кафедра биоэкологии

**Аннотация.** В работе приведены результаты анализа влияния современных климатических трендов на основные биотические компоненты экосистемы Баренцева моря – зоопланктон, бентос и морских рыб. Показано, что региональные климатические колебания влияют на количественные и качественные характеристики различных зоогеографических групп зоопланктона и бентоса, распределение и миграцию рыб Баренцева моря и их популяционную структуру.

**Abstract.** The paper analyzes effects of modern climatic trends on the main biotic components of the Barents Sea ecosystem – zooplankton, benthos, and marine fishes. Regional climatic variations are suggested to have sound impacts on quantitative and qualitative characteristics of different zoogeographical groups of zooplankton and benthos, as well as on distribution and migrations of Barents Sea fishes and structures of their populations.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, зоопланктон, бентос, естественные климатические колебания, экосистема  
**Key words:** biodiversity, zooplankton, benthos, natural climatic variations, ecosystem

### 1. Введение

Основными причинами экосистемных изменений, происходящих в морских Арктических экосистемах, называются глобальные и региональные климатические колебания и факторы антропогенного воздействия. Они то и являются основной причиной изменений биоразнообразия состава морской биоты.

Следует подчеркнуть, что именно в высоких широтах естественные климатические колебания достигают наибольшего размаха, при этом даже относительно небольшие изменения окружающей природной среды, прежде всего температуры воды и ледового покрова, могут выйти за пределы адаптационных возможностей отдельных видов флоры и фауны, что повлечет за собой серьезные изменения как в отдельных сообществах, так и в экосистеме в целом (Матишов, Денисов, 1999).

Для региона же Баренцева моря проблема климатических колебаний и их влияния на экологическую ситуацию особенно актуальна. Здесь отмечаются значительные положительные отклонения температуры воды и воздуха от среднеширотных значений, обусловленные океанической циркуляцией. В целом, несмотря на то, что экосистема Баренцева моря исторически адаптирована к чередованию разнотипных природных условий, это не означает, что ее перестройки от теплого к холодному периодам и наоборот благоприятствуют поддержанию экологического равновесия моря. Учащение аномальных ситуаций приводит к тому, что экосистема не функционирует в эволюционно сложившихся стационарных режимах, а все время перестраивается.

### 2. Материалы и методы

Экосистема Баренцева моря в ее современном состоянии является результатом постгляциальных изменений в Северном Ледовитом океане и находится под влиянием естественной долгопериодной климатической изменчивости. В целом она относится к шельфовому типу, который характеризуется внутренним круговоротом биогенных веществ с некоторым преобладанием пелагической пищевой цепи над донной (Матишов и др., 1994).

В настоящее время в ММБИ существует биоокеанографическая база данных, включающая гидрологические, планктонные, бентосные и ихтиологические данные. В нее включены результаты экспедиций, выполненных собственно ММБИ, а также данные из литературных источников за период 1913-2004 годы. Собранная информация позволила провести исследования влияния климатических факторов на внутригодовую, межгодовую и многолетнюю изменчивость сообществ экосистемы Баренцева моря. В результате этих исследований удалось выявить ряд тенденций изменений параметров как за относительно короткие промежутки времени, так и изменения за весь, охваченный базой данных, почти столетний период.

Существует три экологические группировки организмов, определяющих структуру, состав, а также биоресурсный потенциал любой морской экосистемы. Две из них – планктон и нектон – связаны с пелагиалью, а третья – бентос – приурочена к донным биоценозам.

В нашей работе мы рассмотрим влияние климата на видовой состав планктонных беспозвоночных (зоопланктон), морских рыб (нектон) и бентоса.

### 3. Результаты и обсуждение

Для исследования межгодовой климатической составляющей были построены диаграммы аномалии температуры и количества зоопланктона (Матишов и др., 2001) в прибрежной части Баренцева моря за период 1952-1958 гг. (рис. 1). Результаты этого анализа свидетельствуют о значительной сложности изучаемого процесса, а также обнаруживают связь планктонных сообществ с состоянием окружающей среды. Так, 1953-1955 гг. характеризуются более благоприятными условиями для развития зоопланктона по сравнению с 1956-1958 гг. Одной из возможных причин, обуславливающих это явление, может быть положительная аномалия температуры в 1952-1955 гг. и отрицательная аномалия температуры в 1956-1958 гг.

