



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

**На тему «БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОННОЙ ФАУНЫ
АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И МО-
ДЕЛЬНЫЕ ПРОГНОЗЫ»**

Исполнитель: **УТЕЕВА ЧЕЙНЕШ МИЛАНОВНА**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: доктор биологических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Денисенко Станислав Григорьевич
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

кандидат географических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

« 16 » июня 2016 г.

Санкт-Петербург
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

**На тему «БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОННОЙ ФАУНЫ
АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И МО-
ДЕЛЬНЫЕ ПРОГНОЗЫ»**

Исполнитель: УТЕЕВА ЧЕЙНЕШ МИЛАНОВНА
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: доктор биологических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Денисенко Станислав Григорьевич
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

_____ (подпись)

кандидат географических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

« 16 » июня 2016 г.

Санкт–Петербург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
Глава 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	7
Глава 2. УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ЗООБЕНТОСА И КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ В ОСНОВНЫХ ТАКСОНАХ ДОННОЙ ФАУНЫ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	12
2.1 Баренцево море.....	14
2.2 Белое море.....	24
2.3 Карское море	32
2.4 Море Лаптевых	38
2.5 Восточно-Сибирское море.....	43
2.6 Чукотское море.....	50
Глава 3. ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА ВИДОВ В ФАУНАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ	66

ВВЕДЕНИЕ

Морская донная фауна повсеместно рассматривается как один из наиболее надежных индикаторов многолетних изменений и состояния окружающей среды. Ухудшение экологической ситуации за последние годы требует активизации контроля состояния окружающей среды. Для этого знания биоразнообразия и в первую очередь видового состава является абсолютно необходимым. Использование биокритериев в экологическом регулировании основывается на том принципе, что видовой состав может служить показателем качества окружающей среды.

Первым шагом в этом направлении является составление списков видов для различных регионов. Одной из малоизученных областей Северного Ледовитого океана являются моря российской Арктики. Степень изученности морской фауны разными исследователями оценивается по-разному. В Арктике видовое разнообразие донного населения уменьшается в восточном направлении, но в этом же направлении уменьшается и количество выполненных фаунистических сборов из-за труднодоступности всех сибирских морей. Поэтому без специальных исследований невозможно ответить на вопрос: что является причиной снижения видового разнообразия – слабая изученность восточных морей, или малоблагоприятные условия обитания.

Основное накопление сведений о флоре и фауне русских морей приходится на вторую половину прошлого века. Во все концы России направляются многочисленные морские экспедиции, лаборатории и музеи обогащаются обширными коллекциями по различным группам морской фауны, возникают морские станции, организуются научные съезды.

Моря, омывающие побережья России, чрезвычайно разнообразны, причем каждое из этих морей, а иногда группа их характеризуются определенными типовыми особенностями. Эти особенности обуславливаются сложным комплексом физико-географических, климатических и геологических условий не только на площади самого моря, но и в прилежащих районах океана и

суши. Особенности каждого моря складываются на обширных пространствах суши и океана, во много раз превосходящих по размерам само море.

Баренцево море и сибирские окраинные моря в течение последних тысячелетий представляют собой широкий путь проникновения атлантической фауны на восток, а тихоокеанской — на запад. К северным окраинам сибирских морей примыкают большие глубины центральной впадины Полярного бассейна с оригинальной глубоководной фауной.

Первые подсчеты количества видов в арктических морях были проведены российскими учеными в середине 20-го века. Т.С. Пергамент [16] обнаружила 1180 видов в Карском море, П.В. Ушаков [18] сообщил о 720 видах для Чукотского моря, Л.А. Зенкевич [10] посчитал количество видов для каждого моря, за исключением Восточно-Сибирского (таблица 1).

К сожалению, Л.А. Зенкевич не включил некоторые малоизвестные группы в свои списки. Тридцать лет спустя была сделана очередная попытка подсчитать количество видов для всех арктических морей России [33]. В этот список также не были включены несколько групп беспозвоночных животных, но увеличение общего количества было заметным (табл. 1).

Таблица 1

Общее количество видов макрозообентоса в морях российской Арктики

Источник	Моря					
	Белое	Баренцево	Карское	Лаптевых	Восточно-Сибирское	Чукотское
Пергамент, 1944	-	-	1180	-	-	-
Горбунов, 1946	-	-	-	-	781*	-
Гурьянов, 1948	-	-	-	-	928	-
Ушаков, 1952	-	-	-	-	-	720
Зенкевич, 1963	1015	1851	1423	522	-	820
Sirenko, Piepenburg, 1994	1100	2500	1580	1337	962	946
List of species, 2001	1817	3245	1671	1472	1011	1168

В 2001 г. был составлен новый наиболее полный перечень видов для арктических морей. Он был обеспечен последними сведения о видовом составе свободно живущих беспозвоночных евразийских морей Арктики от Ба-

ренцева до Чукотского с прилегающей к ним глубоководной акваторией Арктического бассейна. Список включает в себя около 4800 видов.

Большее число видов в списке 2001 г. по сравнению с предыдущими может быть результатом включения в него нескольких новых таксонов беспозвоночных (радиолярии, Ciliophora, Appendicularia, Hyperida и другие), но в основном это следствие более полного исследования фауны других таксонов арктических морей. Изучение богатого материала, собранного в течение в конце 20-го столетия, позволило значительно расширить знания о видовом разнообразии недостаточно изученных сибирских морей, таких как Восточно-Сибирское, Чукотское и море Лаптевых. В результате семи экспедиций на борту немецкого ледокола «Polarstem» (1993, 1995, 1998), а также российских научно-исследовательских судов «Иван Киреев» (1993), «Профессор Мультиановский» (1994), «Капитан Драницин» (1995) и «Яков Смирнитский» были обнаружены (1995) более 400 видов только в одном море Лаптевых. Некоторые из вышеупомянутых экспедиций и некоторые другие работали в других арктических морях, кроме моря Лаптевых и прилегающих глубоководных районов Арктического бассейна, что также позволило включить еще много видов в списки видового состава.

В самом богатом из евразийских морей Арктики – Баренцевом море обитают 3245 видов беспозвоночных (рис. 1), фауна Белого моря является обедненной фауной Баренцева моря и включает 1817 видов. Число видов неуклонно снижается в восточном направлении из Северной Атлантики: 1671 вид известен для Карского моря, 1472 – для моря Лаптевых, 1011 – для Восточно-Сибирского моря, и 1168 – для Чукотского моря. Эти цифры показывают, заметное влияние Атлантического океана на фаунистический состав. Тихоокеанские виды играют незначительную роль, их значение возрастает в восточной части моря Лаптевых, в Восточно-Сибирском море, Чукотском (в основном) и море в Бофорта.

Фаунистический состав морей Баренцева и Белого является наиболее изученным по сравнению с другими арктическими морями, фауна морей

Карского, Лаптевых и Чукотского менее известна. Видовой состав населения Восточно-Сибирского моря наименее известен.

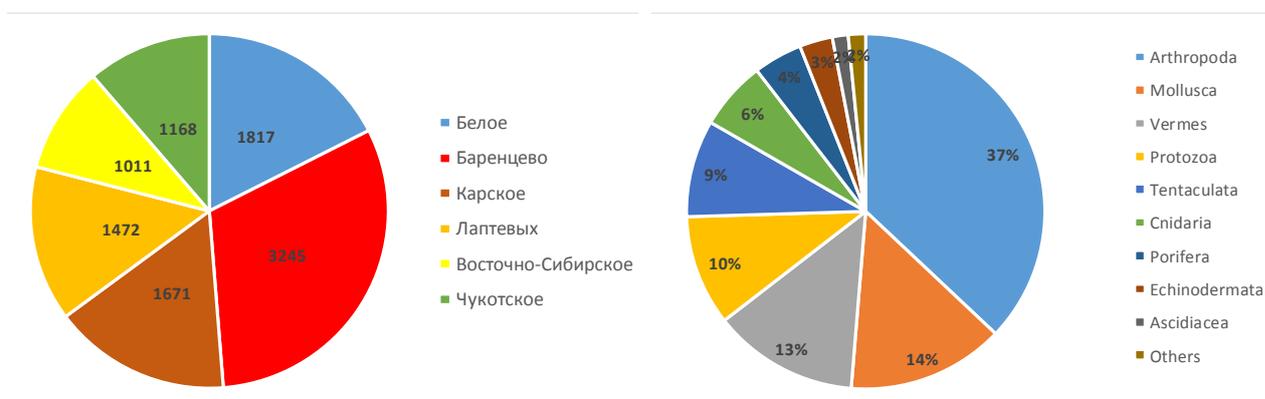


Рис. 1. Количество видов в донной фауне Арктических морей (слева) и ее таксономический состав (справа)

Фауна морских донных беспозвоночных Арктики включает в себя три большие группы: Макробентос, включающий 60% видов, мейобентос - 34% и планктон - примерно 6%. Наши знания о планктонных организмах, имеющих более низкое разнообразие видов и более широкое распространение по сравнению с донными животными являются более полными. Различные донные группы изучены в разной степени. Изучение видового разнообразия началось с крупных организмов, и поэтому макробентос изучен гораздо лучше, чем мейобентосе. Такие группы мейобентоса как нематоды, турбеллярии, гарпактикоиды и остракоды изучены наименее удовлетворительно. При этом наиболее разнообразны в исследуемой области такие группы макрозообентоса как членистые, моллюски, черви, простейшие, щупальцевые и т.д. (рис. 1).

При оценках биоразнообразия наряду со сложными показателями часто используется так называемое «простое» биоразнообразие – количество таксонов (преимущественно видового ранга) в локальной или региональной фаунах. Как и многие другие, более сложные показатели, «простое» биоразнообразие сильно зависит от степени изученности и площади характеризуемого местообитания или района. Поэтому данный показатель в «чистом виде» отражает и само разнообразие, и уровень усилий, затраченных на получение

необходимой информации, и квалификацию исследователей, и физико-географические особенности исследуемого водного бассейна.

Настоящая диссертация нацелена на разработку проблемы многофакторной обусловленности биоразнообразия с использованием модельных построений при помощи специально разработанных математических функций и фрактального анализа существующей таксономической структуры фаун арктических морей [6]. Для этого выполнен анализ и проведена оцифровка имеющихся в ЗИН РАН материалов и опубликованных каталогов фаун арктических морей России. По собранным данным построены фрактальные модели, которые использованы для оценки теоретически предельного количества видов в локальных и региональных фаунах.

Цель работы: Оценить степень фаунистической изученности морского донного населения российской Арктики и спрогнозировать его потенциально возможное биоразнообразие.

Задачи работы:

Провести ревизию количеств основных таксонов в донной фауне морей российской Арктики и построить соответствующие фрактальные модели.

Дать заключение о теоретически возможных объемах фаун отдельных акваторий в современный период, и оценить работоспособность метода.

Подготовить рекомендации по интенсификации гидробиологических работ в определенных наименее изученных районах Арктики.

Глава 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение различных структур на протяжении почти всей истории биологии было связано с идеей иерархичной организации живой природы. По мере развития биологических наук, связывающих определенные структуры с определенными функциями, совершенствовалось и представление о существовании органического мира как совокупности связанных друг с другом процессов.

Данный подход означает рассмотрение различных биологических процессов не в изолированном виде, а в рамках определенных целостных систем. С этой точки зрения структура различного рода систем не есть результат случайного сочетания обособленных процессов, это закономерное следствие сети причинных отношений элементов, определяющей систему.

Требование системного подхода в биологии – изучение саморегулирующихся систем различных уровней как качественно особые образований и поиск объяснения их специфических особенностей в них самих, а не в системах других уровней. Однако это не значит, что различные структурные уровни не связаны друг с другом.

Для изучения флористическо-фаунистических («биотаксологических») систем необходимы количественные характеристики таксонов, как в рамках всей биосферы, так и в ее пределах естественных подструктур. В биологии накопился громадный объем сведений о важнейших свойствах отдельных видов животных и растений: размерам, строению и форме тела, численности, плодовитости, среде обитания, типу питания и т.д. Эта информация в большинстве случаев поддается количественной оценке, которая обычно и приводится в характеристиках отдельных видов в таксономических сводках.

Количественное сопоставление таксонов по их конкретным свойствам – достаточно сложная проблема, поскольку разнообразие организмов очень велико, и нелегко найти сопоставимые и измеримые свойства. Какими общими и сходными свойствами обладают, например, ящерица, моллюск и бакте-

рия? Понятно, что эти свойства должны быть достаточно общими и понятными. При этом обязательный статистический подход в современных исследованиях диктует дополнительное непереносимое условие: характеристики таксонов должны быть статистически значимыми. То есть данное сопоставимое и измеримое свойство должно быть известно для достаточного числа видов. И, наконец, чрезвычайно желательно, чтобы искомое свойство – признак, по которому сопоставляются таксоны, – было биологически важным. Такой признак, в какой – то степени, должен определять сущность сравниваемых объектов и сущность их отношений, а не быть случайной второстепенной характеристикой, как, например, окраска.

Если вся природа фрактальна, имеются ли у нее какие-либо предпочтения? Окружающий нас мир устроен по принципу самоподобия, когда сходство не полное, но достаточно значимое. Образы подобия присутствуют повсюду, и поэтому оно достаточно легко распознается.

Бесконечное дробление и подобие меньших частей целому – это есть одна из всеобщих основ мироздания. В настоящее время создано множество моделей, демонстрирующих этот принцип. Беспредельное деление на части, приблизительно похожие на исходное целое, называется фрактальностью.

Понятие фрактал (от лат. *fractus* – расколотый, раздробленный, состоящий из фрагментов) появилось в 1975 году благодаря французскому ученому Бенуа Мандельброту, который занимался самоподобными структурами. В его исследованиях использовались результаты других ученых, работавших в конце 19-го – начале 20-го веков в подобной области (Пуанкаре, Жюлиа, Кантор, Хаусдорф).

