

На правах рукописи

Зуев Юрий Алексеевич



**МЕГАБЕНТОС ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА
БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

25.00.28 – океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

1 0 0115 2012

Мурманск – 2012



005016898

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете

Научный руководитель: кандидат биологических наук
Анисимова Наталья Александровна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
Шошина Елена Васильевна,
зав. каф. биологии МГТУ

доктор биологических наук
Наумов Андрей Донатович,
глав. научн. сотрудник ЗИН РАН

Ведущая организация: Институт озераедения РАН

Защита состоится " 24" мая 2012 г. в 15-00

на заседании диссертационного совета Д 002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук, по адресу: 183010 г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Мурманского морского биологического института КНЦ РАН.

Автореферат разослан " 22 " апреля 2012 г.

Ученый секретарь специализированного диссертационного совета,
к.г.н. Е.Э. Кириллова /



I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сохранение биологического разнообразия и устойчивого функционирования экосистем арктических морей – важная проблема, в рамках которой необходимы как инвентаризация биоты, так и мониторинг ее состояния. Бентосу Баренцева моря и особенностям его распределения посвящены многие исследования. Однако наименее количественно изученной категорией донных организмов, вплоть до настоящего времени, остается так называемый «мегабентос» – совокупность крупных (более сантиметра) долгоживущих беспозвоночных, плохо, или почти не облавливаемых традиционными орудиями количественного учета – дночерпателями.

Сбор количественной информации об этой категории бентосных организмов технически сложен, требует использования специальных средств (водолазного оборудования, теле-, фото- или видеорегистрации) и имеет целый ряд ограничений. Традиционные же методы сбора этих организмов с помощью буксируемых орудий лова – тралов и драг, как правило, дают либо относительные данные, либо весьма неудовлетворительные количественные характеристики и имеют значительные ограничения по глубине использования и характеру грунта в районе работ.

Между тем, присутствие в составе бентоса разнообразных крупных беспозвоночных – характерная черта и надежный признак ненарушенных донных сообществ (Ramirez-Llodra et al., 2010). Недостаток сведений о составе и обилии мегабентоса в донных сообществах создает значительный пробел в целостном представлении о состоянии морской экосистемы.

Степень разработанности проблемы. Несмотря на наличие публикаций посвященных мегабентосу в целом и его отдельным представителям в прибрежье Баренцева моря (Пропп, 1971; Кантор, 1981; Денисенко, 1989; Анисимова, 2000; Соколов, Штрик, 2003) и непосредственно – в Кольском заливе (Дерюгин, 1915; Гурьянова, 1924; Антипова и др., 1984; Бисерова, 2006, и др.), крупные беспозвоночные верхней сублиторали изучены крайне слабо. Малочисленны сведения о количественном распределении отдельных, даже массовых и промысловых видов, и практически отсутствует информация о распределении непромысловых представителей мегабентоса. Недостаточно изучена сезонная динамика распределения крупных беспозвоночных. Слабо освещены вопросы влияния различных факторов среды на распределение этой группы морских донных организмов. Всё это и определило цель и задачи данного исследования.

Цель работы: установление современного видового состава, закономерностей распределения и экологии мегабентоса верхней сублиторали Кольского залива Баренцева моря. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. описать условия обитания мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива (распределение и характер грунтов и диапазон варьирования основных гидрологических факторов);

2. собрать данные о видовом составе и параметрах обилия мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива;
3. проанализировать биогеографическую структуру крупных беспозвоночных верхней сублиторали Кольского залива;
4. рассмотреть изменения в видовом составе мегабентоса, произошедшие за истекшее столетие;
5. сравнить фаунистические изменения с многолетними климатическими флуктуациями;
6. выявить основные фаунистические группировки мегабентоса в верхней сублиторали и особенности их распределения в зависимости от основных океанологических и фациальных факторов.

Объект и предмет исследования. Верхняя сублитораль Кольского залива и населяющие ее донные беспозвоночные вместе с гидрологическими и геоморфологическими условиями их обитания – объект настоящего исследования. Выбор района исследования обусловлен:

- природной уникальностью акватории Кольского залива;
- его исключительной экономической и социальной значимостью;
- наличием детальных комплексных исследований начала прошлого века (Дерюгин, 1915; Гурьянова, 1924; Танасийчук, 1929 и др.), позволяющих оценить изменения, связанные с климатическими флуктуациями и антропогенным воздействием.

В силу значительной продолжительности жизни крупные беспозвоночные удобны для мониторинга состояния окружающей среды. Климатические изменения и антропогенные воздействия, особенно выраженные в прибрежной зоне, также влияют на мегабентос, как и на более традиционный предмет исследований и мониторинга – макрзообентос (Kaiser et al., 1998). Анализ изменений в видовом составе и обилии крупных беспозвоночных может содействовать пониманию процессов, происходящих в морских экосистемах во время долговременных или кратких флуктуаций факторов среды.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследований. Методологическую основу диссертации составили работы отечественных и зарубежных ученых разрабатывавших проблемы прибрежных донных сообществ и условий их обитания (Пропп, 1971; Голиков, Скарлато 1976; Арзамасцев, Преображенский, 1991 и многие другие).

Классическая монография К.М. Дерюгина, которая впервые подробно осветила видовой состав крупных беспозвоночных крупной акватории Баренцева моря – Кольского залива заложена в качестве теоретической основы данного исследования. Упомянутый труд задал генеральное направление исследованиям, скорректировал поэтапный план реализации поставленных в работе задач и стал основанием эмпирической базы исследования, дополненной работами Танасийчука (1929),

Гурьяновой (1924) и других, которая представляет собой массив данных собранный автором на основе анализа, как литературных источников, так и собственных сборов на исследуемой акватории.

Научные результаты, выносимые на защиту:

- наиболее значимым гидрологическим фактором, определяющим сезонные миграции и основные отличия видового состава донного населения в различных частях акватории Кольского залива, является соленость;
- видовой состав и обилие фаунистических группировок мегабентоса подвержен значительной антропогенной трансформации, вызванной появлением многочисленных искусственных твердых субстратов на дне Кольского залива и интродукцией камчатского краба;
- среди мегабентоса выявлен ряд видов-индикаторов, сигнализирующих о наличии определенных гидрологических и климатических условий;
- зона маргинального фильтра определяет видовой состав, и обилие крупных беспозвоночных на значительной части акватории южного колена Кольского залива.

Научная новизна. Зарегистрированы новые для верхней сублиторали Кольского залива виды крупных беспозвоночных. Впервые получены данные о видовом составе и распределении мегабентоса верхней сублиторали Кольского залива, охватывающие всю его протяженность от южного до северного колен. Выявлена связь между климатическими флуктуациями и изменениями видового состава. На основании четырех лет наблюдений описана сезонная динамика мегабентоса в пределах верхней сублиторали Кольского залива. Наиболее значимые изменения фауны крупных беспозвоночных за прошедшие сто лет (с 1915 г.) выявлены и определены как последствия климатических и антропогенных изменений.

Теоретическая и практическая значимость. Сведения, полученные в ходе исследований, являются вкладом в изучение биологического разнообразия и функционирования морских экосистем.

На основании обобщенного за несколько лет материала впервые получено целостное представление о сезонной и многолетней динамике фаунистических группировок мегабентоса в субарктических условиях верхней сублиторали побережья Кольского полуострова.

На основании анализа собственного материала и литературных данных установлены основные направления вековых изменений видового состава крупных беспозвоночных Кольского залива.

На практике будут полезны:

- список видов-индикаторов климатических и антропогенных изменений в сублиторали;
- разработанное и опробованное на практике устройство для водолазного сбора проб бентоса (заявка на патент РФ №023338 – Зуев, 2012b);

- фотографии, иллюстрирующие основные типы подводных ландшафтов верхней сублиторали Кольского залива и большинство видов мегабентоса *in situ*;
- возможность прогнозировать видовой состав и количественные характеристики мегабентоса на основании гидрологических характеристик и информации о характере дна.