Нами был проведен анализ межгодовой изменчивости численности массовых видов зоопланктона (*Calanus finmarchicus*, *Oithona similis*, оболочников родов *Fritillaria* и *Oicopoleura* (Lagvasea) и эвфаузиевых ракообразных – *Thysanoessa raschii*, *T. Inermis*) в слое 50-0 м в весеннее время (май) на разрезе "Кольский меридиан" за период 1959-1990 гг. в связи с динамикой температуры воды. Аномалии температуры воды рассчитаны в слое 0-200 м на разрезе "Кольский меридиан" в южной ветви Мурманского течения (Терещенко, 1997).

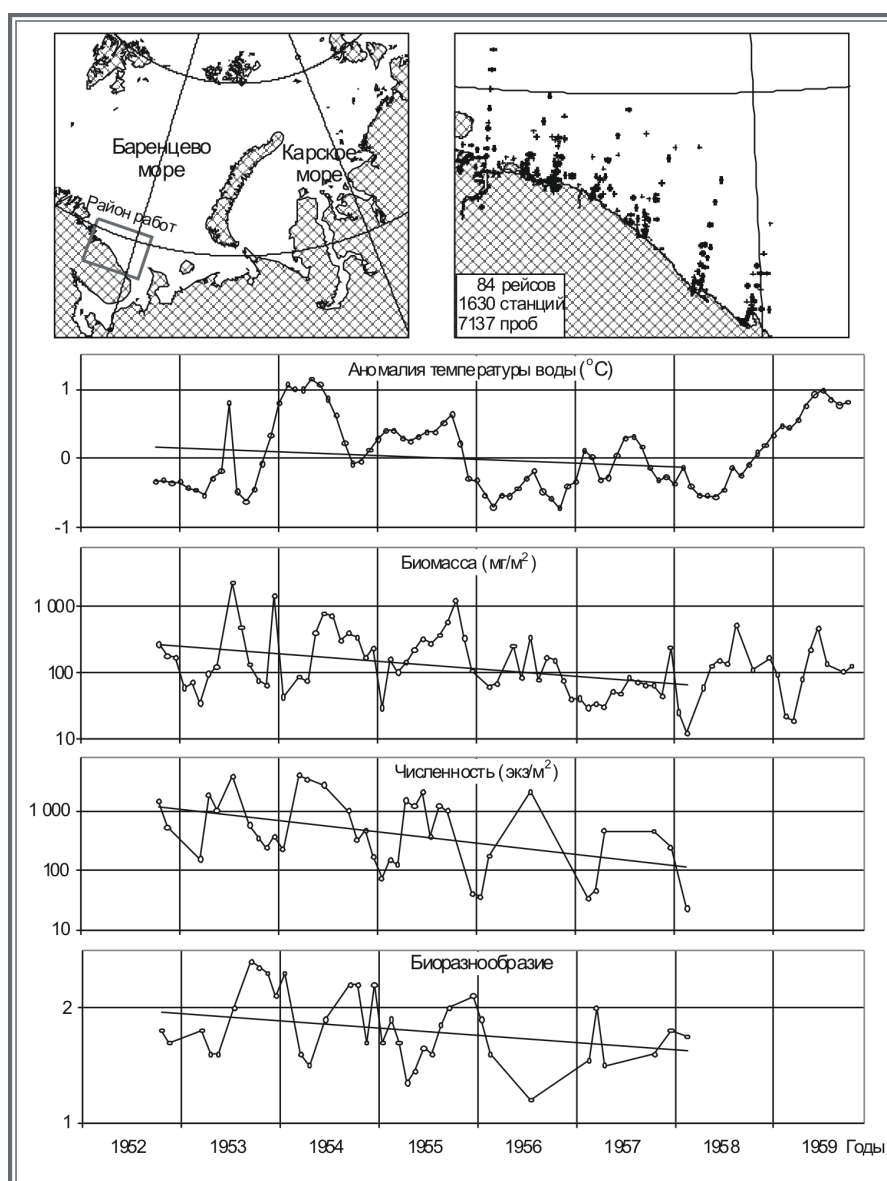


Рис. 1. Изменения аномалий температуры и средних характеристик зоопланктона в прибрежной зоне Кольского полуострова в 1952-1959 гг.