Базовое описание предмета фрактальности Б. Мандельброт изложил в книге «Фрактальная геометрия природы» [13]. Классическая геометрия не может описать форму: береговой линии, горы, древесной коры, молнии, облака и т.п. «Многие природные объекты настолько иррегулярны и фрагментированы, что по сравнению со стандартной геометрией Евклида природа

обладает не просто большей сложностью, а сложностью совершенно иного уровня».

Б. Мандельброт объясняет суть этого положения на примере оценки длины береговой линии или любой географической границы. С феноменом длины береговой линии он познакомился, изучая работу английского ученого Льюиса Ф. Ричардсона. Б. Мандельброт всесторонне проанализировал варианты измерений длины береговой линии с помощью разных инструментов и получил результат, который был весьма неожиданным и кардинальным образом изменил его научные представления.

Длина береговой линии Норвегии, например, зависит от длины инструмента, которым используется, чем короче мерная линейка, тем большее количество деталей охватывается измерением. Так какова же истинная длина береговой линии? Бесконечность, поскольку природные объекты могут дробиться бесконечно, и только по достижении атомарного уровня измерения подойдут к концу. Т. о. береговая линия – класс объектов, имеющих бесконечную длину в конечном пространстве. Это ничто иное как типичный фрактал.

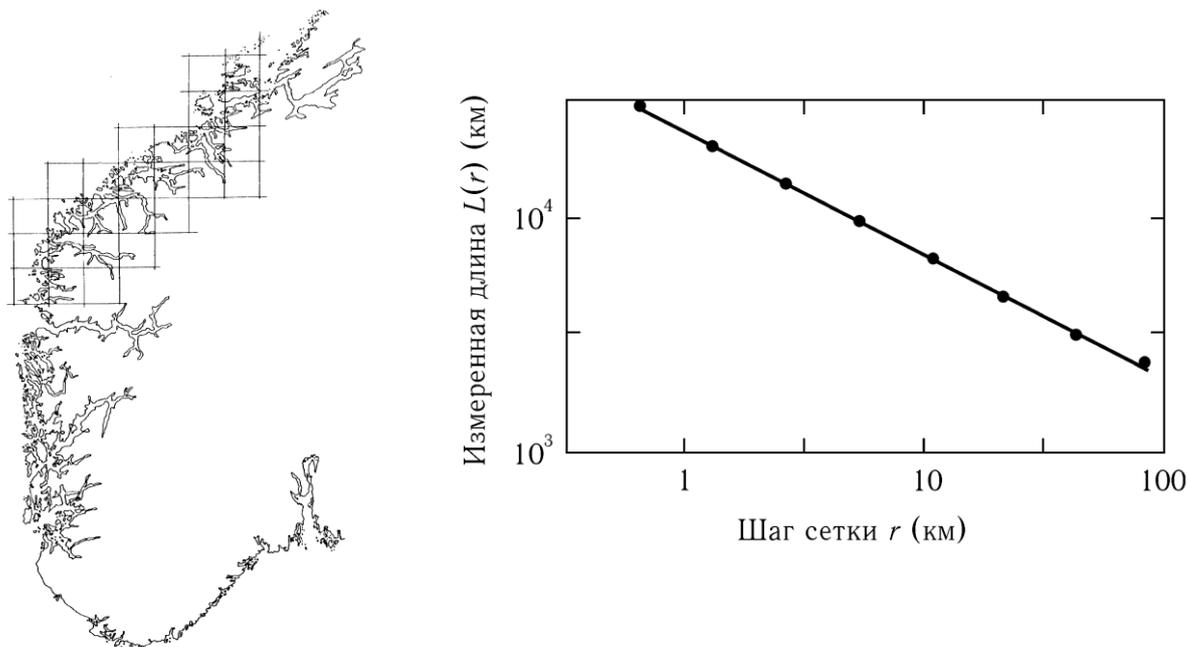


Рис. 2. Измеренная длина побережья Норвегии в зависимости от шага мерной сетки r

Количество видов в основных таксонах зообентоса арктических морей

Group	Total number of species	Number of species for each sea and central basin						
		White	Bar.	Kara	Lapt.	East Sib.	Chuk-chi	Cent. bas.
Gammaridea	549	180	337	278	259	170	191	109
Foraminifera	325	74	273	115	148	54	61	191
Polychaeta	469	173	347	175	143	124	182	73
Gastropoda	304	139	258	150	143	107	100	3
Bryozoa	325	129	273	184	128	103	109	1
Hydrozoa	156	83	138	86	76	67	54	56
Calanoida	130	19	40	33	70	28	42	78
Porifera	163	55	137	74	65	26	18	27
Bivalvia	140	41	96	57	57	54	74	19
Isopoda	102	8	43	38	45	26	13	42
Cumacea	59	12	38	32	38	26	27	9
Harpacticoida	206	110	141	31	31	39	2	53
Nemathelminthes	389	165	222	104	29	6	0	3
Ostracoda	248	93	143	14	23	17	72	52
Pycnogonida	39	16	31	26	21	5	14	0
Asciacea	57	24	45	22	21	16	14	0
Natantia	55	14	31	18	18	15	33	4
Mysidacea	33	6	21	12	17	9	10	13
Asteroidea	79	10	37	23	17	14	13	8
Anthozoa	55	10	45	15	11	6	17	7
Ophiuroidea	30	2	24	12	11	9	9	5
Holothuroidea	26	6	21	13	10	10	8	6
Ciliophora	324	212	133	49	8	9	4	1
Chaetognatha	13	5	10	8	8	10	11	10
Tanaidacea	12	1	10	5	7	4	0	7
Sipuncula	12	4	12	5	6	4	7	6
Cephalopoda	8	1	6	6	6	5	5	6
Pogonophora	9	0	3	0	6	0	0	6
Rotifera	16	6	12	6	5	0	0	0
Hyperidea	10	5	9	5	5	2	4	8
Scyphozoa	7	6	6	6	4	3	2	1
Cephalorhyncha	13	6	9	4	4	4	5	1
Caprellidea	13	3	6	6	4	4	3	1
Plathelminthes	134	85	105	0	3	3	1	0
Cladocera	4	4	3	3	3	3	2	0
Euphausiacea	7	2	6	3	3	3	4	3
Echinoidea	11	1	9	4	3	1	2	4
Crinoidea	4	0	3	3	3	1	1	3
Hirudinea	14	3	12	5	2	2	3	0
Cirripedia	13	3	7	4	2	3	3	0
Scaphopoda	2	0	0	2	2	2	2	0
Brachiopoda	9	6	1	2	2	1	2	4
Ctenophora	6	6	6	4	1	1	4	0
Nemertini	79	48	36	6	1	0	13	2
Echiura	2	0	2	0	1	0	2	0
Tardigrada	7	2	4	1	1	0	0	0
Aplacophora	23	6	20	7	1	1	0	4
Radiolaria	40	0	16	5	0	0	13	11
Oligochaeta	39	21	25	0	0	7	0	0
Acari	17	2	10	7	0	0	0	0
Leptostraca	1	1	1	0	0	0	1	0
Reptantia	14	3	8	1	0	4	7	0
Polyplacophora	8	3	6	2	0	3	4	0
Phoronida	1	1	0	0	0	0	0	0
Enteropneusta	1	1	1	0	0	0	0	0
Appendiculariae	2	0	2	0	0	0	0	0
Total	4784	1817	3245	1671	1472	1011	1168	837

Фракталы – это не только геометрические фигуры, но и количественные характеристики многих живых и неживых разноразмерных объектов. Они могут быть линейными и нелинейными. Линейные фракталы – это совокупности, описываемые линейными функциями – уравнениями первого порядка. Они демонстрируют самоподобие в самом «прямолинейном» виде: любая часть целого есть уменьшенная его точная копия.

Таксономическая структура различных фаун и флор также фрактальна [6], поэтому в настоящей работе анализ степени изученности основных таксонов донной фауны, превышающих для Арктики по своему объему 50 видов, в различных морях (табл. 2) выполнен с помощью степенных уравнений [6]:

$$S = a \cdot R^b,$$

где S – число таксонов ранга R , a и b – коэффициенты. Фактически формула позволяет вычислить предполагаемое количество таксонов нижестоящего уровня в локальных фаунах по количеству таксонов вышестоящего уровня при условии более или менее хорошо разработанной таксономической системы группы. Здесь должно быть понятно, что таксоны вышестоящего уровня регистрируются гораздо легче таксонов нижестоящего уровня, даже недостаточно квалифицированными таксономистами.

Физико-географическое описание конкретных морей и фоновое описание исследованных фаун этих морей взяты из доступных публикаций [35, 36, 37, 38].

Выявление предполагаемой регулярной структуры в объемах таксонов разных рангов осуществлено с помощью сопоставления их обилий в компьютерной программе «Minitab 16».

Глава 2. УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ЗООБЕНТОСА И КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ В ОСНОВНЫХ ТАКСОНАХ ДОННОЙ ФАУНЫ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Все наши шесть северных морей – Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское входят в состав Северного Ледовитого океана (рис. 3). По своей морфологии они представляют собой эпиконтинентальные водоемы, т. е., расположенные на материковой отмели. Глубже расположенные материковые ступени опускаются до 400-500 м. Центральная часть Северного Ледовитого океана занята глубокой впадиной с круто поднимающимися склонами и глубинами до 5180 м.

Общая площадь Северного Ледовитого океана около 13 млн. кв. км, а центральная глубинная часть 4,9 млн. кв. км.

Наиболее характерная особенность Полярного бассейна – это плавучие льды, сохраняющиеся на большей части его поверхности в течение целого года, и низкая температура воды. Подавляющая масса вод, а придонные слои почти на всей площади бассейна в течение всего года сохраняют температуру 1,5 – 1,8° ниже нуля. Только в южной и юго-западной части Баренцева моря, в поверхностных слоях Белого моря, вдоль побережий и в южной части Чукотского моря имеет место более или менее значительный прогрев вод, но и тут температура выше 8-12° редкость.

Ледовый режим коренным образом воздействует на распределение и развитие жизни в этих арктических водоемах, на развертывающиеся в них явления биологической продуктивности и на промысловые их богатства. Многие из морских водоемов претерпевали в течение четвертичного времени столь резкие изменения, как Северный Ледовитый океан. Изменялась глубина окраинных водоемов, вплоть до полного их обсыхания, или наоборот, моря наступали на сушу и покрывали значительную ее часть, и колебания уровня моря имели амплитуду до 800-900 м. В конце плиоцена море значительно наступило на сушу, что повторилось и в конце ледниковой эпохи, в силу таяния громадных масс льда.

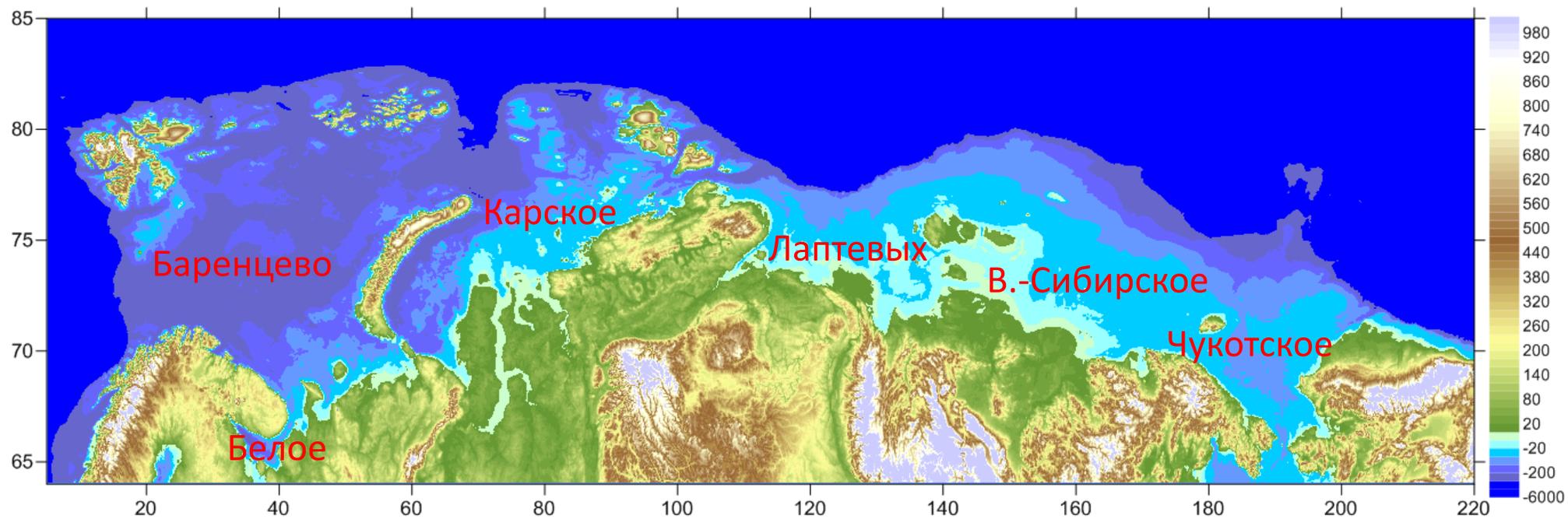


Рис. 3. Моря российской Арктики

Перед самой ледниковой эпохой море отступила настолько, и климат менялся настолько, что и Баренцево море, и наши краевые сибирские моря стали сушей, а берег моря ушел далеко на север.

Колебания уровня моря и связанные с этим колебания режима сильно отразились на фауне моря. Одновременно с колебаниями моря происходили и изменения климата. То он становился крайне суровым, то климат менялся в сторону потепления, масса льдов таивала, открывались свободные от льдов поверхности моря, жизнь становилась разнообразнее и богаче. Значительное потепление отмечается в плиоцене, когда уровень воды стоял высоко. Северный Ледовитый океан гораздо шире сообщался с Атлантическим, и с Тихим океанами, и гораздо сильнее шел обмен между их фаунами, менее значительное потепление было и в послеледниковое время, 6-8 тысяч лет назад.

2.1 Баренцево море

Баренцево море представляет собой как бы плацдарм между первой и второй линиями укреплений, которыми Арктика и ее наследие отгорожены от теплых атлантических вод. На севере ограничено архипелагом Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа, на востоке – Новой Землей. На западе границей моря служит склон к большим глубинам Гренландского моря.