Диссертация соответствует Паспорту научной специальности – 25.00.28 – "Океанология (науки о Земле)" по п. 6. "Биологические процессы в океане, их связь с абиотическими факторами среды и хозяйственной деятельностью человека, биопродуктивность районов Мирового океана", п. 11. "Антропогенные воздействия на экосистемы Мирового океана", п. 13. "Методы оценки экологически значимых гидрофизических и гидрохимических характеристик вод океана, оптимальных условий существования морских экосистем, защиты ресурсов океана от истощения и загрязнения" и п. 17. "Методы анализа водных масс, их классификации, районирования акваторий и поиска закономерностей формирования структуры вод Мирового океана".

Апробация работы. Результаты исследований и отдельные положения диссертации были представлены на итоговой сессии ученого совета РГГМУ (СПб, 2006 г.); на Международной конференции «Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами» (Мурманск, 2006 г.); на IV-ой Международной конференции «Экологические проблемы больших городов и промышленных зон» (СПб, 2006 г.); на ежегодном научном семинаре «Чтения памяти К. М. Дерюгина» (СПб, 2008 г.); на V-ой Международной конференции «Экологические проблемы больших городов и промышленных зон» (СПб, 2009 г.); Всероссийской молодежной конференции "Вклад молодых ученых в рыбохозяйственную науку России" (СПб, 2010 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ: 8 тезисов, 9 статей, из них 4 – в журналах из списка ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, девяти глав, выводов, списка литературы и четырех приложений. Работа изложена на 252 страницах, включает 129 рисунка и 35 таблиц, включая приложения. Список литературы содержит 231 источник, в том числе 81 – на иностранных языках.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность моему научному руководителю к.б.н. Н.А. Анисимовой за неоценимую помощь и поддержку при написании диссертации. За всестороннюю поддержку и участие во всех этапах работы благодарю к.б.н. Л.В. Павлову (ММБИ), к.б.н. А.А. Фролова (ММБИ) – за помощь при отборе и обработке материалов, к.б.н. В.С. Зензерова, к.б.н. Е.Д. Облучинскую (ММБИ) и к.б.н. П.П. Стрелкова (СПбГУ) – за организацию экспедиций, к.г.н. Д.В. Монсеева (ММБИ) – за помощь и предоставленное оборудование при сборе гидрологических данных, зав. лаб. лаборатории подводных исследований А.В. Коровина и водолазов РГГМУ, С.В. Голдина, к.г.н. Н.В. Зуеву,

А.В. Коршунова, А.А. Банникова, К.В. Васильева, Е.В. Коршунову, А.С. Курило, В.С. Миронова, Г.Ф. Шарафутдинову, к.б.н. С.С. Малавенду (МГТУ), ген. директора В.Ф. Палаева и коллектив ООО «АкваТрејдинг» и за участие и помощь при проведении водолазных работ, д.б.н. А.Д. Наумова – за неравнодушное отношение к работе.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Современный видовой состав мегабентоса верхней сублиторали Кольского залива отражает текущую климатическую ситуацию, характеризующуюся значительными положительными температурными аномалиями в течение последних двух десятилетий.
2. Под воздействием гидрологических факторов в верхней сублиторали Кольского залива формируются три фаунистические комплекса мегабентосных организмов, характерные для эстуарных, переходных и морских условий. В переходных и морских условиях дополнительным фактором, влияющим на формирование специфических фаунистических группировок, является характер грунта.
3. Наиболее значимым гидрологическим фактором, определяющим сезонные миграции и основные отличия видового состава различных группировок, является соленость.
4. Среди мегабентоса выявлен ряд видов-индикаторов, сигнализирующих о наличии определенных гидрологических и климатических условий.
5. Зона маргинального фильтра определяет видовой состав и обилие крупных беспозвоночных на значительной части акватории южного колена Кольского залива.

III. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Обзор литературы содержит два раздела. В первом разделе приводится краткая история изучения фауны Кольского залива, рассматриваются основные этапы и результаты исследований донной фауны, условий ее обитания и последствий климатических изменений и антропогенного воздействия. Во втором разделе обсуждаются теоретические предпосылки и основания для выделения крупных бентосных организмов в отдельную функционально-экологическую группу – мегабентос и рассматриваются различные методические аспекты её изучения.

Глава 2. Физико-географическая характеристика Кольского залива

На основе литературных данных в главе приведена характеристика климата в районе Кольского залива, его геологическое строение, рельеф дна, гидрология, современные климатические изменения. Отдельно рассмотрены причины, основные

направления и некоторые последствия антропогенного воздействия: загрязнения и замусоривания вод, поверхности и толщи грунта.

Глава 3. Материалы и методы

Сбор и обработка материала. Работа основана на материалах водолазных исследований мегабентоса, выполнявшихся ежесезонно в период с 2005 по 2009 гг. на семи полигонах, расположенных на участке Кольского залива от его южного до северного колен, протяженностью в 33 км вдоль его осевой линии (рис. 1).

В качестве основы для проведения исследований был использован метод водолазных трансект А.Н. Голикова и О.А. Скарлато (1965). Параллельно со сбором мегабентоса фиксировались данные о солености, температуре воды, составе грунта и рельефе дна. На характерном участке каждого из обследуемых полигонов закладывалась постоянная трансекта, вдоль которой на выбранных горизонтах проводился сбор и учет организмов мегабентоса (рис. 2). В качестве «горизонта» выбирался участок дна (интервал глубин) в пределах которого, состав грунта, рельеф дна и характер донного населения оставались неизменными. Учет одиночных организмов мегазипентоса на каждом горизонте трансекты проводился учетной рамкой 1x1 м. Дополнительно рамкой 25x25 см учитывались молодь отдельных видов и мидии в плотных поселениях в виде «щеток» на жестких поверхностях гидротехнических сооружений и скальных выходах.

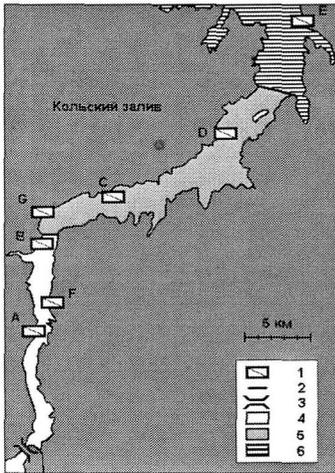


Рисунок 1 – Схема расположения полигонов

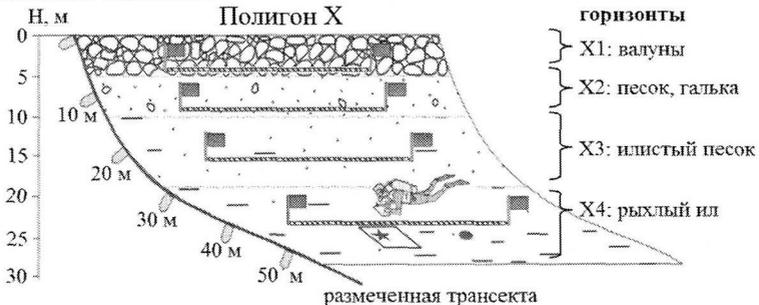


Рисунок 2 – Принципиальная схема проведения водолазных исследований на полигонах.

Для учета зарывающихся форм мегабентоса с помощью оригинального водолазного дночерпателя (с площадью – $0,0625 \text{ м}^2$), проводился отбор грунта с его последующей промывкой.

Всего, в ходе 138 водолазных погружений за период с 15.11.2005 по 26.07.2009 было выполнено 208 станций (единовременный учет и сбор материала в пределах горизонта) общей площадью более 7000 м^2 и отобрано и обработано 570 проб грунта.

Аналитическая и статистическая обработка данных. Средние для полигона количественные показатели рассчитывали методом средневзвешенного (Лакин, 1973). Средние за год показатели плотности поселения и биомассы были получены путем вычисления среднего арифметического значения между сезонами.

Для биогеографического анализа фауны мегабентоса использован традиционный зонально-географический принцип классификации ареалов, принятый в настоящее время в Зоологическом Институте РАН (Иллюстрированный определитель..., 2009).

Для районирования верхней сублиторали Кольского залива по условиям обитания донных организмов (температура, соленость и характер грунта) и характеру фауны мегабентоса был использован метод многомерного шкалирования (MDS-анализ) (Clarke, 1993). В качестве меры сходства при ординации использовали коэффициент Брея-Кёртиса (Bray, Curtis; 1957).