Данные по обилию таксонов группировались по годам со сходным термическим режимом, и анализировались средние показатели для "аномально холодных", "холодных", "нормальных" и "теплых" лет. Первичные данные по численности массовых видов зоопланктона взяты из публикаций (Дегтерева, Нестерова, 1985) и "Биологического атласа арктических морей 2000: Планктон Баренцева и Карского морей" (Matishov et al., 2000). Анализ численности массовых видов зоопланктона Баренцева моря и ее зависимости от температуры воды показал, что обилие аборигенных видов (например, *Oithona similis*) определяется влиянием температуры на их размножение, тогда как обилие видов, образующих в Баренцевом море зависимые популяции (например, *Calanus finmarchicus*), детерминировано адвекцией с атлантическими водами из Норвежского моря.

При анализе имеющихся в отделе планктона ММБИ архивных материалов по межгодовой изменчивости биомассы зоопланктона в слое 50-0 м в весеннее время (май) на разрезе "Кольский меридиан" за период 1959-1990 гг. в связи с динамикой температуры воды и индекса Северо-Атлантического колебания было обнаружено (Тимофеев, 2000; 2001), что в водах Прибрежной ветви Мурманского течения связь между биомассой зоопланктона и температурой воды отсутствовала, но наблюдалась корреляция с индексами Северо-Атлантического колебания в периоды 1959-1975 и 1977-1989 гг. В Основной ветви Мурманского течения зависимость биомассы зоопланктона от температуры проявлялась только в 1973-1979 гг., а с индексами Северо-Атлантического колебания – в 1959-1973 и 1975-1982 гг. В Центральной ветви Нордкапского течения связь биомассы зоопланктона с температурой воды прослеживалась более длительное время (1959-1964, 1965-1973 и 1974-1980 гг.), а с индексами Северо-Атлантического колебания в периоды 1961-1969 и 1975-1984 гг. Все зависимости, за небольшим исключением, были положительными, т.е. при повышении значения фактора среды происходило увеличение биомассы зоопланктона. Исключение составляла Центральная ветвь Нордкапского течения, где в период 1965-1973 гг. связь между биомассой и температурой воды носила обратный характер – при понижении температуры биомасса увеличивалась. В качестве общей закономерности следует указать то, что зависимость биомассы зоопланктона от индексов Северо-Атлантического колебания проявлялась в периоды явных трендов в динамике этого климатического показателя (причем независимо от знака тренда). В итоге можно заключить, что наиболее устойчивые (повторяющиеся в течение более длительных периодов времени) корреляции исследованных абиотических характеристик с уровнями развития зоопланктонных сообществ в данном участке баренцевоморской акватории были приурочены к его открытой (более северной!) части, постепенно ослабевая по направлению к прибрежному району.

Параллельно были проанализированы литературные данные по межгодовой изменчивости биомассы зоопланктона в различных областях Баренцева моря, и сделана попытка оценить влияние климатических факторов на этот процесс (Тимофеев, 2000; 2001). Результаты анализа свидетельствуют, что, во-первых, влияние атлантических вод (Северо-Атлантическое колебание) прослеживается только в западной части моря в водах Нордкапского течения; во-вторых, в прибрежных водах межгодовые флуктуации биомассы зоопланктона определяются региональными гидрометеорологическими процессами; в-третьих, развитие зоопланктона в эстуарных зонах, например, в Печорской губе, определяется речным стоком. Воздействие Северо-Атлантического колебания в этом случае опосредованное – через атмосферные процессы. Выявленные различия в причинах динамики биомассы зоопланктона обусловлены особенностями структурно-функциональной организации сообществ зоопланктона, приуроченных к водам различного происхождения. Результатом этих особенностей является разное отношение сообществ к воздействию одних и тех же климатических факторов.

Так же как и на планктонные организмы, региональные климатические колебания, являющиеся составной частью общих глобальных климатических процессов, оказывают существенное влияние на распределение и миграции основных видов рыб Баренцева моря.

В течение последнего столетия в регионе отмечено несколько периодов потепления и похолодания, сопровождавшихся определенной перестройкой структуры ихтиофауны и изменениями в размерах ареалов отдельных видов.

Это выражалось в том, что при потеплениях в Баренцевом море встречались такие южнобореальные и бореальные виды, как атлантическая сельдь, скумбрия, макрелешука, которые проникали вплоть до Новой Земли и даже в Карское море, а в Мотовском и Кольском заливах отмечены тунец и луна-рыба (рис. 2) (Макаревич и др., 2007).

Причем если эти виды были встречены одиночно в различные годы нашего столетия, то игла-рыба (ареал которой ограничивается на севере побережьем Норвегии до Тромсе), по данным ММБИ и ПИНРО за 2005-2006 гг., имеет стабильные находки в арктических водах (рис. 3) (Русяев и др., 2007).