В этих границах площадь Баренцева моря составляет 1 405 000 км². Средняя глубина моря 229 м, а объем 322 000 км³. Глубины свыше 400 м редки и встречаются в западной и северо-восточной частях моря, прилежащих к большим глубинам Гренландского моря и Арктического бассейна.

Теплые атлантические воды, увлекающие за собой на север и северо-восток бореальную фауну, обогревают побережья северо-западной и северной Европы и отвоевывают у Арктики значительную ее часть. Отепляющий эффект атлантических вод невероятно велик вследствие очень высоких показателей теплоемкости воды по сравнению с воздухом.

В северной и юго-восточной частях Баренцева моря уже преобладают холодные арктические воды. Самое удивительное это то, что именно здесь,

где непрерывно идет борьба теплых и холодных вод Баренцева моря, расцветает жизнь и создаются обильные запасы питательных ресурсов, привлекающие из северной Атлантики на летний откорм миллионы промысловой рыбы.

Более теплая атлантическая вода, так называемая Нордкапская ветвь, входит в Баренцево море, огибая северную оконечность Европы, и соответственно рельефу дна моря образует целую систему циклонических вращений вод, причем 76% всей входящей с запада воды, не успев проникнуть далеко вглубь Баренцева моря, поворачивает вспять и уходит обратно. Таким образом, если в одни сутки в Баренцево море, между Нордкапом и о. Медвежий, входит с запада около 150 куб. км более теплой воды, то около 100 куб. км, завернув сначала на север, а затем на запад, уходит обратно. Остальные воды проникают дальше, но в конечном счете также вовлекаются в круговые течения и так же уходят на запад. Лишь совершенно в ничтожной степени попадают они в Карское море, через Карские Ворота, огибая с севера Новую Землю. Эти два течения, как они ни слабы, существенно влияют на режим Карского моря и его фауну.

Вследствие циклонического вращения баренцевоморских вод температурный режим моря испытывает довольно сильные изменения с продвижением из юго-западной части в северо-восточную.

Только у берегов, в заливах и губах температура в летнее время может подниматься до 12-14-16°. Но в западной части моря вода прогрета сверху донизу, в средних частях его только в верхнем слое в 25-40 м, а внизу сохраняет отрицательную температуру, в северной же и северо-восточной частях даже в летнее время вся толща моря часто сохраняет низкую отрицательную температуру.

Таким образом, едва ли восьмая часть Баренцева моря в придонном слое может иметь положительную температуру.

Что касается солености, то она близка к океанической и не претерпевает существенных изменений в разных частях моря. В зимнее время северная и восточная части Баренцева моря покрываются плавучими льдами. Летом

они обычно освобождаются от льдов, а юго-западная часть моря свободна от них в течение всего года.

Как уже говорилось, течения в Баренцевом море имеют кольцевой характер, - они приходят с запада, храня большой запас тепла, захватывают большую или меньшую часть моря и уходят обратно на запад. В этом вращении они замедляют свой ход и охлаждаются. Обратно уходят уже не теплые атлантические воды, а охлажденные баренцевоморские. Своих вод Баренцево море, вероятно, не имеет, - все это воды, пришедшие в Баренцево море, пробывшие в нем более или менее длительное время и за эти 2-3 года немножко опресненные и сильно охлажденные. Вот тут и возникает то явление, которое обычно в морях обуславливает богатую продуктивность, - явление вертикальной циркуляции. По мере охлаждения полносоленые атлантические воды, как более плотные, опускаются вниз и несут с собой из вертикальных горизонтов в глубины кислород, а те воды, которые взамен их поднимаются на поверхность, выносят снизу питательные соли, необходимые растительным организмам планктона для развития.

Чем лучше воды перемешиваются, тем, при всех прочих равных условиях, обильнее в этом водоеме будет жизнь. Особенно сильно идет вертикальная циркуляция зимой, когда быстрее охлаждаются поверхностные воды, а образование льдов, кроме того, еще повышает соленость, т. е., удельный вес поверхностной воды.

Фауна Баренцева моря, несмотря на почти полное выпадение ряда групп, характерных для более теплых морей, дает большое количественное разнообразие и обилие, главным образом за счет двустворчатых и брюхоногих моллюсков, полихет, иглокожих, низших и высших ракообразных, губок, гидроидов, мшанок, асцидий и фораминифер.

Общее количество животных, населяющих Баренцево море не меньше 2500.

Животное население дна. Зообентос Баренцева моря насчитывает более 1500 видов, главным образом корненожек, губок, кишечнополостных, червей, ракообразных, моллюсков, иглокожих и оболочниковых (табл. 3).

Таблица 3

Количество видов зообентоса Баренцева моря [11]

Группа	Количество видов	Группа	Количество видов
Фораминиферы	190	Моллюски	224
Губки	135	Иглокожие	62
Кишечнополостные	110	Оболочниковые	50
Полихеты	150	Другие	165
Мшанки	200		
Ракообразные	226	Всего	1536
Многоколенчатые	24		

С глубиной в распределении трех основных групп бентоса Баренцева моря можно наблюдать существенные отличия. Двустворчатые моллюски резко убывают с глубиной, количество иглокожих, наоборот, возрастает, количество полихет остается без существенных изменений. Большие количественные исследования проводившиеся в течение 10 лет, дают возможность наметить девять основных биоценозов донной фауны Баренцева моря и около 40 их вторичных вариантов. Нужно иметь в виду, что эти данные, полученные при помощи дночерпателя, не дают достаточно полной картины в отношении эпифауны и действительное биоценотическое разнообразие ее должно быть больше. Однако в Баренцевом море, где мягкие грунты, а стало быть и инфауна, имеют резкое преобладание, такого типа данные можно считать достаточно удовлетворительными.

В самой юго-западной части моря, находящейся под значительным воздействием более теплолюбивой атлантической фауны, на мелководьях, прилежащих к матерiku, наблюдается значительное биоценотическое разнообразие. По данным З. Филатовой [20], население прибрежных песчанисто-

каменистых грунтов небольших глубин (60—100 м) вдоль Западного и Восточного Финмаркена показывает, по мере продвижения на восток, выпадение бореальных форм и замещение их арктическими. Пышное развитие получает здесь эпифауна, состоящая из различных планктофагов. К западу от Нордкапа наблюдается массовое развитие тепловодных форм: мшанок *Hornera lichenoides*, *Idmonea atlantica*, *Flustra foliacea*, мягкого коралла *Eunephthya*, полихет *Placostegus tridentatus*, *Hydroides norvegica*, *Eunice norvegica*, *Pista cristata* и *Goniada maculata*. Очень типичны бореальные формы иглокожих и особенно ежи *Echinus esculentus*, *Spatangus raschi*, *Brisaster fragilis*, *Echinocyamus pusillus*, *Echinocardium flavescens*. Из моллюсков можно указать *Astarte sulcata*, *Pecten auratus*, *Mactra elliptica*, *Cardium fasciatum*, *Gibbula tumida*, *Trichotropis conica* и других, из плеченогих *Waldheimia cranium*.

К востоку от Нордкапа заметна значительная убыль бореальных форм и замена их викарирующими формами из более холодноводной фауны. Вместо указанных выше сидячих полихет здесь начинают преобладать *Protula media*, *Filigrana implexa*, *Pseudopotamilla reniformis*, *Potamilla neglecta*; *Waldheimia cranium* замещается в основном *Terebratulina septentrionalis* и *Rhynchonella psittacea*. Из тепловодных ежей сохраняются еще *Brisaster fragilis* и *Echinus esculentus*, из моллюсков начинают преобладать *Astarte montagui* и *Saxicava arctica*.

Ряд бореальных видов к востоку от Нордкапа встречается в большом количестве в виде отмерших раковин.

Среди мелководных (не глубже 80—100 м) бентических группировок сублиторали Мурманского моря большой интерес представляет биоценоз крупных двустворчатых моллюсков *Modiola modiolus* — *Pecten islandicus* или *Mactra elliptica*, носящий ясно выраженный северо-бореальный «характер и в последние годы в результате потепления получивший на Мурмане весьма значительное развитие.

Оба варианта этого биоценоза идут далеко на юг в северную Атлантику

и широко распространены в Северном море, у побережий Норвегии, Исландии и Фарерских островов.

Наибольшего развития они достигают в датских водах и у Исландии и Фарерских островов. К северу и востоку этот биоценоз беднеет и качественно и количественно. У Мурманского побережья он находится у края своего ареала и в восточных и северных частях Баренцева моря отсутствует.

Сходное распространение и изменение с продвижением на восток, по данным В.И. Зацепина [9], дает и второй вариант этого биоценоза — сообщество *Macra elliptica*. Это сообщество не идет, как предыдущие, на восток до Святого Носа, а распространено только на западной и отчасти центральной частях Мурманского побережья, но встречается также на крупнозернистых песках и мелком гравии.

Если предыдущий вариант биоценоза в основной массе состоял из эпифауно-сестоноядных форм, то сообщество *Macra elliptica* в основном представлено инфауно-грунтоядными¹ формами. Кроме *Macra elliptica*, в нем существенную роль играют двустворчатые моллюски *Astarte borealis*, *A. banksii* и *Cyprina islandica*, полихеты *Omiphis conchylega* и *Thelepus cincinnatus* и др.

Среди биоценозов, свойственных мурманским прибрежным водам, можно выделить еще несколько северо-бореальных, с характером распространения, сходным с таковым у двух вышеназванных сообществ. Это биоценозы *Cyprina islandica*, *Pseudopotamilla reniformis*, *Brisaster fragilis*, *Waldheimia cranium* и др.

На больших глубинах (150—350 м), на слабо заиленном песчанистом грунте с камнями, обильное развитие получает биоценоз плеченогого *Waldheimia cranium*, тянущийся на восток почти до п-ова Рыбачий.

Рассмотренный выше биоценоз в разных местах к западу, к северу и на востоке переходит в биоценоз губок, составляющих нередко 95—98% общей биомассы бентоса. По мере продвижения с запада на восток и в этом биоценозе наблюдается смена более теплолюбивых форм менее теплолюбивыми.

Скопления губок можно встретить повсюду вдоль Финмарке- на и Мурмана на смешанных каменистых грунтах. На участках дна, занятых этим биоценозом, весьма затрудняется работа траулеров, так как губки набиваются в трал иногда по несколько тонн и портят рыбу. С другой стороны, громадное количество спикул отмерших губок в таком количестве примешивается к грунту, что грунт делается почти совершенно непригодным для обитания инфауны и представляет собой после небольшой промывки сплошной войлок из спикул (кремнегубковые грунты). Массовое развитие губок подавляет также развитие и других представителей эпифауны, так как губки как мощные фильтраторы в первую очередь выбирают из воды питательные вещества (детрит и планктон, а возможно, и растворенные органические вещества). Б. Мантейфель [14] высказал предположение, что значительным источником пищи для губок у побережий Финмаркена и западного Мурмана, обуславливающим здесь их пышное развитие, может быть тепловодный планктон, приносимый с запада и подверженный у входа в Баренцево море массовой гибели.

Наиболее массовые формы губок: *Geodia baretii*, *Graniella cranium* и *Thenea muricata*. Интересно отметить, что эти губки обычно лежат свободно на грунте и поэтому могут получать массовое развитие на сравнительно мягких грунтах (песок и илистый песок). Многие формы, массовые в предыдущем биоценозе, здесь имеют второстепенное значение (*Waldheimia*, *Retepora*, *Placostegus*, *Eunice*, *Asychis* и др.). Кроме того, в числе характерных форм здесь можно отметить *Astarte crenata*, *Nephtys caeca*, *Ophiacantha bidentata*, *Maldane sarsi*, *Lumbr conereis fragilis*, *Ophiura, sarsi* и ряд звезд — *Ceramaster*, *Leptychaster*, *Henricia* и др.

Дальше на восток, на мелководье Рыбачьего полуострова, еще сильнее ощущается примесь холодноводных форм таких типичных обитателей Баренцева моря, как *Myriochele oculata*, *Macoma calcarea*, *Spiochaetopterus typicus* и др.

Описанные выше биоценозы *Waldheimia* и *Spongia* на севере переходят в биоценоз *Brisaster fragilis*, расположенный на глубинах 200-300 м, на или-

сто-песчанистых грунтах с массой домиков корненожек *Astrorhiza* и *Rhabdammina*. Из характерных форм можно указать на моллюсков *Astarte crenata*; из иглокожих — *Ctenodiscus crispatus*, *Leptychaster arcticus*, *Ophiura sarsi*, *Trochostoma boreale*; из полихет — *Asychis biceps*, *Myriochele oculata*, *Owenia assimilis*, *Spiochaetopterus typicus*, *Praxilella praetermissa*; из ракообразных — *Pandalus borealis* и *Hyas coarctatus* и из плеченогих — *Waldheimia cranium* и *Terebratulina caput-serpentis*.

Обширное Шпицбергенское мелководье, тянущееся на юг до 74° с. ш., в своей центральной части и особенно между островами Медвежьим и Надежды, имеет глубины менее 50 м и покрыто жесткими грунтами. Участки, покрытые чисто промытыми галькой и россыпями битой ракуши и обломками баланусов с незначительной примесью песка, крайне неблагоприятны для развития жизни. Население состоит из мелких двустворчатых и брюхоногих моллюсков, полихет и ракообразных. В районах с более мелким грунтом поселяется довольно обильная эпифауна, дающая иногда сотни и даже тысячи грамм; на квадратный метр, главным образом за счет *Cucumaria frondosa*, *Strongylocentrotus droebachiensis*, *Balanus balanus* и *Alcyonidium gelatinosum*. Из инфауны выделяется по биомассе только *Cyprina islandica*. На илистопесчанистых и песчанисто-илистых грунтах, окружающих с востока и юга Шпицбергенское мелководье, обитает фауна, описанная уже выше в других биоценозах.

Тянущиеся с северо-запада биоценозы *Spongia* и *Brisaster* сменяются комплексами, свойственными Западному Атлантическому желобу, имеющему глубину 400 м и более и заполненному мягкими илами с огромным количеством домиков фораминиферы *Rhabdammina abyssorum*. Население Западного желоба представляет собой переход от биоценозов *Spongia* и *Brisaster* к типичным центрально-баренцевоморским нижнеарктическим биоценозам.