Достоверность различий между выделенными группами станций (горизонтов) оценивали с помощью процедуры факторного анализа ANOSIM, реализуемой в статистическом пакете Primer версии для Windows v5.2 (Clarke, 1993).

Выделение фаунистических группировок мегабентоса и их картирование было проведено методом кластерного анализа. В качестве количественного показателя обилия таксонов при кластеризации использовали величину относительной продукции таксонов, вычисляемую как произведение биомассы таксона в степени 0,75 на его плотность поселения в степени 0,25 (Денисенко, Денисенко, Фролов, 2006). В качестве коэффициента сходства между сравниваемыми горизонтами был использован коэффициент Брея-Кёртиса, а при построении дендрограммы – метод среднего группового.

Для выявления основных факторов среды влияющих на распределение мегабентоса была использована процедура BIOENV, реализованная в статистическом пакете Primer v.5.2 (Clarke, 1993). Данная процедура позволяет выбрать из предлагаемой матрицы факторов те, которые в наибольшей степени определяют наблюдаемые изменения. В качестве меры, описывающей степень сопряженности обилия зообентоса и выбранной группы факторов, был использован коэффициент корреляции Спирмена (Clarke, 1993).

Для визуализации интенсивности влияния внешних абиотических факторов среды проводилась ординация матрицы факторов методом многомерного шкалирования. Свертка информации до трех значимых факторов проводилась

методом главных компонент. В качестве меры сходства была выбрана обычная Евклидова метрика.

Ординация, кластеризация и сопутствующая обработка данных проводилась в статистических пакетах Primer 5 v.5.2 и Past v.1.97. Для построения температурных и соленостных разрезов по времени с глубиной использовался пакет Golden Software Surfer v.7.

Глава 4. Характеристика условий обитания мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива

В главе приведены характеристики гидрологических параметров, грунта, рельефа дна и степени его антропогенной трансформации для каждого из исследованных полигонов акватории Кольского залива.

Температура. Максимальная амплитуда сезонных изменений придонной температуры воды, зарегистрированная в пределах исследованной части Кольского залива, составила 11,8 °С (0,3–12,1 °С) и отмечена на самом южном полигоне А на глубине 1,5 м. Минимальная амплитуда сезонных колебаний, составившая 4,7°С (3,0–7,7 °С) зарегистрирована на полигоне В на глубине 13 м (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика условий обитания на исследованных в пределах Кольского залива полигонах.

Колено		южное			среднее			северное
Полигон		А	В	Г	Г	С	Д	Е
К-во горизонтов		5	4	3	3	4	4	4
H _{max} , м		17	22	25	30	40	35	40
J, °		5	10	10	15	25	60	> 60
Т, °С		0,3–12,1	1,0–10,7	6,0–8,0*	6,0–8,0*	-0,9–10,3	2,7–9,0	3,0–8,5
S, ‰		5,7–33,9	8,6–34,4	7,0–34,3*	18,0–34,2*	12,0–34,4	26,5–34,3	27,0–34,3
Грунт	у уреза воды	песок	песок, галька	песок, галька	валуны	валуны	скала	скала
	H _{max}	ил	ил	ил	ил	песок	песок	валуны
Мусор	характер	полоса	полоса	скопление	единич.	единич.	единич.	нет
	Н, м	6–8 м	6–11 м	4–12 м	–	–	–	–

Примечание: H_{max} – максимальная глубина исследования, м; Т – максимальная, зарегистрированная в пределах полигона, амплитуда сезонных колебаний придонной температуры, °С; S – максимальная, зарегистрированная в пределах полигона, амплитуда сезонных колебаний придонной солености, ‰; J – уклон берегового свала, °; Н – диапазон глубин, м.

Приливная изменчивость температуры воды, в которой преобладает полусуточная составляющая, значительно меньше сезонной, и не превышает 1,0 °С (рис. 3), в связи с чем ею можно пренебречь в качестве фактора, влияющего на характер распределения биоты.

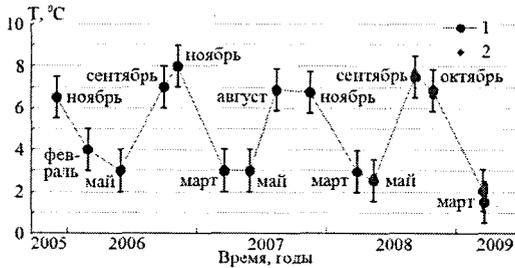


Рисунок 3 – Сезонные изменения (1) температуры воды (T °C) и в течение приливо-отливного цикла (2), на глубине 4 м в южном колене Кольского залива.

Температура поверхностного слоя воды (0–4 м) в пределах южного и среднего колен залива уменьшается по мере продвижения от кута к открытому морю. Для глубин больше 5 м в течение всего года характерно увеличение температуры воды по направлению от кута к открытому морю. В целом за весь период наблюдений, в южном колене залива среднегодовое значение температуры 10-метрового слоя воды оказалось на $1,0$ °C меньше, чем в среднем. Это связано с большим влиянием на среднее колено северной ветви теплого Нордкапского течения, а также его ограниченным проникновением в южное колено.

Режим солености Кольского залива всецело определяется характеристиками речного стока, интенсивностью выпадения жидких осадков, водообменом с открытой прилегающей частью моря и волновым перемешиванием.

Максимальная амплитуда сезонных колебаний солености составила $26,6\%$ ($7,0$ – $33,6\%$) и наблюдалась на глубине 4 м, на полигоне А в южном колене, а минимальная $-0,2\%$ ($34,1$ – $34,3\%$) – отмечена на глубине свыше 25 м полигонов D и E на севере среднего и в северном колене залива. В южном колене наиболее интенсивное опреснение на поверхности всегда отмечается спустя час после наступления малой воды. Межсезонные изменения солености на порядок превышают изменения внутри приливного цикла (рис. 4).

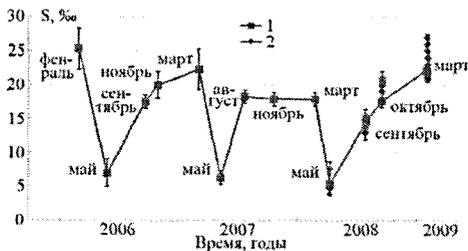


Рисунок 4 – Сезонные изменения солености воды (S , ‰) на поверхности и ее колебания в течение приливо-отливного цикла в южном колене Кольского залива (полигон А).

По характеру изменения солености в пределах приливно-отливного цикла в течение года можно выделить три основных сезона: весенний, летне-осенний и зимний. Соленость у уреза воды в весенний период колеблется в пределах 3–9 ‰, в летне-осенний – в пределах 13–22 ‰, а в зимний период – от 18 до 27 ‰.

Вплоть до середины южного колена Кольского залива, начиная с глубины 8–10 м соленость близка к нормальной океанической (превышает 34 ‰) и не является фактором, лимитирующим распределение морских бентосных организмов.

Грунты в верхней сублиторали Кольского залива постепенно изменяются от осадочных толщ, образованных наносами рек Кола и Тулома, впадающих в кут залива, до гранитных скальных массивов и продуктов их абразии в северном колене (Митяев, 1997). Доля мягких грунтов на мелководьях в этом направлении сокращается за счет их замещения в верхней части сублиторали твердыми субстрадами, площадь которых также возрастает с юга на север (табл. 1).

Глава 5. Видовой состав и краткая характеристика представителей мегабентоса верхней сублиторали Кольского залива

По результатам исследований, в верхней сублиторали Кольского залива было зарегистрировано 43 вида мегазобентосных организмов, принадлежащих к 29 семействам, 17 отрядам, 8 классам и 4 типам донных беспозвоночных (табл. 2). Виды *Lithodes maja*, *Poraniomorpha hispida*, *Archidoris pseudoargus* отмечены для залива впервые.

Для каждого из зарегистрированных видов мегабентоса в главе приведены краткие общие сведения о его распространении, экологии и биологии, описан современный характер и особенности распространения в Кольском заливе, приведены данные о количественных изменениях, произошедших за истекшее столетие.