В то же время уменьшение адвекции тепла в Баренцево море приводит к сокращению нагульных площадей бореальной ихтиофауны в целом и трески в частности. Так, если промысловые скопления трески в теплые годы (1993-1996) встречались у берегов Новой Земли и на самом юго-востоке Баренцева

моря, то при похолодании 1997-1998 гг. огромная акватория высокопродуктивного для питания района стала практически недоступна, а это негативно отражается на структурно-функциональных характеристиках популяций основных промысловых видов в будущем (Карамушко и др., 2001).

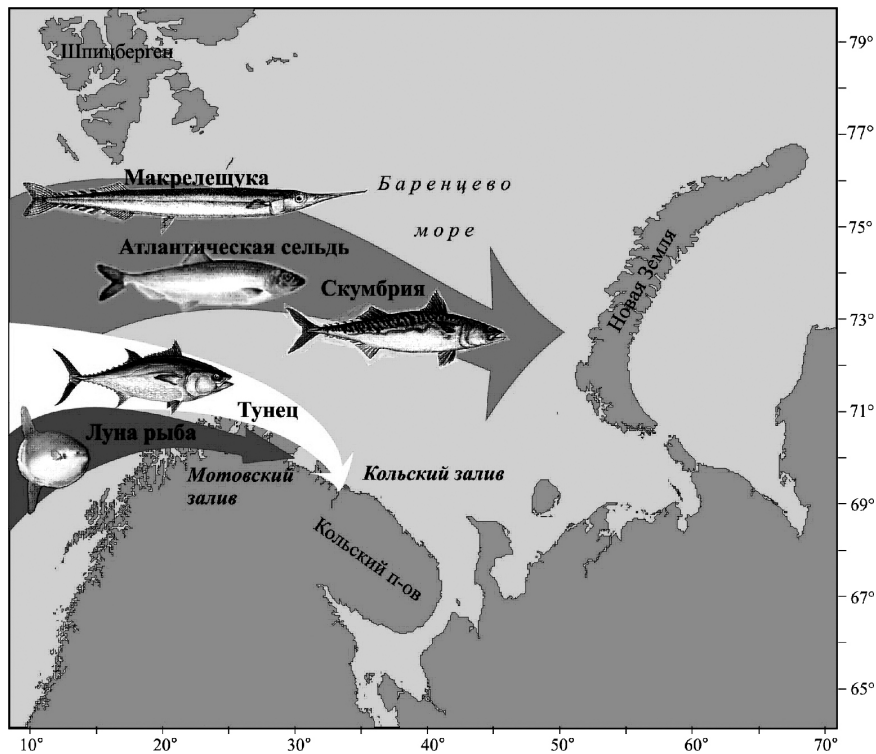


Рис. 2. Проникновение южнобореальных и бореальных видов рыб в воды Баренцева моря