В северной части желоба, прилежащей к Медвежинскому мелководью и имеющей воды с низкой температурой, большое развитие получают формы, типичные для средних частей Баренцева моря — *Spiochaetopterus typicus*,

Maldane sarsi, *Ctenodiscus crispatus*, *Astarte crenata* и *Arca glacialis*. В южной части желоба воды теплее и преобладание получают тепловодные *Asychis biceps*, *Area pectunculoides*, *Pecten imbrifer*, *Dentalium striolatum* и др.

В северной части Западного желоба и к востоку от биоценоза Brisas-ter в полную силу вступает среднебаренцевоморский бентический биоценоз, залегающий главным образом на песчанистом иле, в меньшей степени на иле и илистом песке, на глубинах от 100 до 350 м.

Руководящие формы этого биоценоза: полихета *Spiochaetopterus typicus*, сипункулида *Phascolosoma margaritaceum*, моллюски *Astarte crenata* и *Arca glacialis*, иглокожие *Ctenodiscus crispatus* и *Psolus phantapus*. Этот многообразный биоценоз, занимающий громадную площадь, может быть подразделен на 10 вариантов, различающихся комбинацией приведенных форм, иногда выпадением ряда форм, однако сохраняет при этом внутреннее единство.

На востоке и юго-востоке по Приновоземельскому мелководью и в Печорском районе, широкой полосой опоясывая предыдущий биоценоз, на илистых песках небольших глубин (50¹—250 м) залегает биоценоз с резким преобладанием двустворчатых моллюсков. Руководящие формы здесь из моллюсков: *Astarte borealis*, *A. montagui*, *Macoma calcarea*, *Cardium ciliatum*, *Yoldia hyperborea*, *Serripes groenlandicus*, из полихет *Pectinaria hyperborea*, *Maldane sarsi*, из иглокожих *Ophiopholis aculeata** и *Strongylocentrotus droebachiensis*. Среди характерных форм этого «биоценоза» есть ряд руководящих форм среднебаренцевоморского биоценоза. Данный биоценоз также может быть подразделен на 9 вариантов. Среди них особенно уклоняются от среднего типа группировка к востоку от о-ва Колгуева на илистом песке небольших глубин (50—70 м) с резким преобладанием *Pectinaria hyperborea* и *Yoldia hyperborea* и группировка в Приновоземельском желобе на илистых грунтах и глубине 150—200 м. Этот желоб дает приют мощной популяции реликтового моллюска *Portlandia arctica*.

На прибрежных песках восточной и юго-восточной частей моря и на

мелководьях открытых частей моря (Гусиная банка, Канинское мелководье) на глубине 9—110 м обитает биоценоз жестких грунтов, главным- образом разных типов песка, от слабозаиленного до крупнозернистого. Этот биоценоз дает значительную примесь мелководных высокоарктических форм и наполовину состоит из эпифауны. Руководящие формы из моллюсков — *Astarte borealis*, *Macoma calcarea* и *Serripes groenlandicus*, из асцидий — *Pelonaja corrugata*, из ракообразных — *Euragurus pubescens* и *Balanus*, из иглокожих — *Strongylocentrotus*.

Своеобразный облик имеет фауна жестких грунтов в Чешской губе. Руководящие формы здесь *Mytilus edulis* и *Balanus crenatus*. Особенно интересно массовое опускание в сублитораль такой типичной литоральной формы, как мидия.

Северная часть Баренцева моря и центральная Карского, с мягкими коричневыми илами и глубиной 200—450 м заняты биоценозом с большой примесью высокоарктических форм. Руководящие формы: *Astarte crenata* и *Ophiopleura borealis*. Девять рассмотренных биоценозов, конечно, не исчерпывают биоценотического разнообразия открытых частей Баренцева моря, особенно в отношении эпифауны.

По материалам 2001 г. [27] количество видов зообентоса, обитающих в Баренцевом море насчитывает 3252 вида (рис. 4).

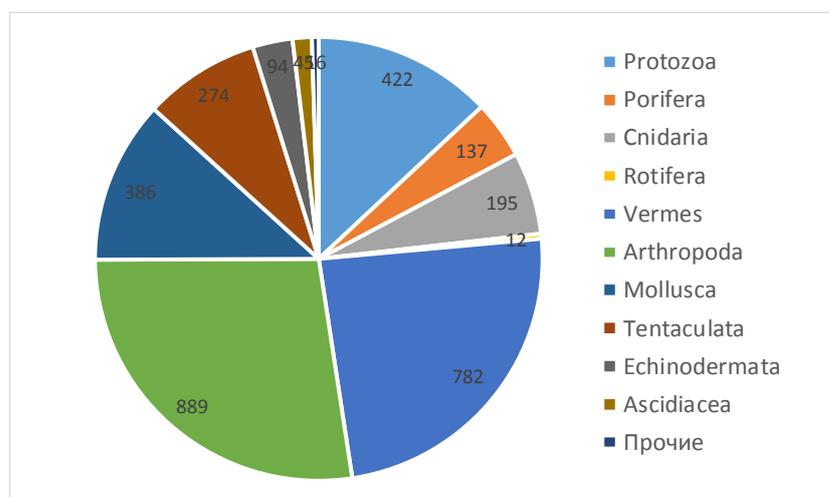


Рис.4. Количество видов зообентоса Баренцева моря по материалам 2001 г.

Зоогеографический анализ Баренцева моря показывает, что основная центральная часть моря должна относиться к нижнеарктической подобласти арктической области. Самая юго-западная часть моря, наиболее обогреваемая теплыми атлантическими водами, с придонной температурой выше $+1^{\circ}$ должна быть отнесена по составу фауны к бореальной области.

С другой стороны, самая северная часть моря и прилежащий к Карским Воротам небольшой участок Баренцева моря, характеризующиеся суровыми температурным режимом и плавучими льдами в течение длительного периода, должны быть отнесены уже к высокоарктической подобласти арктической области наряду с Карским морем.

2.2 Белое море

Поверхность Белого моря - 90000 кв. км, объем 8000 куб. км. Наибольшая глубина моря 330 м, а средняя – 89 м.

Белое море соединяется с Баренцевым широким (50 – 100 – 170 км) и сравнительно мелким (20 – 40 – 100 м) проливом, называемым в наружной части Воронкой, а во внутренней Горлом. Таким образом глубинная часть Белого моря (глубже 100 м) представляет собой впадину, обособленную от открытого моря.

Белое море принимает в себя большое количество пресной воды Северной Двины, Онеги и многих других рек и вследствие недостаточного обмена водами через пролив с Баренцевым морем имеет пониженную соленость. Поверхностные слои моря имеют соленость 25-26‰; глубинные 30-31‰. Таким образом, разница в солености между верхним и нижними слоями воды довольно значительная.

Вследствие того, что Белое море глубоко вдается в материк, режим его носит континентальный облик – зимой оно подвергается гораздо большему охлаждению, чем Баренцево море, а летом в поверхностном слое – большему прогреву.

С другой стороны, вследствие изолированности глубинной части моря температура и соленость ее вод подвержены малым колебаниям и способны сохранять неизменность в течение длительных периодов времени.

В зимнее время поверхность Белого моря покрывается льдами на 6-7 месяцев. Сплошные льды образуются только у берегов, в заливах и губах. Открытые части моря бывают покрыты плавучими льдами, часть которых все время выносится течением из Белого моря в Баренцево.

Таким образом, поверхностные воды Белого моря летом теплее южной части Баренцева, а в зимнее – холоднее, в результате чего в нем одновременно обитают и более тепловодные и более холодноводные формы, чем в прилегающей части Баренцева моря, в холодных же глубинных слоях моря сохраняется высокоарктическая фауна. С другой стороны, существенное значение для формирования флоры и фауны имеет пониженная соленость беломорской воды, кладущая предел проникновению многих форм из Баренцева моря.

Опресненные поверхностные воды Белого моря вдоль восточного его берега сливаются через Горло в Баренцево море, из которого по западной стороне идут внутрь Белого моря более соленые воды. Наличие этих течений хорошо заметно на распространении двух массовых форм планктона – баренцевоморского калянуса и беломорских инфузорий. Одна все время вносится в Белое море, другая выносится из него.

Внутри самого моря имеется система кольцевого течения, направленного против часовой стрелки.

В фауне Белого моря в наше время существуют и виды теплолюбивые, и те, которые характерны для более холодных арктических условий. Это обусловлено тем, что после ледникового периода в верхних слоях моря обитатели сменились более теплолюбивыми, а придонные сохранились, благодаря тому, что на дне и в теплые времена всегда сохранялись низкие температуры. Так, замечательным образом, Белое море в нынешнее время сохраняет в себе одновременно и холодноводные и тепловодные реликты, приобретая тем самым двуликий характер. Реликтами (остатками) в биогеографии называют

такие формы, которые имеют ограниченный, по сравнению с прошлым, ареал распространения, или оторваны от современного ареала.

За немногими исключениями, фауна Белого моря представляют собой чрезвычайное сходство с флорой и фауной Баренцева моря и являются как бы производными от них. Основное отличие заключается в относительной бедности населения Белого моря по качественному разнообразию. Оно составляет по количеству видов для различных групп 40-80% от флоры и фауны Баренцева моря. Наибольшая убыль видов наблюдается на фауне.

Основная причина этой убыли – понижение солености Белого моря по сравнению с Баренцевым.

Животное население дна. Донная фауна в два раза беднее баренцевоморской по числу видов, рыб же здесь всего 53 вида против 148 в Баренцевом море. При этом в Белом море отсутствуют многие самые обычные и массовые формы Баренцева моря и среди них представители и более теплолюбивой, более холоднолюбивой фауны.

То, что препятствием к проникновению в Белое море служит в основном понижение солености, видно из того, что подобное же обеднение фауны наблюдается и с переходом из Северного моря в Балтийское и с переходом из Средиземного моря в Черное. Так, при переходе из Северного моря в проливы и при падении солености с 35 до 27-28‰ также происходит резкая качественная убыль фауны с 1500 до 1000 видов.

Фауна Средиземного моря с переходом в Черное море, т. е. с солености 37 до 18‰, качественно беднеет в 4-5 раз. Этот вывод можно сделать и потому, что группы, особенно чувствительные к изменению солености испытывают и большее обеднение. Так, например, из 62 видов Баренцева моря проникают только 22 вида, из 4 видов плеченогих только 1, из 20 видов класса антозоев только 2 и т. д.

Препятствием проникновению баренцевоморской фауны в Белое море служит, конечно, и суровый зимний режим Белого моря, но в меньшей сте-

пени, чем пониженная соленость. Всего в 1956 г. для зообентоса Белого моря было известно 930 видов (табл.4).

Таблица 4

Количество видов зообентоса Баренцева моря [11]

Группа	Число видов	Группа	Число видов
Foraminifera	91	Nemertini	30
Spongia (Cornacuspongia)	31	Polychaeta	135
Hydrozoa	81	Oligochaeta	11
Anthozoa	1	Sipunculoidea	2
Terbellaria	25	Cirripedia	5
Nematodes	?	Ostracoda	25
Priapulioidea	2	Harpacticoida	48
Cumacea	12	Gastropoda	86
Amphipoda	92	Bryozoan	131
Isopoda	9	Brachiopoda	1
Decapoda	13	Echinodermata	22
Pantopoda	18	Ascidiae	28
Amphineura	4	Entoropneusta	2
Lamellibranchiate	38	Всего	931

Более 50 форм фитопланктона, около 50 форм зоопланктона, около 40 форм макрофитов и свыше 125 форм зообентоса смежных частей Баренцева моря отсутствуют в Белом море и среди них много самых обычных форм Баренцева моря.

В Белом море на литорали за немногими исключениями весь основной набор мурманских литоральных форм со всеми свойственными им особенностями и с тем же характером распределения. Нет только того пышного развития и количественного обилия, как на Мурмане.

Если летом температура, воздуха, воды и грунтов литорали в Белом море выше, чем на Мурмане, то зимой наоборот, температурные условия бо-

лее суровые. На много месяцев верхний слой литорали замерзает и покрывается толстой ледяной коркой и нагромождениями льдин. Фауна литорали на зиму, так же, как и на Мурмане, частично уходит в сублитораль, частью закапывается поглубже и погружается в состояние покоя, но в основной части остается на литорали и сохраняет жизнедеятельность.

Очень большое своеобразие беломорской литорали придают лужайки карликовой zostеры, поселяющейся на более низких и влажных участках литорали, обычно остающихся покрытыми водой и во время отлива.

В верхней части литорали можно найти все те формы, которые населяют и супралитораль, и к ним добавляются наиболее выносливые обитатели литорали – мидия и литорина.

В средних и нижних горизонтах литорали имеются все главные представители мурманской литорали: баланусы, литорины, мидии; близко к урезу воды – массы морских звезд и актиний, а под камнями бокоплавов.

В песчаных и илистых грунтах литорали поселяются пескожилы, макомы, миа, однако все они в меньшем количестве, чем на Мурмане.

Сублиторальная фауна в Белом море заселяет более высокий горизонт, нежели в Баренцевом море, т.е. ее нижняя граница значительно перемещена вверх. В Кольском заливе сублиторальная фауна доходит до глубин 200 – 250 м, а в Белом море только до 150 м. Глубже водорослей уже нет и обитает псевдоабиссальная фауна. Красные водоросли, многие губки, мшанки, гидроиды и др., характерные в Баренцевом море для нижних горизонтов сублиторали, в Белом море перемещаются в верхние ее горизонты.

Таким образом, в верхнем горизонте сублиторали (0 – 45 м) смешаны многие формы, характерные в Баренцевом море для литорали и для нижнего горизонта сублиторали.

Так же, как и в Баренцевом море, для верхнего горизонта сублиторальной зоны (0 – 10 м) характерны заросли ламинарий с их разнообразной фауной.