Таблица 2 – Видовой состав и средневзвешенные количественные характеристики мегабитоса на полигонах (в ячейке дробной чертой разделены: плотность поселения, экз./м² и биомасса, г/м²) в верхней сублиторали Кольского залива.

Таксон	ЖФ	БГХ	ТХ	Полигоны						
				A	B	F	G	C	D	E
Класс Anthozoa										
Тип Cnidaria										
<i>Cerianthus lloydii</i>	Инф	ШБ-а.л.	Пп	0,02/0,04	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	-
<i>Drifa glomerata</i>	Елф	Атл.шб-а.	Сп	0,02/0,07	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	0,10/0,19	-	<0,01/<0,01
<i>Normathia digitata</i>	Елф	ВБ-а.	Пп	<0,01/0,09	0,01/0,16	<0,01/<0,01	0,03/0,22	0,28/0,95	-	-
<i>Gersemia fruticosa</i>	Елф	ШБ-а.л.	Сп	<0,01/<0,01	<0,01/0,01	<0,01/<0,01	0,10/0,34	0,17/0,48	-	<0,01/<0,01
<i>Gersemia rubiformis</i>	Елф	ШБ-а.л.	Сп	<0,01/<0,01	0,01/0,02	<0,01/<0,01	-	<0,01/<0,01	-	-
<i>Urticina felina crassicornis</i>	Елф	Атл.вб-а.	Пп	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	агр.*	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	агр.	<0,01/<0,01
<i>Merridium senile senile</i>	Елф	Амфб.	Сп	агр.	<0,01/<0,01	агр.	агр.	<0,01/<0,01	агр.	агр.
Класс Malacostraca										
Тип Arthropoda										
<i>Eualus gaimardii</i>	Онф	ВБ-а.л.	Па	-	-	-	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01
<i>Hyas araneus</i>	Онф	Атл.шб.	Па	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01
<i>Hyas coarctatus</i>	Онф	ШБ-а.	Па	-	1**	-	-	1	-	-
<i>Lithodes maja</i>	Онф	Атл.шб.	Па	-	<0,01/<0,01	-	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01
<i>Pagurus rubescens</i>	Онф	Атл.шб-а.	Па	0,02/0,11	0,05/0,45	0,07/0,48	0,03/0,22	0,16/0,41	0,06/0,11	0,06/0,68
<i>Pagurus bernhardus</i>	Онф	Атл.суб-б.	Па	0,01/0,07	0,02/0,17	<0,01/<0,01	-	0,01/0,02	<0,01/<0,01	0,02/0,01
<i>Paralithodes camtschaticus</i>	Онф	Глх.шб., ингр.	Па	0,01/0,09	<0,01/0,06	0,05/0,40	<0,01/<0,01	<0,01/0,22	0,18/4,76	0,03/0,87
<i>Sclerogaster boreas</i>	Онф	ВБ-а.л.	Па	<0,01/<0,01	<0,01/0,04	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	0,01/0,04	<0,01/0,03	<0,01/<0,01
Класс Gastropoda										
<i>Archidoris pseudoargus</i>	Онф	Атл.суб-б.	Па, Д	-	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	0,03/0,34
<i>Verrucium turtoni</i>	Онф	Атл.вб.	Па	-	-	-	-	<0,01/<0,01	-	-
<i>Vuccinum cyanum</i>	Онф	Атл.вб.	Па	<0,01/<0,01	-	-	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	-
<i>Vuccinum fimbriatum</i>	Онф	Атл.вб.	Па	1	-	-	-	-	-	-
<i>Vuccinum fragile</i>	Онф	Атл.вб-а.	Па	1	-	-	-	-	-	-
<i>Vuccinum undatum</i>	Онф	Атл.шб.	Па	0,05/1,42	0,06/2,65	0,13/1,89	<0,01/<0,01	0,11/3,62	0,02/0,79	0,02/1,11
<i>Coryphella verrucosa</i>	Онф	Амфб.	Па, Д	5,77/50,01	0,44/2,00	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	0,02/0,20	0,07/0,34
<i>Cryptonatica affinis</i>	Онф	ШБ-а.	Па	<0,01/<0,01	-	-	-	-	<0,01/<0,01	-
<i>Dendronatica frondosus</i>	Онф	ШБ-а.л.	Па	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01
<i>Neritina despecta</i>	Онф	Атл.вб.	Па	0,01/0,60	0,05/2,51	<0,01/<0,01	0,04/0,93	0,16/4,95	0,01/0,78	<0,01/0,14
Класс Bivalvia										
<i>Chlamys islandica</i>	Онф	Амфб.	Сф	0,02/0,53	0,04/2,23	0,06/2,36	0,01/0,66	0,03/1,06	0,68/22,13	0,24/12,76

Таксон	ЖФ	БГХ	ТХ	Полигоны						
				A	B	F	G	C	D	E
<i>Modiolus modiolus</i>	Епф	Амфб.	Сф	-	-	-	<0,01/<0,01	-	0,11/14,57	0,16/19,33
<i>Mytilus edulis</i> ***	Епф	Амфб.	Сф	0,01/0,03	0,29/0,47	-	<0,01/<0,01	0,06/0,25	0,46/3,58	0,15/2,57
<i>Pallolium tigrinum</i>	Онф	Атл.суб-б.	Сф	-	-	-	-	-	0,04/0,02	<0,01/<0,01
<i>Climacodium ciliatum</i>	Епф	Атл.б-а.	Сф	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arctica islandica</i>	Инф	Атл.суб-б.	Сф	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mya arenaria</i>	Инф	Амфб.	Сф	-	-	-	-	-	-	-
Класс Asteroidea										
<i>Hippasteria phrygiana</i>	Онф	Атл.лб.	Па	-	-	-	-	1	-	-
<i>Porantomonra hispida</i>	Онф	Атл.лб.	Па	-	-	-	-	-	-	1
<i>Crossaster pupposus</i>	Онф	Шб-а.л.	Па	-	-	-	<0,01/<0,01	-	<0,01/<0,01	-
<i>Solaster endeca</i>	Онф	Амфб.	Па	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	-	-	-
<i>Hemictia sp.</i>	Онф	Атл.суб-б.	Па	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01
<i>Asterias rubens</i>	Онф	Атл.суб-б.	Па	0,14/4,16	0,08/4,83	0,14/6,25	0,02/0,72	0,07/1,62	0,03/0,11	0,05/1,83
Класс Ophiuroidea										
<i>Gorgonocephalus arcticus</i>	Онф	Шб-а.	Сл	-	<0,01/<0,01	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	-	-
Класс Echinoidea										
<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	Онф	Шб-а.	Д, Ф	1,25/25,06	0,25/20,69	0,24/15,30	0,03/4,15	0,03/1,01	0,03/0,43	0,06/2,47
<i>S. droebachiensis</i>	Онф	Амфб.	Ф, Па	0,40/11,93	0,29/23,47	1,04/62,78	0,11/11,56	0,67/29,43	0,05/1,13	0,38/20,30
<i>Echinus esculentus</i>	Онф	Воет.Атл.шб.	Ф	-	-	-	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	<0,01/<0,01	0,04/18,16
Класс Holothuroidea										
<i>Saccinaria frondosa</i>	Епф	Атл.лб.	С	-	-	-	-	-	1	-

Примечание: ЖФ – жизненная форма; Епф – эпифауна; Инф – инфауна; Онф – онфауна;

БГХ – биогеографическая характеристика: Шб-а. – широко распространённый бореально-арктический; Атл.б-а. – атлантический широко распространённый бореально-арктический; Атл.вб-а. – атлантический высокобореально-арктический; Амфб. – амфибореальный; Тих.шб. – тихоокеанский широко распространённый бореальный; Атл.лб. – атлантический высокобореальный; Атл.шб. – атлантический широко распространённый бореальный; Атл.суб-б. – атлантический субтропически-бореальный; п. – циркумполярный; интр. – интродуцент.

ТХ – трофическая характеристика: С – сестонофаг; Сл – сестонофаг планктофаг; Сф – сестонофаг фильтратор; П – плотоядный; Пп – плотоядный, пассивный хищник; Па – плотоядный, активный хищник; Д – детритофаг; Ф – фитофаг;

арг. * – вид образует плотные агрегированные скопления; 1** – вид был встречен однократно в единственном экземпляре.