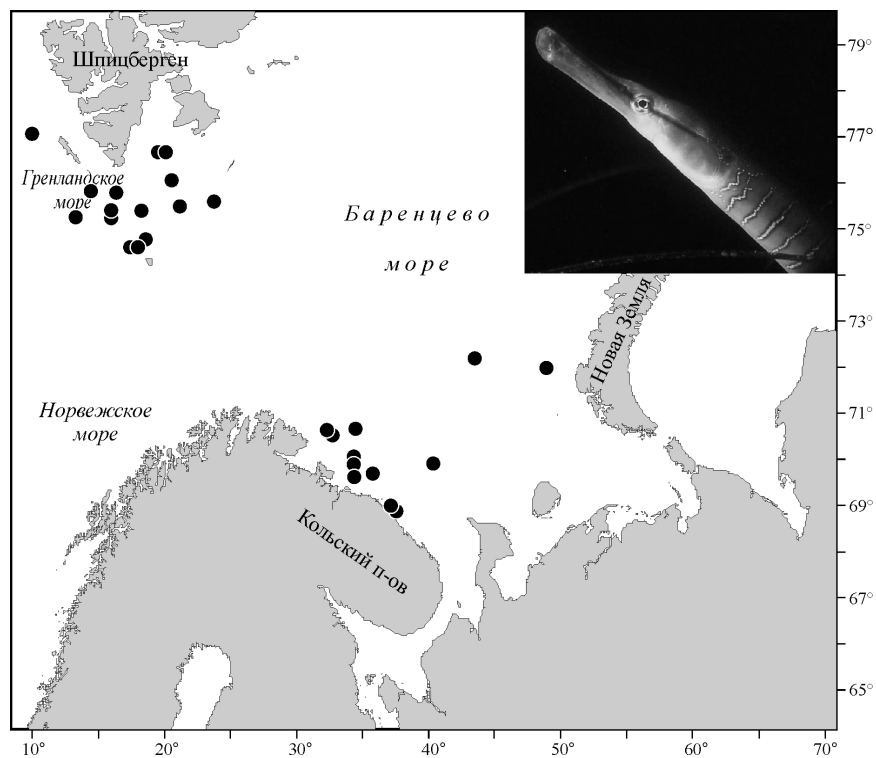


Рис. 3. Случаи поимок змеевидной иглы-рыбы Entelurus aequoreus в водах Баренцева и Гренландского морей

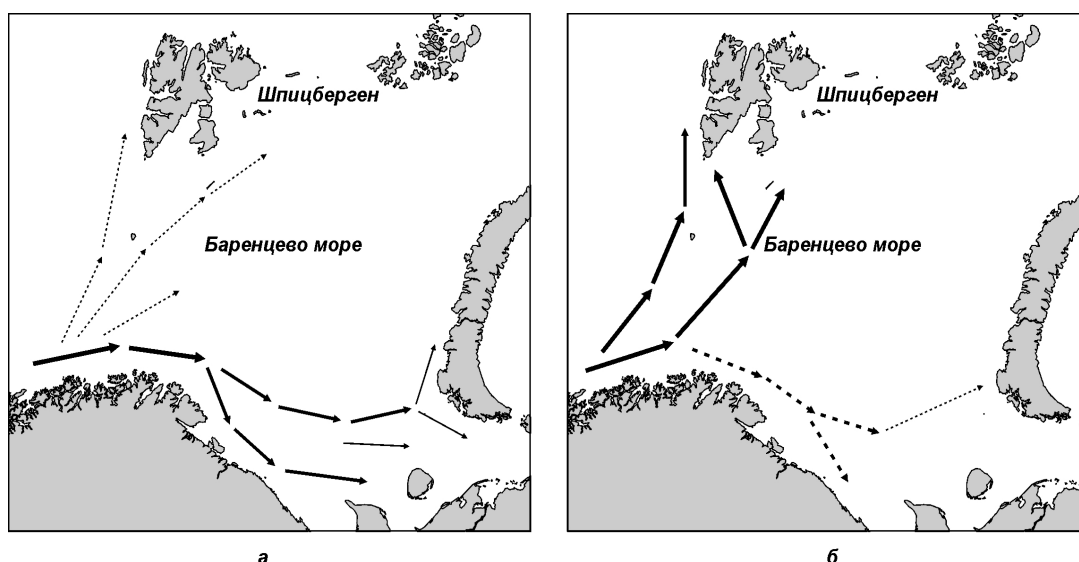


Рис. 4. Схема основных направлений мигрирующей трески в теплые (а) и холодные (б) годы (пояснения в тексте)

В противоположность бореальным видам, снижение температуры воды в южных районах Баренцева моря благоприятно отражается на расширении ареала арктической ихтиофауны. В частности, криопелагический вид – сайка за достаточно короткий период времени может существенно расширить границы распространения. В отдельные холодные годы сайка встречалась даже в Кольском заливе и северных фиордах Норвегии (Карамушко и др., 2001).

Сезонные миграции рыб также зависят от климатических колебаний. Так, например, в теплые и нормальные по температурным условиям годы (1993-1996 гг.) основная миграция трески для летне-осеннего нагула осуществлялась в южные районы Баренцева моря, где ее распределение и плотности скоплений были максимальными. В период снижения теплосодержания вод южных и восточных районов (1997-1998 гг.) основная миграция осуществлялась в Медвежинско-Шпицбергенский район, а главной акваторией для летне-осеннего нагула становилась северо-западная часть Баренцева моря (рис. 4) (Карамушко и др., 2001).

Таким образом, представленные данные показывают, что даже относительно непродолжительные локальные климатические колебания приводят к заметным изменениям в рыбной части сообществ отдельных районов Баренцева моря.

В отличие от рассмотренных выше групп морских организмов, которые представляют собой, своего рода, "звенья быстрого реагирования", реакция на климатические колебания представителей зообентоса будет несколько иной.