В верхнем горизонте сублиторали, кроме ламинарий, столь же характерны на глубине нескольких метров (до 5-6) обильные заросли zostеры бурой водоросли хорды, и в этих зарослях смесь таких литоральных форм, как черви-пескожилы, приапуплюс, галикриптус, моллюски-мидия, литорины и макома, с типично сублиторальными червями, иглокожими и моллюсками. Очень характерными компонентами данного горизонта в Белом море являются встречающиеся здесь в изобилии люцернории. Эта зона после литорали наиболее обильна жизнью в качественном, и в количественном отношении. Моллюски, иглокожие, черви и ракообразные, гидроиды, мшанки сидят, прикрепившись к водорослям и камням, плавают и ползают среди них и роются в грунте.

Глубже зоны zostеры и ламинарий (10 – 45 м) преобладают красные водоросли филлофора, анфельция, родимения, делессерия и др. также со свойственной им фауной.

Нижний отдел сублиторали характерен в Белом море резким преобладанием илистых грунтов с редко разбросанными каменистыми участками, заселенными различными красными водорослями с фауной губок и мшанок.

Главным же образом в этой зоне преобладает грунтовая фауна моллюсков, червей и иглокожих. Особенно много здесь двустворчатых моллюсков (астарте, иольдия, леда, макома).

Глубже 50 м центральная часть Белого моря охвачена кольцевидно расположенными зонами с соответствующей им фауной. самая глубинная часть моря (глубже 150 м), заселенная псевдоабиссальной фауной, находится уже за пределами зоны водорослей и занята наиболее бедной, и количественно и качественно фауной (рис. 5). Этой зоне свойственны постоянно низкая температура около - 1°,5, соленость 30‰ и ничтожное количество света.

В мелководных и сильно опресненных участках побережья, близ устьев рек, на небольшой глубине повсеместно в Белом море обнаруживается солонатоводный комплекс в основном с реликтовой фауной. Здесь всегда можно найти и морского таракана, и балтийскую макому, и бокоплава понтопо-

рейю, и другие подобные формы. Самая глубинная часть моря заселена формами высокоарктического происхождения.

Как уже указывалось, фауна Белого моря в зоогеографическом отношении неоднородна. В вертикальном направлении море представляется как бы трехслойным.

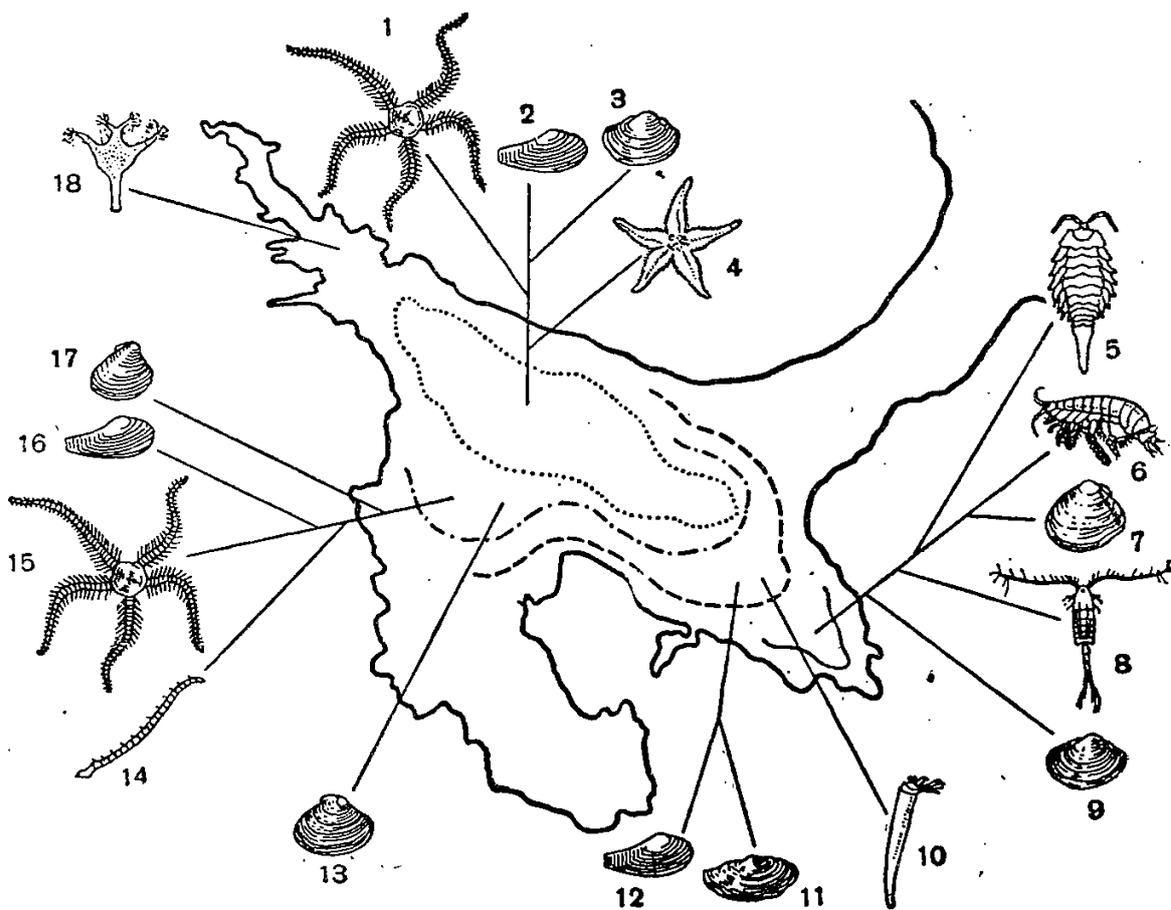


Рис. 5. Кольцеобразное распределение донных животных в Белом море [10]: 2, 12, 16, - *Leda pernula*; 1, 15 - *Ophiocantha bidentate*; 3, 9 - *Portlandia arctica*; 4 - *Asterias*; 5 - *Mesidothea entomon*; 6 - *Pontoporeia affinis*; 7 - *Macoma baltica*; 8 - *Limnocalanus macrurus*; 10 - *Pectinaria hyperborea*; 11 - *Yoldia hyperborea*; 13 - *Astarte borealis*; 14 - *Maldane sarsi*; 17 - *Astarte montagui*; 18 - *Lucernaria*

В литоральной зоне, сильно прогреваемой летом и сохраняющей тепло в грунте на глубине 20 – 30 см, преобладают бореальная флора и фауна. С увеличением глубины количество арктических форм становится все больше и

больше, и, наконец, псевдоабиссаль моря заселена фауной, имеющей ясно выраженный высокоарктический характер.

Если взять донную фауну Белого моря в целом, то большинство существенных составляющих ее групп наполовину состоит из арктических форм.

Однако для отдельных групп процент арктических форм поднимается до 70% (например, десятиногие ракообразные) и даже до 86% (иглокожие).

Многие из этих арктических форм очень характерны для Белого моря, получают в нем массовое развитие и одновременно известны для наиболее холодных участков Баренцева моря.

Процент бореальных форм для разных групп фауны составляет 11,5 – 23%, многие из них в настоящее время оторваны от своего основного ареала и представляют собой тепловодные реликты.

Очень хорошим примером распространения холодноводной и тепловодной форм в Белом море могут быть звезда *Asterias lincri* и офиура *Ophiopholis aculeate*. Первая заселяет холодные глубины, вторая – прогреваемые летом мелководья.

По последним данным [27] в Белом море обитает более 1800 видов зообентоса (рис. 6).

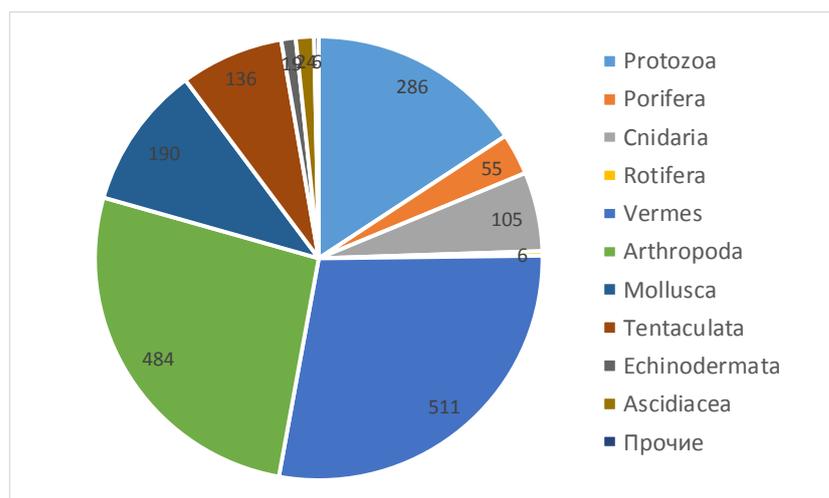


Рис.6. Количество видов зообентоса Белого моря по материалам 2001 г.

Белое море значительно уступает Баренцеву в отношении биологической продуктивности, что является следствием суровой и длинной зимы в

верхних горизонтах моря, а в более глубоких (глубже 50 м) – постоянной температуры ниже нуля.

В силу указанных причин процессы роста идут медленно и пищевые ресурсы не отличаются богатством. Количественное обеднение фауны Белого моря получает выражение и в сублиторальном, и в псевдоабиссальном бентосе. Средняя биомасса бентоса Баренцева моря около 100 г/м², а Белого – всего 20 г/м². Это количественное обеднение сказывается не только на суммарной биомассе, но и на среднем весе и размерах тела отдельных экземпляров очень многих наиболее характерных и массовых форм.

2.3 Карское море

Карским морем начинается ряд высокоарктических эпиконтинентальных водоемов, прилежащих с севера к побережьям Сибири. Оно простирается с запада на восток от 56° до 105° в. д. и с юга на север от 68° примерно до 81° с. ш. Ограниченное с запада Новой Землей, а с востока западным побережьем Таймыра и архипелагом Северная Земля, Карское море на севере имеет широкое сообщение с центральными частями Арктического бассейна через пролив между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей.

Площадь Карского моря 883 000 км², объем 104 000 км³, средняя глубина 118 м, а наибольшая 620 м.

Подобно другим сибирским морям, Карское море подвергается, преимущественно в поверхностном слое, опреснению многоводными реками и способствует опреснению поверхностного слоя всего Арктического бассейна. Значительно опреснение создает благоприятные условия для проникновения в южные части сибирских морей пресноводной фауны, главным образом, планктона и рыб, а обширные солоноватоводные пространства речных устьев и предустьевых зон дают приют весьма своеобразной высокоарктической по своему облику, разнообразной реликтовой солоноватоводной фауне – наследию ледниковой эпохи, - состоящей в основном из рыб и ракообразных.

Через глубокие проливы Вилькицкого и Шокальского Карское море сообщается с морем Лаптевых. В Карское море выносятся громадные массы речной воды – около 1500 км³ в год, что соответствует слою пресной воды толщиной примерно в 2 м на всей поверхности моря.

Температурный и слоевой режим. Поверхностные воды Карского моря в районе Обь-енисейского мелководья имеют соленость 7-10‰ и в наиболее теплое время года температуру 5-8°. По мере продвижения на запад и север соленость возрастает и достигает 32-34‰.

В более глубоких слоях залегают более значительно более соленые и холодные воды. В западной части моря, в Новоземельском желобе, на глубинах вода имеет соленость 34,5-34,7‰ и температуру 1,6-1,75° ниже нуля.

На глубине 10-20 м повсюду в Карском море наблюдается резкое падение температуры и повышение солености, а глубже 50 м соленость не опускается ниже 34‰ и температура в течение круглого года отрицательная.

Огибающие с севера Новую Землю воды имеют на поверхности соленость 32-33‰ и температуру 0,5-1,0°.

Опреснение поверхностного слоя обь-енисейскими водами сказывается на сотни километров к северу от устьев рек. Даже на восток от мыса Желания, до 77° с. ш., еще значительно сказывается это опреснение.

Поступление в Карское море с севера глубинными течениями более теплых и соленых атлантических вод, частью из Баренцева моря, частью непосредственно из арктического бассейна, обмен водами через Карские ворота с Печорским районом Баренцева моря, а на востоке с морем Лаптевых, приток громадных масс речной воды с юга, наконец резко выраженная летняя стратификация и мощный процесс ледообразования и образования поверхностных соленых вод зимой – обуславливают большую сложность гидрологического режима Карского моря.

Карское море испытывает в своей западной части воздействие более теплых и соленых баренцевоморских вод со свойственными им флорой и фауной. Кроме того, в глубинные части Карского моря с севера из центральной

части Арктического бассейна проникают по глубинным желобам из промежуточного теплого слоя более теплые и соленые атлантические воды, несущие с собой весьма своеобразную и качественно богатую фауну.

Характерно также проникновение в Карское море с севера вместе с глубинными холодными водами бореальной и абиссальной фауны.

Животное население дна. Чрезвычайно сильно различаются и по режиму и по фауне мелководная прибрежная часть Карского моря и его центральная глубинная часть. Первая, хорошо аэрируемая и более прогреваемая, часто сильно опресненная, населена более разнообразной, а иногда количественно более богатой фауной. Вторая, характеризующаяся низкой температурой и высокой соленостью, занята мощными коричневыми грунтами и заселена фауной весьма бедной и монотонной как по составу, так и количественно. Для нее характерны: сильное преобладание иглокожих, своеобразный гигантизм среди беспозвоночных, исключительная бедность ихтиофауны и очень низкие показатели биомассы и продуктивности. Карское море представляет собой исключительный форпост высокой Арктики, так как в нем с исключительной яркостью находят свое отражение все характерные особенности и местного высокоарктического режима, и затухающего воздействия пришедших атлантических волн.

Если количественно и пелагическая и донная жизнь в наших северных морях, расположенных к востоку от Новой Земли, в несколько раз беднее, чем в Баренцевом, то по качественному разнообразию бентоса фауна Карского моря не так уж значительно уступает Баренцеву морю. Это объясняется тем, что здесь сталкивается фауна разного происхождения, в связи с разнообразием генезиса водных масс.