*Mytilus edulis**** – приведены средневзвешенные показатели только для крупных одиночных и объединённых в группы мидий.

Глава 6. Биогеографическая структура мегафауны верхней сублиторали Кольского залива

Виды мегабентоса обнаруженные в верхней сублиторали Кольского залива по характеру ареала могут быть подразделены на девять биогеографических групп (рис. 5).

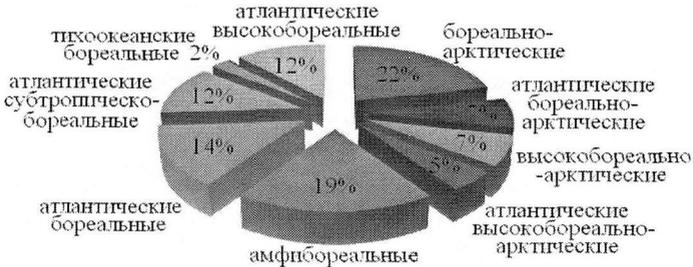


Рисунок 5 – Соотношение основных биогеографических групп представителей мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива по количеству видов.

В настоящее время в верхней сублиторали Кольского залива по всем параметрам доминируют мегабентосные виды бореальной группы (широко распространенные бореальные, амфибореальные, высокобореальные и субтропическо-бореальные) на долю которых приходится 59% видового состава, 61% биомассы и 63% численности. На долю видов с бореально-арктическим характером распространения (широко распространенные бореально-арктические и высокобореально-арктические) приходится 41% видового состава 39% биомассы и 37% численности. Арктические виды среди мегабентоса в пределах верхней сублиторали Кольского залива в период исследований не зарегистрированы. Таким образом, по обилию, характеру распределения и составу крупных донных беспозвоночных, верхняя сублитораль Кольского залива в настоящее время может быть отнесена к Верхнебореальной подобласти Бореальной Атлантической биогеографической области.

Биогеографический облик мегафауны южного, среднего и северного колен Кольского залива достаточно сильно различается. Бореально-арктические виды как наиболее эврибионтные, формируют основу фауны в южной, кутовой части залива и их плотность и биомасса заметно снижаются в среднем и северном коленах. Бореальные и амфибореальные виды напротив, тяготеют к северной части залива, где отмечены более стабильные термохалинные условия.

Длительный период положительных температурных аномалий вод Баренцева моря (последние десятилетие является самыми теплым в заливе за всю историю наблюдений) вызвало значительную перестройку биогеографической структуры фауны Кольского залива. По сравнению с началом XX века, широкое

распространение в заливе получили бореальные и субтропическо-бореальные виды, ранее отмечавшиеся здесь единично (*Lithodes maja*, *Pagurus bernhardus*, *Echinus esculentus*, *Palliolium tigrinum*) или вообще не встречавшиеся (*Archidoris pseudoargus*). В период потепления значительно сократилось обилие или вообще пропали из прибрежья залива бореально-арктические звезды: *Pteraster militaris*, *P. pulvillus*, *Pedicellaster typicus*, *Stephanasterias albula*, *Crossaster papposus*, *Ctenodiscus crispatus*. К настоящему времени на мелководье залива исчезли все виды арктического происхождения, практически повсеместно встречавшиеся здесь в начале XX века (морская звезда *Urasterias linckii*, морская лилия *Heliogeton glacialis*).

Колебания обилия ряда крупных беспозвоночных в верхней сублиторали Кольского залива, совпадающие с климатическими изменениями, указывают на их индикаторные возможности. В качестве индикаторов устойчивых положительных климатических аномалий могут рассматриваться бореальный морской еж *E. esculentus*, субтропическо-бореальный рак-отшельник *P. bernhardus*, субтропическо-бореальные моллюски *Archidoris pseudoargus* и *Palliolium tigrinum*. Хорошим индикатором периодов похолодания является морская звезда *Urasterias linckii*.

Глава 7. Количественные характеристики распределения мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива

В главе подробно описано количественное распределение мегабентоса на каждом из исследованных полигонов, приведены данные о вертикальном распределении биомассы, плотности поселения мегабентоса и основных доминирующих видах, рассматриваются сезонные изменения количественных параметров.

Средневзвешенная плотность поселения мегабентоса для залива в целом оценена в 1,5 экз./м², а биомасса – в 60,6 г/м².

Сравнительный анализ биомассы макро- и мегабентоса показал, что на мягких грунтах биомасса первого, по данным дночерпательных съемок оценивается в 40–84 г/м² (Фролова и др., 1997; Любина и др., 2009; Павлова, Зуев, Фролов, 2009), в то время как по нашим данным, средняя биомасса мегабентоса на мягких грунтах верхней сублиторали дает сопоставимую величину в 33 г/м².

Естественные, твердые грунты в сублиторали Кольского залива появляются, только начиная со среднего колена, однако, на всех полигонах южного колена имеются участки (зачастую весьма обширные), где в различных количествах концентрируется мусор и другие объекты искусственного происхождения. Подобные скопления привлекают различные по плотности группы иглокожих (морских ежей рода *Strongylocentrotus* и звезд *A. rubens*) и актиний (*U. crassicornis* и *M. senile senile*). На полигоне F в районе порта скопления мусора занимают площади в несколько сотен квадратных метров и образуют толщи в несколько метров глубиной. В

таких местах реальная плотность поселения и биомасса мегабентоса за счет особей, обитающих в толще мусорных скоплений, может на порядок превышать средние показатели, оцененные в 3,43 экз./м² и 191,5 г/м².

Крупные гидротехнические сооружения вносят значительный вклад в увеличение обилия беспозвоночных на полигонах. На искусственных вертикальных стенках гидротехнических сооружений образуются обширные биоценозы с доминированием баяланусов и мидий. Искусственный субстрат со временем обрастает макрофитами и привлекает многочисленных ракообразных, иглокожих, кишечнорастворных и моллюсков.

Площадь дна, сложенная естественными твердыми грунтами постепенно увеличивается начиная со среднего колена залива, и уже в начале его северного колена занимает всю поверхность дна, доступную для легководолазного обследования (≈ 40 м). Плотность поселения мегабентоса на естественных жестких грунтах, оцененная в среднем по заливу, составила 3,7 экз./м², а биомасса – 116,9 г/м².

Глава 8. Влияние факторов окружающей среды на распределение мегабентоса в Кольском заливе

Все многообразие факторов, обуславливающих особенности распределения бентосных организмов, традиционно подразделяется на следующие категории: естественные абиотические, биотические и антропогенные. В главе рассмотрено влияние всех перечисленных категорий факторов на распределение мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива. Проанализирован абиотический комплекс (температура, соленость, характер грунта), рассмотрены последствия интродукции камчатского краба (биотический фактор), а так же загрязнения среды залива и трансформации его естественного ландшафта (антропогенная составляющая отмеченных изменений).

Изменения солености воды вызывают наиболее масштабные миграции мегабентоса в пределах верхней сублиторали залива. Выраженные сезонные изменения на полигонах отмечены только в пределах южного колена. Они связаны со снижением на верхних горизонтах (глубина 0–4 м) солености ниже уровня толерантности морских видов (17 ‰), что вызывает в период наибольшего опреснения (май) миграции крупных беспозвоночных в нижерасположенные и менее опресненные горизонты. Все эти горизонты населены эврибионтной, устойчивой к колебаниям солености фауной.

Большинство видов крупных беспозвоночных предпочитает соленость более 30–32‰, в связи с чем, наиболее разнообразная по видовому составу морская фауна зарегистрирована на нижних горизонтах среднего и северного колена залива.

Температура. Весь зарегистрированный диапазон изменений температуры воды в заливе составляет от -1,5 до 12,5 °С. Для большинства видов, населяющих поверхностные горизонты, диапазон толерантности – шире, в связи с чем даже

наиболее интенсивные сезонные изменения температуры воды не вызывают массовых миграций.