Так же, как и в предыдущих случаях, колебания температуры морской воды будут играть важную роль в изменении в структуры донных сообществ и отражаться на количественных характеристиках бентосных беспозвоночных. Однако благодаря определенной привязанности бентоса к местообитаниям, продолжительным срокам жизни и относительно высокой толерантности взрослых организмов к факторам внешней среды реакция донных сообществ будет, с одной стороны, не столь быстрой, а с другой стороны, именно донные сообщества будут наиболее показательно реагировать на многолетние температурные колебания, благодаря чему они и могут рассматриваться как значимые индикаторы колебаний факторов среды (Галкин, 1986; Денисенко, 2006).

Одной из основных сложностей при интерпретации данных по зообентосу и его взаимосвязи с климатом является то, что структура донных сообществ часто не напрямую отражает состояние климата на момент отбора проб. Для правильной оценки состояния среды необходимы знания об интервалах задержки отражения климатических изменений биомассой и численностью донных сообществ и стратегии развития и выживания популяций наиболее массовых видов.

Для выявления такой взаимосвязи был проанализирован обширный массив данных, полученный в ходе экспедиций Мурманского морского биологического института КНЦ РАН в 1995, 1997, 2000 и 2001 гг. на разрезе "Кольский меридиан" (Фролова и др., 2007). Для проведения этого анализа необходимо было минимизировать ошибку разброса данных, что могло быть получено только при увеличении количества проб. В центральной части разреза "Кольский меридиан" по 33°30' в.д., от 71°30' до 74°00' с.ш., на глубинах 200-300 м шесть станций характеризуются сходством видового состава бентоса и его количественных

характеристик. Эти станции были объединены в единый массив данных, что позволило увеличить количество проб для усреднения и нормализации ошибки. Оценка достоверности различий средних арифметических показателей биомассы по годам проводилась с использованием *t*-критерия Стьюдента. Для оценки связи временных рядов использовался коэффициент корреляции (Корсаков и др., 2004).

В рассматриваемом районе разреза "Кольский меридиан" на илистых и илисто-песчаных грунтах развивается сообщество с доминированием многощетинковых червей *Spiochaetopterus typicus*. Немного уступают им по биомассе морские звезды *Ctenodiscus crispatus*, офиуры *Ophiura sarsi*, двустворчатые моллюски *Bathyarca glacialis*, полихеты *Maldane sarsi* и *Aglaophamus malmgreni*. Анализ временных рядов биомассы этих видов и бентоса в целом (табл. 1) показал, что различия между их средними значениями в разные годы исследований математически достоверны и, возможно, вызваны изменениями фактора среды.

Сильные положительные корреляции с температурными аномалиями были получены для биомассы бореально-арктических видов: морской звезды *C. crispatus*, офиуры *O. sarsi*, полихет *M. sarsi*, *S. typicus*. Биомасса арктических видов – двустворчатого моллюска *B. glacialis* и полихеты *A. malmgreni* – имеет отрицательную корреляцию с аномалиями температур. По-видимому, в неблагоприятных для бореальных и бореально-арктических видов условиях понижения температур арктические виды побеждают в конкурентной борьбе и захватывают освободившийся ресурс. Их молодь выживает в неблагоприятных для других условиях, обеспечивая в дальнейшем прирост биомассы.

Усредненные значения биомассы массовых видов и бентоса в целом были сопоставлены с аномалиями среднегодовых температур вод Основной ветви Мурманского течения на разрезе "Кольский меридиан" в слое 0-200 м. Изменения биомассы доминирующих видов с некоторым запаздыванием соответствуют колебаниям аномалий среднегодовых температур.

Корреляционный анализ временных рядов биомассы бентоса и доминирующих видов с аномалиями среднегодовой температуры вод позволил выявить время запаздывания ответа биомассы от времени изменения фактора среды (табл. 2).

Вычисленные величины запаздывания для различных видов зообентоса (от 3 до 7 лет) не противоречат предшествующим исследованиям в этой области. По мнению ряда авторов, естественное запаздывание ответа биомассы отдельных видов зообентоса на климатические колебания составляет 5-7 лет (Галкин, 1986) или 1-6 лет (Денисенко, 2006). Сам факт запаздывания изменения биомассы при наступлении неблагоприятных условий может быть обусловлен различием их влияния на молодь и поколения, обеспечивающие кульминацию биомассы. Только что народившаяся молодь является наиболее уязвимой частью популяции, и гибель ее в неблагоприятный год отразится на биомассе вида лишь через определенное время, равное половине жизни особей этого вида. Высокий процент выживаемости молоди в наиболее благоприятные годы обеспечивает в дальнейшем прирост биомассы.