Наибольшее видовое разнообразие находится в двух областях. Во-первых, вдоль восточных побережий Новой Земли и отчасти в Байдарацкой губе и у побережий Ямала, куда вместе с баренцевоморскими водами проникает и разнообразная баренцевоморская фауна. В большей степени это про-

никновение идет вокруг Новой земли с севера и через Карские ворота, в меньшей – через Маточкин Шар и через Югорский Шар.

Эта фауна в основной массе приурочена к мелководным частям моря и располагается вне зоны, занятой коричневыми грунтами.

Во-вторых, разнообразная фауна батииали и абиссали северной Атлантики и центральных частей Арктического бассейна проникает в Карское море с севера. Эта фауна в основном распределяется по большим глубинам моря, хорошо перенося условия существования на коричневых грунтах. Впрочем, отдельные представители этой фауны выходят и на небольшие глубины за пределы коричневых илов.

В середине прошлого столетия для Карского моря было известно около 1250 видов донных животных (табл. 5).

Таблица 5

Количество видов зообентоса Карского моря [11]

Группа	Число видов	Группа	Число видов
Foraminifera	135	Amphipoda	225
Spongia (Cornacuspongida)	46	Isopoda	49
Hydrozoa	68	Decapoda	14
Anthozoa	18	Pantopoda	25
Turbellaria	?	Amphineura	4
Nematodes	41	Lamellibranchiata	63
Priapulioidea	2	Gastropoda	~ 100
Nemertini	?	Cephalopoda	5
Polychaeta	150	Bryozoa	172
Oligochaeta	?	Brachiopoda	2
Echuroidea	2	Echinodermata	47
Sipunculoidea	5	Ascidiae	31
Cirripedia	6	Enteropneusta	?
Cumacea	26	Всего около	1250

При продвижении из северных частей моря в южные и от побережий Новой Земли в центральные части моря качественное разнообразие фауны идет на убыль и параллельно с этим все резче выступает количественное преобладание отдельных руководящих форм, столь характерное для южной части моря, и для центральных частей, запятых коричневыми грунтами.

Основу фауны Карского моря составляет высокоарктическая местная фауна, свойственная эпиконтинентальным водоемам Арктического бассейна. Эта высокоарктическая фауна состоит из двух весьма разнородных групп, одна из них типично морская, заселяющая наиболее осолоненную часть, другая солоноватоводная, приуроченная к устьевым и предустьевым пространствам, губам и заливам южной и юго-восточной частей моря.

К вышеуказанной высокоарктической морской фауне можно добавить панарктические формы, т. е. заселяющие обе подобласти арктической области – нижнеарктическую и высокоарктическую, и арктическо-бореальные – формы с еще более широким распространением, одинаково свойственные и арктической и бореальной областям. Небольшая часть форм распространена еще более широко по всему Мировому океану.

Среди этой, типичной для Карского моря группы фауны можно указать следующие наиболее обычные формы: моллюски *Portlandia lenticula*, *P. intermedia*, *P. fraterna*, *P. arctica*, *Leda pernula*, *Astarte acuticosta*, *A. crenata*, *A. borealis*, *A. montagui*, *Pecten (Propeamussium) groenlandicum*, *P. imbrifer*, *Lima hyperborea*, *Arca glacialis*, *Axinus (Thyasira) flexuosus*, *Saxicava arctica*, ракообразные *Mesidothea sabini*, *M. sabini robusta*, *M. sibirica*, *Calathura robusta*, *Munnopsis typica*, *Anonyx nugax*, *Acanthostepheia malmgreni*, *Hetairus polaris*, *Eualus gaimardi*, *Sabinea septemcarinata*, *Stegocephalus inflatus*, *Haploops tubicola*, *Paroediceros lynceus*, *Arrhis phylonyx*, из червей *Onuphis conchilega*, *Pista maculate*, *Pectinaria hyperborean*, *Apomatus globifer*, *Nereis zonata*, *Nephtys malmgreny*, *Terebellides stroemi*, пикногониды *Nymphon robustum*, *N. Spinosum var. hirtipes*, *N. sluiteri*, *N. stroemi gracillipes*, из иглокожих *Ophioscolex*

glacialis, *Ophiacantha bidentata*, *Ophiocten sericeum*, *Ophiopleura borealis*, *Stegophiura nodosa*, *Pontaster tenuispinus*, *Ctenodiscus crispatus*, *Myriotrochus rinkii*, *Trochostoma arctica* и *Trochoderma elegans*, *Gorgonocephalus arcticus*, *Heliometra glacialis* и *Poliometra proluxa*.

Заливы и губы в южной части моря, принимающие в себя воды рек, текущих с материка, дают приют обильной солоноватоводной фауне, составляющей здесь основной фон. К ней примешиваются морские и пресноводные эвригалинные формы.

Среди беспозвоночных здесь также в изобилии обитает весь биоценоз солоноватоводных реликтов, и в первую очередь ракообразные *Limnocalanus grimaldi*, *Mysis oculata*, *M. relictus*, *Mesidotea entomon glacialis*, *Pontoporeia affinis*, *Pseudalibrotus birulai*, *Gammaracanthus loricatus lacustris*, *Oedicerus minor*, *Monoculodes minutus*, *Acanthostepheia incarinata*, *Brandita fasciatoides*.

По результатам современных исследований [27] зообентос Карского моря насчитывает 1677 видов (рис. 7).

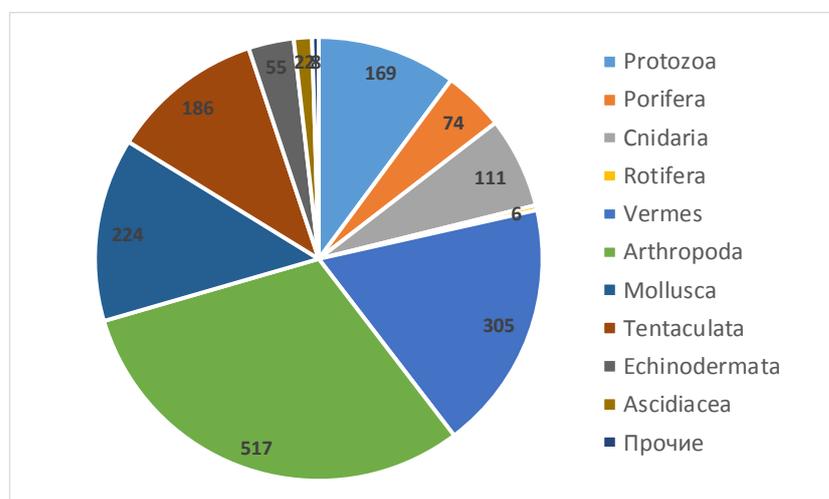


Рис.7. Количество видов зообентоса Белого моря по материалам 2001 г.

Отличительной чертой Карского моря является значительное количественное преобладание в его зообентосе иглокожих. Это море с полным правом может быть названо морем иглокожих [10]. В глубинной западной части моря иглокожие составляют по биомассе не менее 4/5 всего бентоса.

2.4 Море Лаптевых

Физико-географическая характеристика. К востоку от Таймырского полуострова и Северной Земли и до Новосибирских островов располагается море Лаптевых, представляющее собой вместе с Восточно-Сибирским морем самые суровые по климату и наиболее опресненные водоемы северных побережий Азии.

Площадь моря – 650 000 км², объем – 338 000 км³, средняя глубина – 519 м. а наибольшая – 2980 м.

Так же, как и в Карском море, в западную часть моря с севера вдается глубоководный желоб, по которому в море Лаптевых проникают соленые и несколько более теплые воды. К востоку от северной оконечности Таймыра большие глубины Арктического бассейна ближе всего подходят к берегам Азии и удалены всего на 100-20 км от Северной Земли и побережий Таймыра.

Температура и соленость. Остальное море с его небольшими глубинами, не превышающими 60-80 м, сильно опреснено и в летний период согрето обильными водами больших сибирских рек: Хатанги, Лены и Яны. На расстоянии 100 км и более к северо-востоку от устья Лены можно наблюдать соленость 5-6‰ до глубины в 20-25 м. выносимы далеко на север ленские воды опресняют поверхностные слои моря. Наибольшая соленость наблюдается в северо-западной части моря куда заходят с севера более соленые воды и где и на поверхности моря соленость может превышать 28‰.

В северо-западной части даже летом поверхностная температура может быть близка к нулю.

В юго-восточной части моря наибольшая поверхностная соленость 17,0‰, а придонная 30,5‰. Обычно же соленость значительно меньше и по мере приближения к рекам все больше и больше падает. Температура же юго-восточной части летом повышается и на поверхности может достигать 5-8°.

Очевидно, и фауна верхнего и нижнего слоев воды должна быть совершенно различна.

Опреснение поверхностных слоев в восточной части моря достигает его северных частей на расстоянии сотен миль от устьев рек, где встречается соленость в 15-18-25‰. Соленые воды, наоборот, могут продвигаться значительно к югу по дну вдающегося с севера желоба.

После долгой и суровой зимы, когда воды моря имеют температуру, близкую к замерзанию, наступает короткое лето и поверхностные воды, освободившихся от льдов частей моря могут нагреваться частью речными водами, частью солнцем на несколько градусов (1-2-4) выше нуля. Но граница полярных льдов и летом обычно недалеко.

Животное население дна. Для моря Лаптевых в середине прошлого века было известно менее 500 видов донных животных (таб. 6).

В опресненной юго-восточной части моря Лаптевых из этой и так не богатой фауны встречено всего 68 видов (Coelenterata – 5, Spongia – 4, Polychaeta – 8, Bryozoa – 7, Mollusca – 19, Crustacea – 14, Pantopoda – 2, Echinodermata – 2, Tunicata – 7).

Подавляющее большинство фауны принадлежит к высокоарктическим формам.

Вблизи речных устьев преобладают формы либо солоноватоводные, либо наиболее эвригалинные морские: ракообразные *Gammaracanthus loricatus*, *Gammarus wilkitzkii*, *Mesidohea entomon*, *Mysis oculata* var. *relicta*, полихеты – *Polydora quadrilobata* и *Euchone papillosa*, моллюск – *Portlandia arctica*, рыбка *Myoxocephalus quadricornis*.

Значительно большим качественным богатством должна отличаться фауна мало изученной глубоководной северо-западной части моря Лаптевых и проливов между островами Северной Земли. Так же, как и в Карском море, из глубоководного желоба выходит на меньшие глубины масса форм арктической абиссали и промежуточного теплого слоя. В небольшом количестве достигают западной части моря Лаптевых некоторые баренцевоморские формы.

Таблица 6

Количество видов зообентоса моря Лаптевых [10]

Группа	Число ВИДОВ	Группа	Число ВИДОВ
Foraminifera	46	Amphipoda	87
Spongia (Cornacuspongida)	38	Isopoda	8
Hydrozoa	52	Decapoda	5
Anthozoa	3	Pantopoda	7
Turbellaria	?	Amphineura	3
Nematodes	?	Lamellibranchiata	50
Priapulioidea	1	Gastropoda	32
Nemertini	?	Cephalopoda	1
Polychaeta	40	Bryozoa	10
Oligochaeta	?	Brachiopoda	?
Echuroidea	1	Echinodermata	33
Sipunculoidea	2	Ascidiae	24
Cirripedia	4	Enteropneusta	?
Cumacea	26		
		Всего	473

По результатам современных исследований [27] зообентос моря Лаптевых насчитывает 1477 видов (рис. 8).

По результатам экспедиций, выполненных в море Лаптевых в 1993-1998 гг. на глубинах более 10 м обнаружены 14 донных биоценозов.

Северо-восточнее дельты р. Лена на глубине 17 м на илисто-песчаном грунте обнаружен биоценоз мшанок *Alcyonidium disciforme*, *Aglaophamus malmgreni* и *Saduria sabini*.

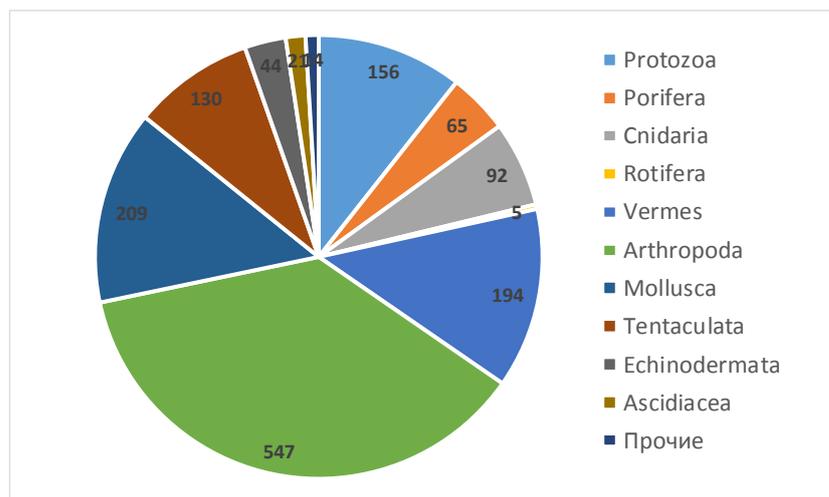


Рис.8. Количество видов зообентоса моря Лаптевых по материалам 2001 г.

Весьма обширная акватория в море Лаптевых заселена биоценозом двустворчатого моллюска *Portlandia arctica* (= *P. siliqua*). Он отмечен на глубинах 8-25 м (преимущественно 11-25 м) на илистых грунтах. Наибольшую площадь эта экосистема занимает в юго-восточной части моря— от юга губы Буор-Хая и Янского залива до 73°N и пролива Заря, в виде узкой полосы распространяется севернее дельты р. Лена в Оленекский залив, при благоприятных условиях, но уже в основном на глубинах менее 10 м, окаймляет о. Котельный. Отдельные поселения этого биоценоза отмечены в прибрежных районах Анабарского залива, у о. Песчаный (юго-запад моря), возможно нахождение его в кутовой части Хатангского залива.