Основное влияние температуры воды отражается в изменении биогеографического состава фауны вдоль залива. В северной части среднего и в северном коленах залива в течение года не происходит снижения температуры воды ниже 2,5 °С, в связи с чем, доля бореальных и субтропическо-бореальных видов здесь значительно выше, чем в южной части залива, где амплитуда колебаний температуры воды значительно шире.

Грунт. В целом по заливу плотность поселения и биомасса мегабентоса на естественных жестких грунтах в несколько раз превышает таковую, характерную для мягких илистых и илисто-песчаных грунтов.

Обилие представителей мегабентоса, обитающих на мягких грунтах снижается от южного колена к среднему. Описанная тенденция противоречит классическому представлению об увеличении количественных характеристик бентоса в направлении градиента «река-море». От периода исследований К.М. Дерюгина (1915) и до наших дней сохранились значительные скопления ежей рода *Strongylocentrotus* sp. на илистых мелководьях в южном колене (район включает полигоны А, В и F, рис. 1). Значительные скопления морских ежей в этой части Кольского залива были описаны еще К.М. Дерюгиным (1915) и, скорее всего, приурочены к области так называемого «маргинального фильтра» (Лисицын, 1982), где смешение морских и пресных вод сопровождается выпадением в осадок большого количества органической взвеси.

Загрязнение дна залива бытовым и техническим мусором является в настоящее время значимым фактором, влияющим на количественные характеристики распределения мегабентоса на акватории Кольского залива.

В настоящее время, весь твердый субстрат, расположенный в южном колене Кольского залива, представляет собой объекты антропогенного происхождения – бытовой, строительный и технический мусор. На горизонтах, содержащих мусор, происходит не только увеличение обилия мегабентоса, но и изменение его видового состава. В южном колене, на естественных мягких не замусоренных грунтах, по плотности поселения и биомассе доминируют детритофаги – ежи *Strongylocentrotus pallidus*. В скоплениях мусора они уступают лидерство всеядным *S. droebachiensis*, характерным для полосы макрофитов и твердых грунтов (Scheibling, Anthony, 2001). Также в полосе мусора заметно увеличивается количество сидячих кишечнорастворных – мягких кораллов родов *Gersemia* и *Drifa* – и актиний *Urticina felina crassicornis* и *Metridium s. senile*. Обилие твердого субстрата антропогенного происхождения привлекает значительное количество и других представителей мегаэпибентоса, чем и обусловлены высокие показатели их численности и биомассы в этих районах. В южном колене четко отмечается прямая зависимость между плотностью мусора на дне и обилием крупных беспозвоночных.

Химическое загрязнение вод и донных осадков. В южном колене Кольского залива полностью исчезли голотурни-детритофаги, хотя в начале прошлого века на малых глубинах здесь отмечались поселения как минимум трёх видов: *Myriotrochus rinki* и *Chiridota laevis* были чрезвычайно обильными, а *Eupyrigus scaber* встречался несколько реже (Дерюгин, 1915). Исчезновение двух первых из этих видов может быть вызвано хроническим загрязнением вод и донных осадков в южной части залива (Матишов, 1991).

Следует отметить, что в портовых зонах – районах с наибольшим уровнем химического загрязнения (Бахарев и др., 2009), значительного снижения обилия массовых видов мегабентоса, включая фильтраторов (например, *Chlamys islandica*), не наблюдается. Однако, на некоторых участках у нуля глубин (полигон F) отсутствуют сублиторальные поселения мидий, что может быть результатом воздействия высоких концентраций углеводородов, концентрирующихся у поверхности водной толщи.

Определенные особенности в пространственном распределении мегабентоса можно отнести к последствиям появления на акватории Кольского залива крупного бентофага – **камчатского краба**, интродуцированного в этом районе в 60х годах прошлого столетия. В среднем колене залива отмечено резкое снижение обилия многих видов иглокожих, необъяснимое с точки зрения распределения грунтов и гидрологии. В пределах исследованной акватории залива районы с минимальной плотностью распределения иглокожих совпадают с районами максимальной численности камчатского краба. Известно, что иглокожие – морские ежи, звезды и офиуры – играют немаловажную роль в питании *Paralithodes camtschaticus* (Чебанов, 1965; Feder, Jewett, 1981; Герасимова, Кочанов, 1997; Павлова и др., 2007; Павлова, 2009, и др.), поэтому отмеченное уменьшение обилия иглокожих в центральной части Кольского залива вполне может быть результатом трофической активности интродуцента. Распределение иглокожих в этих районах приурочено к укрытиям, что может также свидетельствовать о хищническом прессе.

Трофическая активность камчатского краба – вероятная причина практически полного исчезновения из сублиторали Кольского залива многолучевых звезд *Crossaster papposus* и *Solaster endeca*. Камчатский краб является их активным пищевым конкурентом, поэтому в районах, где встречается краб, доступность основных трофических объектов этих звезд в последнее время значительно снизилась.

Глава 9. Фаунистические группировки мегабентоса в верхней сублиторали залива

Методом многомерного шкалирования было проведено районирование верхней сублиторали Кольского залива по условиям обитания донных организмов (температура, соленость, характер грунта). Было выделено 4 группы станций (полигонов), различающихся величиной степени варьирования гидрологических факторов и характером грунта (рис. 6). Анализ показал наличие в верхней

сублиторали исследованной части Кольского залива трех областей контакта водных масс с дном. Гидрологический режим этих областей может быть охарактеризован как эстуарный (район расположения I-ой группы станций на рис. 6), переходный эстуарно-морской (район расположения II-ой и III-ей группы станций) и морской (IV группа станций). Водная масса, характеризующаяся как переходная эстуарно-морская, в кутовой части залива подстилает область распространения вод с эстуарными характеристиками; в средней и северной частях залива она занимает поверхностный слой и ограничивается снизу водами чисто морского генезиса. Область контакта этой водной массы с дном занимает наибольшую площадь верхней сублиторали исследованной части Кольского залива (от нижних горизонтов самого южного полигона А до поверхностных горизонтов самого северного полигона Е) и определяет гидрологические условия обитания в области распространения как жестких грунтов (III группа станций), так и мягких илисто-песчаных осадков (II группа станций).

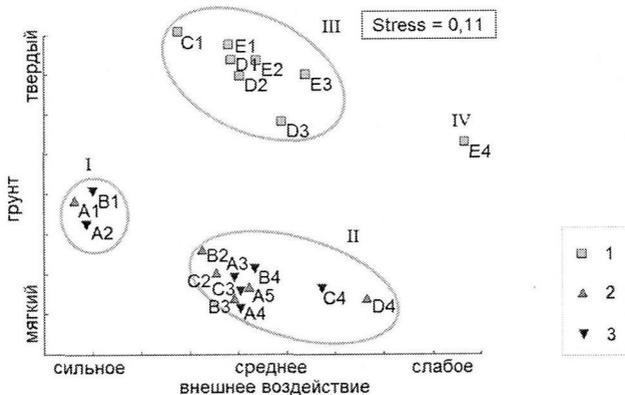


Рисунок 6 – Ординация станций на основании внешних факторов.

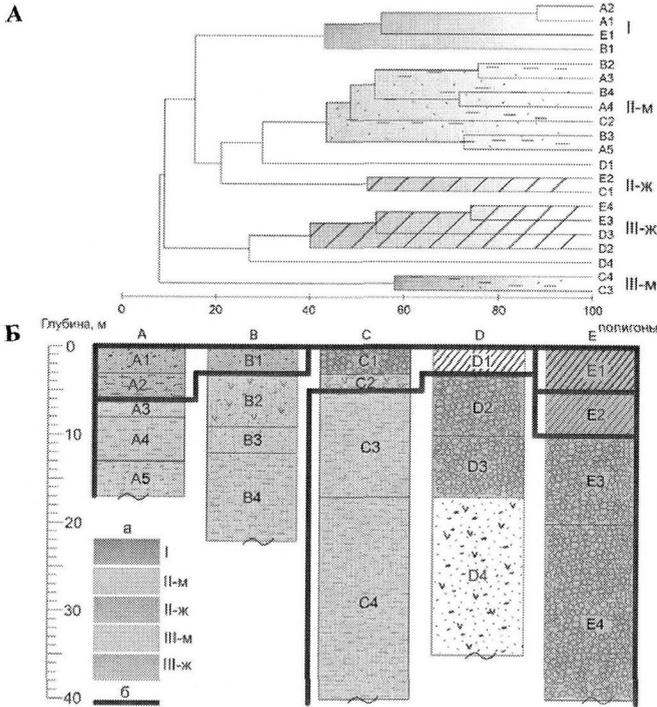
Римские цифры – выделенные группы станций; в обозначения станций буквой указан полигон, цифрой – номер горизонта; схематическое расположение станций на акватории залива представлено на рис. 7.