Таблица 1. Усредненные значения биомассы доминирующих видов и общей биомассы бентоса (г/м<sup>2</sup>) на разрезе "Кольский меридиан" от 71°30' до 74° 00' с.ш. (Фролова и др., 2007)

Вид	Среднее значение ± ошибка среднего			
	1995 г.	1997 г.	2000 г.	2001 г.
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	12.12 ± 2.18	13.99 ± 2.05	13.58 ± 3.61	12.12 ± 2.34
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	6.64 ± 2.15	4.92 ± 1.96	3.62 ± 1.91	2.38 ± 0.77
<i>Bathyarca glacialis</i>	1.51 ± 1.04	1.15 ± 0.85	3.22 ± 1.19	1.71 ± 0.60
<i>Ophiura sarsi</i>	1.13 ± 0.58	0.13 ± 0.05	0.32 ± 0.15	0.23 ± 0.12
<i>Maldane sarsi</i>	0.61 ± 0.33	0.82 ± 0.25	0.68 ± 0.44	0.65 ± 0.30
<i>Aglaophamus malmgreni</i>	0.001 ± 0.001	0.92 ± 0.19	1.60 ± 0.36	1.32 ± 0.27
Биомасса бентоса	44.16 ± 6.85	31.48 ± 3.70	45.56 ± 6.41	34.52 ± 3.52

Таблица 2. Корреляция биомассы доминирующих видов и общей биомассы бентоса с аномалиями среднегодовой температуры вод в слое 0-200 м основной ветви Мурманского течения на разрезе "Кольский меридиан" (Фролова и др., 2007)

Вид	Биогеографическая характеристика	Корреляция	Запаздывание, год
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	b-a	0.887	7
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	b-a	0.992	4
<i>Bathyarca glacialis</i>	a	-0.998	6
<i>Ophiura sarsi</i>	b-a	0.912	3
<i>Maldane sarsi</i>	st-b-a	0.983	7
<i>Aglaophamus malmgreni</i>	a	-0.987	3
Биомасса бентоса		-0.878	2

Примечание: a – арктический вид, b-a – бореально-арктический, st-b-a – субтропическо-бореально-арктический.

Для общей биомассы бентоса на участке разреза "Кольский меридиан" от 71°30' до 74° с.ш. выявлена отрицательная корреляция. Возможно, подобная картина обусловлена тем, что реакция общей биомассы бентоса складывается из суммы реакций большого количества видов и зависит от стратегии их выживания при колебаниях температур.

Таким образом, вышеприведенные исследования показали существование положительной корреляции биомассы бореально-арктических и отрицательной корреляции биомассы арктических видов бентоса с температурными флуктуациями водной среды вдоль разреза "Кольский меридиан". При этом для ряда доминирующих видов получены периоды запаздывания реакции биомассы (от 3 до 7 лет), которые можно объяснить для бореально-арктических видов повышенной гибелью молоди в холодные годы и последующим снижением биомассы, а для арктических видов – выживанием молоди в холодные годы, обеспечивающим последующий рост биомассы.

#### 4. Заключение

Подводя итог нашей работы, следует констатировать, что влияние климата, и прежде всего температурных колебаний, играет одну из решающих ролей в формировании структуры и видового состава экосистем Баренцева моря. Однако в различных экологических группах это влияние проявляется по-разному, и механизмы его воздействия напрямую связаны с образом жизни составляющих их организмов.

Представители зоопланктона (часть из которых представляет собой личиночные стадии организмов, занимающих во взрослом состоянии другие экологические ниши) не способны к самостоятельным миграциям, и их распределение будет определяться двумя основными факторами: влиянием температуры на скорость размножения (для аборигенных видов) и адвекцией атлантических вод (для видов, образующих в Баренцевом море зависимые популяции). Кроме того, в прибрежных районах и особенно в эстуарных зонах серьезную роль будут играть региональные гидрометеорологические изменения и характер речного стока.

В отличие от зоопланктона, популяции морских рыб активно реагируют на климатические колебания изменениями ареалов и путей миграций. При этом, естественно, в холодные периоды преимущество получают виды арктического происхождения, а в периоды потепления их вытесняет бореальная ихтиофауна. В особо теплые периоды в пелагиали могут фиксироваться южно-бореальные виды, не характерные для баренцевоморского региона.

В донных же сообществах, из-за особенностей биологии составляющих их организмов, ответ на климатические колебания оказывается замедленным и может составлять у ряда видов-доминантов от 3 до 7 лет. При этом следует отметить, что по целому ряду причин именно изменения в структуре, биомассе и видовом составе донных биоценозов могут считаться наиболее достоверными свидетельствами влияния климатических флуктуаций на экосистему.