На глубинах 6-24 м на песчаных грунтах обитает биоценоз двустворчатых моллюсков *Astarte borealis* + *A. montagui* + *Portlandia arctica*. Как правило, эта экосистема располагается мористее, чем предыдущая, и наиболее широко представлена в юго-восточной части моря, западнее о. Столбовой, между 73°30'-74°30'N, в виде узкой полосы распространяется до 120°E и, возможно, далее — до о. Бол. Бегичев и п-ва Таймыр. Отдельные участки, занятые этой экосистемой, обнаружены севернее Янского залива, в районе пролива Санникова — бухты Смирницкого и от северной части пролива Заря вдоль северного побережья о. Котельный.

На глубинах 12-35 м на каменистых грунтах обитает биоценоз губок

Suberites domuncula, который обнаружен у о. Столбовой и в Хатангском заливе, в проливе между материком и п-вом Таймыр.

Большую площадь в море Лаптевых, в основном на глубинах 22-47 м на илистых грунтах занимает биоценоз двустворчатых моллюсков *Leionucula tenuisi*. Ареал этой экосистемы в море Лаптевых совпадает со средним многолетним расположением системы квазистационарных заприпайных полыньей. Он огибает с севера и запада острова Котельный и Бельковский, направляется далее к дельте р.Лена и севернее достигает Оленекского залива 120°Е.

Пятнистое распределение характерно для биоценоза голотурий *Ocnus glacialis* (= "*Ludwigia*" *glacialis*), который отмечен северо-западнее р. Лена и севернее о. Котельный мористее предыдущего биоценоза на глубинах 16-20 м на песчаных грунтах.

Большую площадь в центральных районах моря Лаптевых на глубинах 18-67 м на песчаных и илистых грунтах занимает биоценоз *Astarte borealis* (+ *A. montagui* + *Maldane sarsi*). Вероятно, это донное сообщество опоясывает районы северо-восточного побережья Таймыра и восточнее о. Большевик.

В северной части моря на нижнем отделе шельфа практически до его наружной кромки на глубинах 39-104 м на грунтах песок—глинистый ил широкой полосой простирается биоценоз *Ophiocten sericeum*. Вероятно, на тех же глубинах этот биоценоз встречается и у восточного побережья Северной Земли.

На больших глубинах (94-300 м) на илисто-песчаных — глинистых грунтах располагается биоценоз *Ophiopleura borealis* + *Ophiocten sericeum* + *Ophiacantha bidentata*. Это сообщество в море Лаптевых располагается преимущественно на верхнем отделе материкового склона: на большей части моря наружная кромка шельфа проходит на глубинах 80-100 м. Только у Северной Земли, включая пролив Вилькицкого, где наблюдается заглубленный шельф до глубин 350-380 м, этот биоценоз по данным траловых сборов заходит и на шельф.

Группа биоценозов—*Macoma calcarea*, *Maldane sarsi*, *Ophiura sarsi*,

Nuculana radiata и *Nuculana pernula* — располагается локальными пятнами исключительно в палеодолинах рек: Восточно-Ленской, Янской и Анабаро-Хатангской.

Биоценоз *Macoma calcarea* отмечен в Восточно-Ленской палеодолине на глубине 30 м на песчаном грунте. Для Восточно-Ленской и Анабаро-Хатангской палеодолин характерен также биоценоз *Maldane sarsi*.

Только в Восточно-Ленской палеодолине на глубине 44 м на песчанистом илу обнаружен биоценоз *Ophiura sarsi*, а на глубинах 39-49 м и песчаных грунтах в Восточно-Ленской и Янской палеодолинах обнаружены локальные поселения биоценоза *Nuculana radiata*. Вероятно, аналогом последнего сообщества в Анабаро-Хатангской палеодолине является биоценоз *Nuculana pernula*, отмеченный при близких условиях: на глубинах 38-45 м на илистом песке—глинистом иле.

2.5 Восточно-Сибирское море

Это море расположено в районе Ледовитого океана, где уже совершенно не ощущается влияние теплых вод Атлантического океана и еще не достигает влияние Тихого океана. Его можно назвать самым суровым северным морем. С запада Восточно-Сибирское граничит с морем Лаптевых, на востоке - с Чукотским морем, на севере - с Арктическим бассейном океана. Береговая зона южной части моря изрезана не так сильно, как у соседних морей, лишь несколько впадающих рек, да заливы немного разнообразят береговую линию.

По площади (913 тыс. км²) это одно из крупнейших арктических морей. Максимальная глубина – 915 м [2]. В тоже время это одно из самых мелководных морей российской Арктики: почти 96 % площади моря (876 тыс. км²) приходится на глубины 0–200 м. Поэтому объем его вод (49 тыс. км³) – один из самых маленьких среди наших северных морей: меньше только в Белом и Чукотском морях. При этом большая часть вод, почти 86 % (42 тыс. км³), располагается над глубинами 0–200 м [2].

Большая часть дна моря представляет всхолмленную равнину, постепенно погружающуюся с юга и юго-запада на север и северо-восток до глубин порядка 50 м и прорезанную палеодолиной р. Индигирка, простирающейся в субмеридиональном направлении, и палеодолиной р. Колыма, направляющейся субширотно и раздваивающейся на траверзе Чаунской губы: одна ветвь идет в пролив Лонга, вторая проходит северо-западнее о. Врангеля.

В западной части моря, между Новосибирскими островами и палеодолиной Индигирки, преобладают глубины 5–15 м; в центре, между палеодолинами Индигирки и Колымы, южнее 73°N – 10–35 м; восточнее, к югу от $71^{\circ}30'\text{N}$ – 30–45 м, и только на северо-востоке моря глубины быстро возрастают от 50 м до максимальных (915 м), а вся северо-западная часть Восточно-Сибирского моря полностью расположена в пределах шельфа.

Основной сток пресных вод в Восточно-Сибирское море осуществляется с юга, и, хотя площадь водосбора рек довольно большая (1342 тыс. км²), годовой сток их относительно небольшой (213.4 км³), что составляет примерно 0.4 % объема вод Восточно-Сибирского моря. При этом 79 % годового стока в море (168.9 км³) приходится на три самые большие реки бассейна Восточно-Сибирского моря: Колыму (102 км³), Индигирку (56.7 км³) и Алазею (10.2 км³). Основная масса стока на этих реках наблюдается в июне, во время паводка, а затем резко уменьшается по месяцам к ноябрю (на Колыме – к декабрю). Только на Индигирке июльский сток чуть меньше июньского. В зимние месяцы, декабрь–апрель (на р. Колыма январь–апрель), сток рек почти или совсем прекращается (Атлас Арктики, 1985). Распресненные воды, кроме того, поступают в западные районы Восточно-Сибирского моря из моря Лаптевых: трансформирующиеся воды рек Лена и Яна.

Приливы в Восточно-Сибирском море правильные, полусуточные. Высота их небольшая: от 5–7 до 25 см. Ветровые нагоны могут превышать 2 м.

В летний период поверхностные слои вод (0–7 м) Восточно-Сибирского моря к югу от северного побережья о. Котельного, южнее о. Но-

вая Сибирь, района севернее Медвежьих островов, о. Айон и севернее о. Врангеля (примерно 73°N , 180°E) по среднемноголетним данным имеют положительные температуры: 0° – $+2^{\circ}\text{C}$. У устьев рек, в Чаунской губе, у о. Крестовский (запад Медвежьих островов) она может повышаться до $+4^{\circ}$ – $+8^{\circ}\text{C}$. На остальной части моря температура поверхностных вод в этот период – 1° – 0°C .

На глубинах 30–150 м в придонном слое температура вод даже летом имеет отрицательные значения – -1.80° – -0.46°C . По среднемноголетним данным на глубине 200 м в Восточно-Сибирском море и сопредельной части Арктического бассейна указывались температуры воды -0.5° – 0°C . В зимний период температура воды в Восточно-Сибирском море на глубинах 0–100 м -1.7° – -1°C . На больших глубинах распределение температуры практически не отличается от летних показателей.

В летний период поверхностный десятиметровый слой вод по всей акватории моря существенно распреснен: от 4–10 ‰ на юге у устьев рек до 29 ‰ на севере и востоке. На больших глубинах в Восточно-Сибирском море соленость вод повсеместно превышает 30 ‰ и постепенно увеличивается с глубиной от 30–34 ‰ на глубинах порядка 50 м до 34.5–34.72 ‰ на глубине 200 м

Наблюдаемые закономерности в распределение солености в море показывают, что поступающие из моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря воды соленостью ниже 25 ‰ сдерживаются водами Чукотского моря примерно в районе прохождения меридиана 168°E .

В поверхностных слоях насыщение воды кислородом относительно высокое (90–105 %) как в зимний, так и в летний периоды. На больших глубинах (50–200 м) насыщение воды кислородом составляет 70–97 %, и только в слое 125–150 м оно понижается до 66.5–76 %.

В зимний период море полностью покрыто льдом, достигающим в толщину нескольких метров. В разгар лета (в августе) обычно свободны ото льда районы у устьев рек. На акватории южнее мыса Биллингса–острова Ан-

жу вероятность встречи льдов составляет 0–50%, севернее она еще выше, а на северо-востоке моря всегда 100 %.

По имеющимся данным [1, 12] на большей части Восточно-Сибирского моря донные осадки сложены пелито-алевритовыми (глинистыми) илами. Во многих местах встречаются плато из ископаемого льда.

Животное население дна. Донная живность в Восточно-Сибирском море тоже скуднее, чем в соседних морях. Здесь очень редко можно встретить некоторые виды рачков, червей, кишечнополостных, иглокожих и створчатых моллюсков. Горбунов П.П. [7] для Новосибирского мелководья указывал 781 вид представителей зообентоса (табл. 7).

Первую сводку по фауне всего Восточно-Сибирского моря составила А.Ф. Гурьянова на основании материалов, собранных экспедициями на ледоколах «Садко» и «Седов» в 1937-1938 годах и всех литературных данных [8].

В этой сводке она отметила довольно высокую для того времени цифру: около 900 видов, зарегистрированных в Восточно-Сибирском море (табл. 8).

В этом море аутохтонная арктическая фауна представлена почти в чистом виде (92,1%), так как примесь бореальных по происхождению форм очень слаба (5,9%). Как и в других морях восточного сектора Арктики, эта мелководная арктическая фауна распадается на две самостоятельные фауны: 1) типично морскую, генетически связанную с первым карским центром происхождения и развития арктической фауны и 2) высокоарктическую солноноватоводную, генетически связанную с фауной Иольдиевого моря, сформировавшуюся в ледниковый период в опресненных периферических частях Полярного бассейна. Распределение этих двух фаун в Восточно-Сибирском море закономерно и диктуется почти исключительно распределением соленостей.

Морская фауна заселяет северную часть моря приблизительно до параллели 75° N на западе и 72° N на востоке; южная ее граница совпадает

Таблица 7

Количество видов зообентоса Восточно-Сибирского моря [7]

Группа организмов	Число видов	Число родов
Foraminifera	75	39
Hydroidea	31	19
Kamptozoa	8	5
Polychaeta	102	73
Gephyrea	7	4
Bryozoa	96	47
Brachiopoda	1	2
Copepoda	50	23
Ostracoda	26	17
Cirripedia	4	2
Cumacea	26	6
Tanaidacea	1	1
Isopoda	21	11
Amphipoda	114	61
Decapoda	6	6
Pantopoda	13	4
Halacarida	5	3
Mollusca	133	68
Echinodermata	33	28
Tunicata	20	14
Pisces	9	6
Всего	781	439

Количество видов зообентоса моря Лаптевых [8]

Группа организмов	Количество видов
Foramenifera	108
Spongia	13
Hydroidea	45
Actiniaria	3
Octocorallia	1
Alcyonaria	2
Polychaeta	104
Bryozoa	137
Kamptozoa	9
Gephyrea	7
Btrachiopoda	1
Ostracoda	21
Copepoda	38
Cirripedia	6
Mysidacea	1
Isopoda	20
Amphipoda	127
Cumacea	28
Decapoda	11
Pantopoda	18
Mollusca	151
Echinodermata	42
Tunicata	35
Всего:	928

приблизительно с прямой, соединяющей крайний северо-восточный угол острова Новая Сибирь с мысом Якан. Солоноватоводная фауна заселяет южную часть моря к югу от этой линии. Смена морской фауны солоноватоводной происходит скачкообразно, и вся фауна распадается на 4 комплекса в со-

ответствии с четырьмя степенями солености: 1) морской комплекс (соленость 34-30‰), 2) смешанный солоноватоводный комплекс (30-24‰), 3) эстуарный комплекс (25-10‰) и 4) реликтовый иольдиевый комплекс (соленость ниже 10‰).

Эти комплексы закономерно сменяют друг друга по мере понижения солености от открытого моря к берегам. Равномерное очень медленное понижение дна к северу, сложность гидрологического режима и полное подчинение качественного состава бентоса разных районов моря степеням солености вызывают в Восточно-Сибирском море, во-первых, азональность, а во-вторых, ярко выраженную поясность в распределении бентоса.

Четыре основных фаунистических комплекса Восточно-Сибирского моря образуют четыре широких пояса, независимо от глубин, сменяющих друг друга в направлении с севера на юг. Границы этих поясов совпадают с ходом изогалин. Только в районе между островами Фаддеевским и Новая Сибирь, с одной стороны, и Вилькицкого, Жохова и Беннета – с другой, между 75 и 77 параллелями наблюдается внедрение элементов солоноватоводной фауны в пояс, занятый типично морской фауной.

Распределение этих элементов диктуется двумя моментами – распределением солености и распределением проникающих в область Восточно-Сибирского моря атлантических и тихоокеанских вод.

В 2001 году в результате ревизии фауны всех евразийских морей Арктики, проведенной ведущими систематиками в основном из России и Украины, список был увеличен до 1011 видов [27]. Обработка новых проб, собранных в последних экспедициях XXI века, а также ревизия старых материалов, позволили уточнить и дополнить списки видов по целому ряду групп беспозвоночных (рис. 9).

В результате проведенной работы в настоящее время известно 1148 видов свободноживущих беспозвоночных, реально найденных в водах Восточно-Сибирского моря.

В целом следует отметить, что Восточно-Сибирское море, в силу удаленности от Атлантического и Тихого океанов, оказывается самым бедным в видовом разнообразии из всех евразийских морей.