Легенда: 1 – твердые грунты: валуны, скала; 2 – смешанные грунты: песок, галька, ракуша; 3 – мягкие грунты: песок, истый песок, ил.

Методом кластерного анализа в пределах исследованной части верхней сублиторали Кольского залива было выделено 5 фаунистических группировок мегаэпибентоса (рис. 7). Полученная на основе кластерного анализа картина группировки станций наглядно продемонстрировала, что в условиях постепенной

смены гидрологических характеристик, характер грунта, зачастую, выступает в качестве ведущего фактора, определяющего облик донного населения.

Полученная картина группировки станций отражает влияние на распределение бентоса гидрологических условий – выделенные группировки объединяются в три основных фаунистических комплекса, соответствующие эстуарному, переходному эстуарно-морскому и морскому гидрологическому режимам (I, II и III на рис. 7). В пределах каждого комплекса наблюдается разделение на группировки, приуроченные к мягким и жестким грунтам.



Примечание: а – фаунистические группировки, б – границы районов распространения фаунистических комплексов, выделенных методом многомерного шкалирования.

Рисунок 7 – Дендрограмма фаунистического сходства станций (А) и полученная на ее основе схема распределения на акватории Кольского залива выделенных кластерным анализом фаунистических группировок мегаэпибентоса (Б).

Основные характеристики и параметры выделенных фаунистических группировок мегаэпибентоса представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики и условия обитания мегабентосных группировок, выделенных в пределах изученной части Кольского залива методом кластерного анализа

Фаунистические комплексы и группировки	Эстуарный	Переходный эстуарно-морской		Морской	
		на мягких грунтах	на жестких грунтах	на мягких грунтах	на жестких грунтах
*Обозначение	I	II-м	II-ж	III-м	III-ж
Станции	A1, A2, B1, E1	B2, B3, B4, A3, A4, A5, C2	C1, E2	C3, C4	D1, D2, D3, E3, E4
Локализация	Верхние горизонты южного и северного колен	Нижние горизонты южного и верхние горизонты среднего колен	Верхние горизонты среднего колена	Нижние горизонты среднего колена	Верхние, средние и нижние горизонты ср. и сев. колен
Глубина, м	0–6	3–22	0–10	5–40	0–40
Преобладающие грунты	Песок, илистый песок, галька, скала	Песок, илистый песок, песчаный ил, галька	Скала, валуны, камни	Илистый песок, песчанистый ил, ракуша	Скала, валуны, камни
Диапазон температур, С	0,3–12,1	1,4–9,4	–0,9–10,3	2,4–9,8	3,0–8,5
Диапазон солености, ‰	5,6–33,6	23,2–34,4	12,0–34,2	32,0–34,4	26,5–34,3
Количество видов	13	34	25	29	33
**Видовая плотность, видов/м ²	$\frac{0,34 \pm 0,07}{0,09-0,67}$	$\frac{0,26 \pm 0,12}{0,09-0,90}$	$\frac{0,94 \pm 0,16}{0,90-0,99}$	$\frac{0,13 \pm 0,01}{0,13-0,14}$	$\frac{0,38 \pm 0,08}{0,11-0,56}$
**Средняя биомасса, г/м ²	$\frac{15,57 \pm 1,41}{12,54-17,95}$	$\frac{61,13 \pm 13,77}{26,09-121,38}$	$\frac{317,41 \pm 106,97}{241,77-393,01}$	$\frac{10,24 \pm 1,47}{9,20-11,28}$	$\frac{76,57 \pm 11,33}{52,60-95,68}$
**Средняя плотность поселения, экз./м ²	$\frac{0,45 \pm 0,09}{0,31-0,61}$	$\frac{1,71 \pm 0,47}{0,66-3,99}$	$\frac{10,17 \pm 8,59}{4,10-16,25}$	$\frac{1,04 \pm 0,51}{0,68-1,40}$	$\frac{1,45 \pm 0,51}{0,63-2,61}$
Доминанты по плотности поселения	<i>Mytilus edulis</i> , <i>Asterias rubens</i>	<i>Strongylocentrotus pallidus</i> , <i>S. droebachiensis</i>	<i>S. droebachiensis</i> , <i>Echinus esculentus</i>	<i>Hormathia digitata</i> , <i>Driifa glomerata</i> ,	<i>M. edulis</i> , <i>Chlamys islandica</i>
Доминанты по биомассе	<i>A. rubens</i> , <i>M. edulis</i>	<i>S. droebachiensis</i> , <i>S. pallidus</i>	<i>S. droebachiensis</i> , <i>S. pallidus</i>	<i>Neptunea despecta</i> , <i>Buccinum undatum</i>	<i>Modiolus modiolus</i> , <i>C. islandica</i>
Доминанты по индексу значимости	<i>A. rubens</i>	<i>S. droebachiensis</i> , <i>S. pallidus</i>	<i>S. droebachiensis</i>	<i>N. despecta</i>	<i>C. islandica</i> , <i>M. modiolus</i>

Примечание: * обозначение фаунистической группировки как на рис. 7;

** в числителе – средний показатель со стандартной ошибкой, в знаменателе – диапазон варьирования.

Некоторые особенности распределения мегабентоса не объясняются рассмотренными и измеренными гидрологическими факторами и характером грунтов.

Примером этого является фаунистическая граница, расположенная в пределах распространения мягких грунтов между южным и средним коленами залива (рис. 7Б). Эта граница фиксируется как MDS-анализом, так и кластерным анализом как граница между группировками II-м и III-м. Кроме того, отмечено различие в трофическом статусе донного населения этих двух районов: в южном колене среди мегабентоса доминируют детритофаги (*Strongylocentrotus pallidus*), в среднем – плотоядные формы (*Neptunea despecta* и *Hormathia digitata*). При этом гидрологические условия отличаются крайне незначительно, делая возможным обитание в обоих районах всех перечисленных видов.

Различие объясняется наличием в южном колене так называемого «маргинального фильтра» – физико-химической границы двух объемов воды с разными характеристиками, в пределах которой происходит коагуляция взвешенных и растворенных веществ и выпадения их в осадок (Лисицин, 1982; Митяев, Герасимова, 2009). Значительные отложения органики привлекают детритофагов (*S. pallidus*), которые образуют плотные скопления.

Заключение.

Проведенные исследования показали, что в настоящее время фауна мегабентоса верхней сублиторали Кольского залива отличается высокими показателями видового разнообразия и обилия. При этом, на всем протяжении залива от эстуарных до типично морских условий обитания, видовое разнообразие распределено относительно равномерно – коэффициент вариации количества видов макробентоса зарегистрированных на полигонах составил всего 10%. Морская мегафауна богата и разнообразно представлена даже в центральной части южного колена, где отмечено 29 видов, что соответствует среднему показателю по полигонам для залива в целом.

Значения биомассы мегабентоса в верхней сублиторали сопоставимы по величине с таковой макрозообентоса. При этом обилие крупных беспозвоночных на твердых грунтах, в несколько раз превышает таковое на мягких.

Исследования показали, что современный облик фауны мегабентоса Кольского залива в значительной мере определяется современной климатической обстановкой и интенсивной антропогенной нагрузкой.

Длительный период положительных температурных аномалий, предшествовавший проведению исследований, привел к заметным изменениям в биогеографической структуре мегафауны верхней сублиторали: из этой области Кольского залива исчезли все виды арктического происхождения, появились новые для фауны залива виды бореальной природы, а отдельные единично встречавшиеся здесь бореальные виды значительно увеличили свое обилие и область распространения. В результате, в настоящее время мегафауна верхней сублиторали Кольского залива носит отчетливый бореальный характер; бореальные виды

преобладают здесь над другими биогеографическими группами по всем количественным показателям.