Таким образом, в условиях изменения факторов среды экосистема не функционирует в эволюционно сложившихся "стационарных" режимах, и, как следствие, реакцией биоты на эти процессы являются: изменение устойчивого видового разнообразия; появление нехарактерных для данного региона видов (вплоть до формирования ими собственных популяций); изменения структурно-функциональных характеристик аборигенных популяций; изменения в размерах ареалов отдельных видов; перестройка трофической структуры сообществ; изменение сезонных миграций рыб и сокращение нагульных площадей.

#### Литература

- Matishov G., Makarevich P., Timofeev S., Kuznetsov L., Druzhkov N., Larionov V., Golubev V., Zuyev A., Adrov N., Denisov V., Ilyin G., Kuznetsov A., Denisenko S., Savinov V., Shavikyn A., Smolyar I., Levitus S., O'Brien T., Baranova O. Biological Atlas of the Arctic Seas 2000: Plankton of the Barents and Kara Seas. *National Oceanographic Data Center/NOAA, Silver Spring, MD, USA, 356 p. (+CD, +Internet)*, 2000.
- Галкин Ю.И. Колебания климата и количественные изменения бентоса Баренцева моря. *Тез. докл. IV съезда ВГБО, Киев, № 1, с.64-65, 1986.*
- Дегтерева А.А., Нестерова В.Н. Распределение зоопланктона в открытых частях Баренцева моря. Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. *Анноты, Изд-во Кол. фил. АН СССР, с.149-160, 1985.*
- Денисенко С.Г. Многолетние изменения зообентоса в Печорском море. *СПб., Известия русского географического общества, т.138, вып. 2, с.37-46, 2006.*

- Карамушко О.В., Берестовский Е.Г., Карамушко Л.И., Юначева О.Ю.** Некоторые аспекты биологии основных промысловых рыб в 1993-1998 гг. *Экология промысловых видов рыб Баренцева моря. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН*, с.13-139, 2001.
- Корсаков А.Л., Гузенко В.В., Нестерова В.Н., Долгов А.В.** Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики на 2004 г. *Мурманск, ПИНРО*, с.4-10, 2004.
- Макаревич П.Р., Карамушко О.В., Любина О.С.** Оценка влияния климатических факторов на структурные характеристики пелагических и бентосных сообществ Баренцева моря. *Большие морские экосистемы России в эпоху глобальных изменений (климат, ресурсы, управление): Материалы междунар. науч. конфер. (г. Ростов-на-Дону, 10-13 октября 2007 г.). Ростов-на-Дону, Изд-во ЮНЦ РАН*, с.204-207, 2007.
- Матишов Г.Г., Денисов В.В.** Экосистемы и биоресурсы европейских морей России на рубеже XX-XXI веков. *Мурманск*, 127 с., 1999.
- Матишов Г.Г., Зуев А.Н., Голубев В.А., Кузнецов Л.Л., Макаревич П.Р., Тимофеев С.Ф., Смоляр И.В.** Атласы океанологических и планктонных данных на лазерных носителях как инструмент исследования климатической изменчивости среды и биоты. *Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН*, с.15-33, 2001.
- Матишов Г.Г., Тимофеев С.Ф., Дробышева С.С., Рыжов В.М.** Эволюция экосистем и биогеография морей европейской Арктики. *СПб., Наука*, 222 с., 1994.
- Русяев С.М., Долгов А.В., Карамушко О.В.** Случаи поимок змеевидной иглы-рыбы *Entelurus aequoreus* (Syngnathiformes, Syngnathidae) в Баренцевом и гренландском морях. *Вопросы ихтиологии*, т.47, № 4, с.574-576, 2007.
- Терещенко В.В.** Сезонные и межгодовые изменения температуры и солености воды основных течений на разрезе "Кольский меридиан" в Баренцевом море. *Мурманск, ПИНРО*, 71 с., 1997.
- Тимофеев С.Ф.** Влияние климатических факторов на изменчивость биомассы зоопланктона в различных частях Баренцева моря. *Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН*, с.33-49, 2001.
- Тимофеев С.Ф.** Экология морского зоопланктона. *Мурманск, Изд-во МГПИ*, 216 с., 2000.
- Фролова Е.А., Любина О.С., Дикаева Д.Р., Ахметчина О.Ю., Фролов А.А.** Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов). *Доклады академии наук*, т.416, № 1, с.139-141, 2007.