Антропогенная трансформация подводных ландшафтов гидротехническим строительством и замусоривание дна залива техническим и бытовым мусором, особенно ярко выраженные в южном колене Кольского залива, сопровождаются неожиданным эффектом увеличения обилия мегабентосных организмов, для которых привлекательными являются дополнительные твердые субстраты бытового и техногенного происхождения. В то же время имеются признаки негативного влияния на инфауну грунтоедов интенсивного хронического химического загрязнения донных осадков южной части Кольского залива.

Отмечены так же изменения в таксономической структуре мегабентоса отдельных районов Кольского залива, которые могут быть результатом адаптивной трансформации структуры донных сообществ Кольского залива в результате интродукции камчатского краба.

IV. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

1. В верхней сублиторали Кольского залива отмечено 43 вида мегабентоса.
2. Средняя в пределах верхней сублиторали биомасса организмов мегабентоса оценена в 61 г/м^2 , плотность поселения – в $1,5 \text{ экз./м}^2$. Количество мегабентоса на мягких грунтах составляет $1,2 \text{ экз./м}^2$ и 33 г/м^2 , на твердых – $3,7 \text{ экз./м}^2$ и 117 г/м^2 .
3. Длительный период положительных температурных аномалий, наблюдаемых в последнее время, привел к исчезновению из мегафауны верхней сублиторали Кольского залива всех арктических и к появлению ряда бореальных видов. В настоящий период мегафауна верхней сублиторали Кольского залива имеет отчетливый бореальный облик, а сама верхнесублиторальная зона по характеру биогеографической структуры отнесена к Верхнесублиторальной подобласти Атлантической Бореальной области.
4. Для крупных губ и заливов мурманского побережья в качестве индикаторов продолжительных и положительных климатических аномалий могут рассматриваться морской еж *Echinus esculentus*, рак-отшельник *Pagurus bernhardus*, моллюски *Archidoris pseudoargus* и *Palliolium tigrinum*. Свидетельством похолодания климата может быть появление в верхней сублиторали Кольского залива арктической морской звезды *Urasterias linckii*.
5. Замусоривание дна залива и активное гидротехническое строительство вдоль его берегов увеличивает количество твердого субстрата, привлекательного для ряда массовых видов мегабентоса, что приводит к увеличению плотности поселения представителей крупных беспозвоночных в районах портовых сооружений и скоплений твердых бытовых отходов.

6. В пределах изученной акватории верхней сублиторали Кольского залива описано пять фаунистических группировок мегабентосных организмов, распределение которых находится в тесной связи с гидрологическими параметрами среды и характером грунта. Одна группировка относится к эстуарному фаунистическому комплексу, две – к жестким и мягким грунтам эстуарно-морского переходного комплекса и две группировки – к мягким и жестким грунтам морского фаунистического комплекса. Каждая фаунистическая группировка обладает характерными для нее параметрами обилия и доминирующими видами.

7. Широкое распространение интродуцированного в Кольском заливе в 60-х годах прошлого столетия камчатского краба привело к практически полному исчезновению на мягких грунтах центральной части залива таких видов, как *Strongylocentrotus droebachiensis*, *S. pallidus* и *Asterias rubens* и потребляющих их хищников – *Crossaster papposus* и *Solaster endeca*.

V. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Малавенда С.С., Зуев Ю.А., Кравец П.П., Бентосные сообщества Кольского залива. Сто лет назад, вчера, сегодня, завтра?... // Рыбное хозяйство, №2, 2008. с.66–68
2. Павлова Л.В., Зуев Ю.А., Распределение, динамика численности и размерно-возрастного состава камчатского краба в Кольском заливе в 2005–2008 гг. // Рыбное хозяйство, №6, 2010. с. 66–69.
3. Павлова Л.В., Зуев Ю.А. Видовой состав и распределение иглокожих (Echinodermata) в верхней сублиторали Кольского залива (Баренцево море) // Биология моря. 2010. Т. 36. № 2. С. 79–87.
4. Зуев Ю.А., Павлова Л.В. Особенности распределения мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива (Баренцева моря) // Доклады Академии Наук. 2011. Т. 439. № 5. С. 713–717.

в прочих изданиях:

5. Зуев Ю.А., Агапова Н.В. Подводные ландшафты ряда полигонов Кольского залива Баренцева моря // Материалы итоговой сессии Ученого совета 25-26 января 2006 г. СПб.: Изд-во: РГГМУ, 2006. С. 95–96.
6. Зуев Ю.А., Агапова Н. В. Подводные ландшафты ряда полигонов Кольского залива Баренцева моря // Материалы 24 конференции молодых ученых ММБИ, май 2006 г. Мурманск, 2006. С. 49–53.
7. Зуев Ю.А., Зуева Н. В. Влияние антропогенных объектов на распределение камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Кольском заливе Баренцева моря. // Материалы конференции Современное состояние популяции крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами, 25-29 сентября 2006 г. Мурманск, 2006. С. 38–41.

8. Зуев Ю.А., Зуева Н. В. Сезонные изменения в распределении макрозообентоса на верхней сублиторали Кольского залива Баренцева моря // Тезисы международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" 25-27 октября 2006 г. СПб.: изд. РГГМУ, 2006. С. 98–99.
9. Зуев Ю.А. Влияние антропогенных объектов на распределение иглокожих на дне Кольского залива Баренцева моря в осеннее-зимний период. // Сборник трудов международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" 25-27 октября 2006 г. СПб.: изд. РГГМУ, 2007. С. 129–134.
10. Зуев Ю.А. Сезонные изменения в распределении макрозообентоса на верхней сублиторали Кольского залива Баренцева моря. // Сборник докладов молодых ученых на сессии Ученого совета, январь 2007 г. СПб.: изд. РГГМУ, 2007. С. 20–21.
11. Зуев Ю.А., Зуева Н.В., Пространственные изменения сообществ макрозообентоса верхней сублиторали Кольского залива. // Материалы VI Всероссийской школы по морской биологии «Биоразнообразие сообществ морских и пресноводных экосистем России» (1–2 ноября 2007 г., г. Мурманск) ММБИ ЮНЦ РАН, Мурманск, 2006. С. 82–85.
12. Зуев Ю.А. Подводные ландшафты верхней сублиторали // В сборнике: Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв.ред. Матишов Г.Г. М.: Наука, 2009. С. 130–142.
13. Павлова Л.В., Зуев Ю.А., Фролов А.А. Особенности биоценозов верхней сублиторали // В сборнике: Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв.ред. Матишов Г.Г. М.: Наука, 2009. С. 142–61.
14. Зуев Ю.А., Павлова Л.В. Антропогенные изменения фауны мегабентоса Кольского залива Баренцева моря // Материалы V международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" 7-9 июля 2009 г. СПб.: изд. Кристмас+, 2009. С. 115–116.
15. Павлова Л.В., Зуев Ю.А. К современной фауне иглокожих Кольского залива // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки. Тез. Докл. Междунар. Науч. Конф. (г. Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты: КНЦ РАН. 2010. С. 184–185.
16. Pavlova L.V., Zuyev Y.A. Species composition and distribution of echinoderms (Echinodermata) in the upper subtidal zone of Kola Bay, Barents sea // Russian Journal of Marine Biology. 2010. Т. 36. № 2. С. 75–85.
17. Зуев Ю.А., Павлова Л.В. Современный видовой состав и распределение мегабентоса Кольского залива // Тезисы докладов Международной научной конференции "Проблемы экологии" 20-25 сентября 2010 г. Иркутск.: изд. Иркутского государственного университета, 2010. С. 70–71.

Зуев Юрий Алексеевич
МЕГАБЕНТОС ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО
ЗАЛИВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ
yzuev@ya.ru

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата биологических наук
Подписано в печать 21.04.2012. Заказ №4-2012.
Формат А5, цифровая печать Тираж 100 экз.

Отпечатано в ЦОП «Копировальный Центр Василеостровский»
Россия, Санкт-Петербург,
В.О., 6-линия, д.29
тел./факс: 328-61-84
e-mail: vs@copy.spb.ru