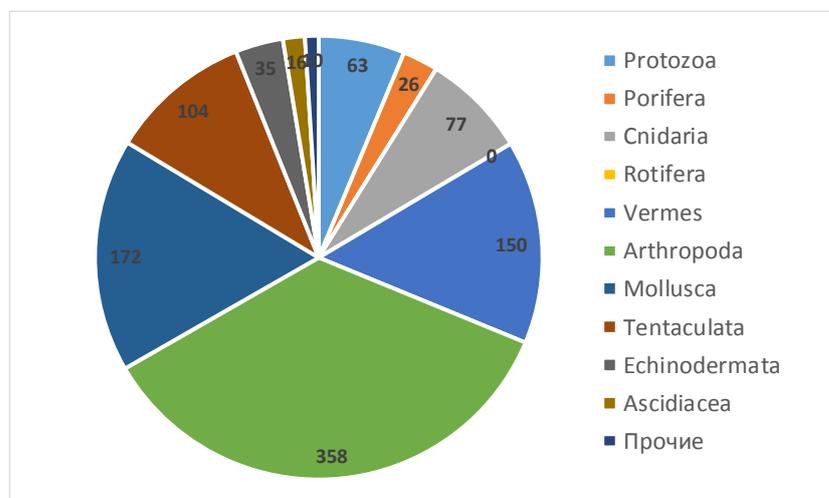


Рис.9. Количество видов зообентоса Восточно-Сибирского моря по материалам 2001 г.

2.6 Чукотское море

Чукотское море, расположенное от острова Врангеля до мыса Барроу на востоке, представляет собой довольно обширный (582 000 км²) и очень мелководный водоем с преобладающими глубинами около 50 м. Его объем равен 51 000 км³, средняя глубина 86 м, а наибольшая 180 м.

Восточнее острова Врангеля в пределы Чукотского моря входит желоб с глубинами более 50 м (средняя глубина моря около 45 м). Этот желоб тянется сначала к побережью Чукотского полуострова, а затем вдоль его на восток. Севернее 73°30' с. ш. рельеф дна начинает быстро понижаться, переходя в большие глубины Арктического бассейна.

Через неглубокий и узкий Берингов пролив Чукотское море сообщается с Тихим океаном.

В Беринговом проливе и на банке Геральда грунты жесткие (песок, гравий, галька, камень), остальное дно занято песчанистыми и глинистыми илами.

Через Берингов пролив в Чукотское море входит довольно мощное теплое течение, направляющееся вдоль восточных окраин моря на север и за-

тем севернее мыса Хоп разбивающееся на две ветви – северо-восточную и северо-западную. Вдоль берегов Чукотского полуострова, выходя из пролива Де-Лонга, на юго-восток движется холодное течение, частично входящее в Берингов пролив, главной же своей массой поворачивающее назад в южной части моря. В основном через Берингов пролив идет поступление тихоокеанских вод в Чукотское море и лишь в самой малой степени сток чукотских вод на юг.

Распределение придонной температуры в августе показывает, что воды Чукотского моря прогреты в самой малой степени. Режим моря очень суров. В течение 7 месяцев (ноябрь-май) температура, даже поверхностных вод, держится ниже $-1,5^{\circ}$ ($-1,6^{\circ}$ - $-1,8^{\circ}$), в июне и октябре температура близка к нулю и только в июле и августе поднимается у побережий до $3-5-7^{\circ}$ (средне-месячные). Только в юго-восточной части моря и в районе Берингова пролива температура летом может значительно повышаться, иногда до $12-14^{\circ}$. Более глубокие слои воды (кроме восточной части моря) и летом имеют температуру, близкую к нулю. В северной части моря, прилежащей к открытым и глубоким частям Арктического бассейна, в летнее время наблюдается своеобразное распределение температуры: в верхних горизонтах, до 20 м, еще чувствуется влияние теплых вод Берингова моря, температура воды доходит до 2 и 3° , ниже до 100 м идут арктические воды с температурой до $-1,7^{\circ}$, а еще ниже наблюдается потепление, которое на глубине 150 м выражается уже нулевой температурой. Это – крайний восточный пункт воздействия промежуточного теплого слоя.

Распределение солености в Чукотском море дает довольно пеструю картину. Воды, вливающиеся через пролив Де-Лонга из Восточно-Сибирского моря, имеют в глубинной части солености $31,7 - 32,6\%$. К северу соленость возрастает и достигает $34,8\%$. Поверхностные слои моря имеют весьма различную соленость. В летнее время самые поверхностные слои моря в части, прилежащей к полуострову Чукотскому, имеют соленость $3-5-8\%$, иногда еще меньше. В остальном море она обычно держится в верхнем

слое на уровне 29-32,5‰, но часто в районах таяния льда падает до нескольких промилле. В зимнее время поверхностные слои должны претерпевать значительное осолонение вследствие вымирания воды. Ледовитость Чукотского моря различна в разные годы и можно только приблизительно наметить среднюю границу льдов в августе – сентябре, т.е. в самое теплое время года.

В прогревом глубинном слое «атлантических» вод, проникающих с севера в Чукотское море, весьма понижено содержание кислорода, падающее в отдельных случаях до 20,47% насыщения. Такое малое количество кислорода указывает на очень слабое развитие жизни в промежуточном теплом слое воды в Арктическом бассейне.

Животное население дна. По своему составу бентос Чукотского моря представляет сложную смесь арктической флоры и фауны тихоокеанского и арктического происхождения. По результатам исследований в первой половине прошлого века, опубликованным П.В.Ушаковым [18] зообентос Чукотского моря насчитывает 727 видов (табл. 9).

Литоральная зона в Чукотском море лишена населения. Только на глубине 5-8 м селятся макрофиты.

На песчаных грунтах небольших глубин (7-8 м) у острова Врангеля обитает фауна, весьма близкая по составу к фауне тех же грунтов и глубин у Новой Земли. Биомасса бентоса в этой зоне – несколько десятков граммов на 1 м².

Население основных площадей дна на глубине 30 – 50 м, занятых илистыми грунтами, очень близко к населению юго-восточной части Баренцева моря и, видимо, всех сибирских мелководных морей. Основные формы здесь *Macoma calcarea*, *Nuculatenius* и *Terebellides stroemi*. Кроме них, более обычны из полихет *Lysippe labiata*, *Nephtys ciliata*, *Chaetozone setosa*, *Scoloplos armiger*, *Capitella capitata*, *Scalibregma inflata* и *Sc. robusta*, из моллюсков *Yoldia sp.* и *Axinus flexuosus var. gouldi*, из ракообразных *Ampelisca eschrichti*, *Amp. Macrocephala*, *Acanthostepheia malmgreni*, *Byblis gaimardi*, из иглокожих *Ophiura sarsi*, *Myriotrochus rinkii*, *Ctenodiscus crispatus* и *Ophiocten sericeum*.

Количество видов зообентоса Чукотского моря [18]

Группа	Число видов	Группа	Число видов
Foraminifera	43	Amphipoda	103
Spongia (Cornacuspongida)	8	Isopoda	12
Hydrozoa	34	Decapoda	29
Anthozoa	14	Pantopoda	9
Turbellaria	?	Amphineura	4
Nematodes	?	Lamellibranchiata	48
Priapulioidea	1	Gastropoda	56
Nemertini	?	Cephalopoda	1
Polychaeta	146	Bryozoa	126
Oligochaeta	?	Brachiopoda	?
Echuroidea	1	Echinodermata	31
Sipunculoidea	3	Ascidiae	28
Cirripedia	6	Enteropneusta	2
Cumacea	12	Всего около	727 видов

По данным 8 экспедиций последних лет с 1988 по 2006 г. на шельфе Чукотского моря на глубинах 11–104 м можно выделить 20 сообществ: *Macoma calcarea*+*Ennucula tenuis*, *Maldane sarsi*, *Golfingia margaritacea*, *Nuculana radiata*, *Yoldia hyperborea*, *Astarte borealis*, *Balanus crenatus*, *Strongylocentrotus pallidus*, *Serripes groenlandicus*, *Cyclocardia crebricostata*, *Ctenodiscus crispatus*, *Musculus niger*, *Chelyosoma macleayanum*+*Styela coreacea*, *Rhyzomolgula globularis*, *Pelonaia corrugata*, *Psolus* sp., *Ennucula tenuis*+*Nuculana radiata* и *Chiridota discolor*, *Mya truncata*, *Ophiura sarsi*+*Nephtys paradoxa*. Первые восемь сообществ занимают достаточно обширные участки дна.

Сообщество *Maldane sarsi* обнаружено на 4 участках в разных частях Чукотского моря. Самый большой из них расположен на глубинах 34–104 м на глинистых илах на северо-западе моря к востоку от о. Врангеля и включает в себя желоб Геральд и прилежащие к нему на юге районы шельфа. Второй участок с сообществом *Maldane sarsi* расположен в юго-восточной части моря вдоль восточных границ участка, занятого сообществом *Masota calcarea* + *Ennucula tenuis* на глубинах 44–51 м на глинистом. Третий участок с сообществом *M. sarsi* находится на юге центральной части Чукотского моря севернее мыса Ванкарем на глубинах 46–48 м. И, наконец, четвертый участок с доминированием *M. sarsi* находится южнее острова Врангеля на глубинах 36–37 м.

Сообщество *Yoldia hyperborea* узкой полосой расположено на юге центральной части Чукотского моря на глубинах 48–52 м на илистом грунте.

Сообщество *Serripes groenlandicus* располагается в юго-восточной части Чукотского моря на глубинах 35 и 54 м на заиленном песке, часто с камнями, ракушей и гравием. Также доминирование *Serripes groenlandicus* отмечено на банке Геральд на глубине 29 м на заиленном песке с гравием и напротив Колючинской губы на глубине 24 м на песке с ракушей.

Сообщество *Nuculana radiata* встречено в трех местах: на юго-востоке, западе и севере. Юго-восточный участок, занятый сообществом нукуляны, расположен вплотную к северо-западной части основного участка с доминированием макомы на глубине 51 м на пелитовых илах. Второй участок, занятый сообществом *Nuculana radiata*, расположен на западе Чукотского моря от южного побережья о. Врангеля до 69°15'N на глубинах 40–50 м на пелитовых илах или илистых грунтах с гравием и галькой. Также локальное доминирование *Nuculana radiata* выявлено на севере Чукотского моря на глубине 78 м.

Сообщество *Golfingia margaritacea* расположено в северо-западной части Чукотского моря, восточнее о. Геральд на глубинах 40–62 м на глинистых илах.

Сообщество *Astarte borealis* расположено в юго-западной части моря вдоль материкового берега от мыса Ванкарем до мыса Шмидта, перемежаясь с третьим участком сообщества *M. calcarea*, на глубинах 31–50 м на илистых грунтах с галькой.

Сообщество *Strongylocentrotus pallidus* выявлено в западной части Берингова пролива на глубинах 47–54 м на песчаных, гравийных с галькой, камнями и ракушей грунтах занята сообществом с доминированием *Strongylocentrotus pallidus*.

Сообщество *Macoma calcarea* + *Ennucula tenuis* встречено на трех участках, распределенных вдоль берега от Берингова пролива до пролива Лонга. Первый, самый большой участок, расположен в юго-восточной части Чукотского моря на глубинах 38–55 м на глинистых илах, иногда с примесью песка. Второй - в проливе Лонга на глубинах 42–50 м на глинистых илах с гравием и песком. Третий - вдоль берега между первым и вторым участками. от м. Ванкарем до м. Шмидта на глубинах 37–40 м на песчаном илу с галькой. Это сообщество является основным для южной половины Чукотского моря и может достигать по своей биомассе нескольких килограмм на м², что является рекордом для сублиторальных сообществ арктических морей.

По результатам современных исследований зообентос Чукотского моря насчитывает 1168 видов (рис. 10).

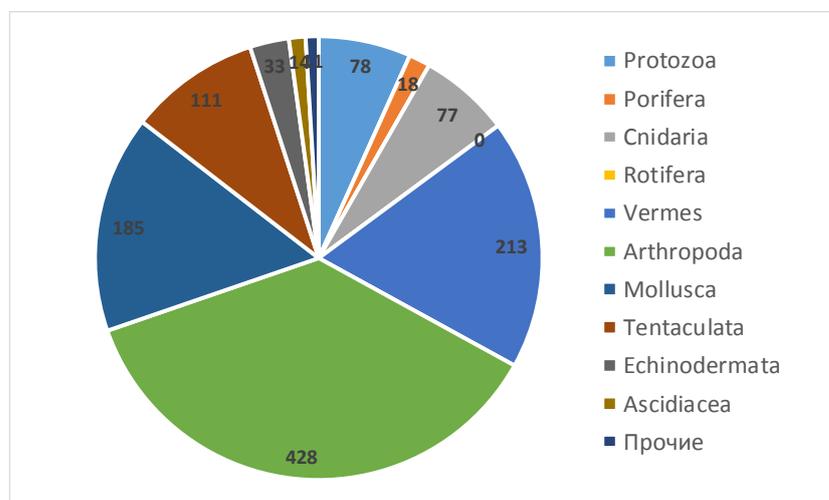


Рис.10. Количество видов зообентоса Чукотского моря по материалам 2001 г.

Основную часть донной фауны Чукотского моря составляют арктическо-бореальные, эврибионтные, широко распространенные формы, как, например, амфиподы *Ampelisca macrocephala*, *A. Eschrichti*, *Pontoporeia femorata*, полихета *Chaetozone setosa* и др. однако можно провести границу между районами, характеризующимися преобладанием типично арктических форм, свойственных всему Арктическому бассейну, и тихоокеанских бореальных, проникающих через Берингов пролив. Эти две группы форм могут служить индикаторами воздействия тихоокеанских вод на местные арктические воды.

Глава 3. ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА ВИДОВ В ФАУНАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Результаты выполненного нами моделирования прогнозного количества видов зообентоса в морях российской Арктики (рис. показывают, что видовой состав многих таксонов недоисследован (рис. 11). В наибольшей степени это касается таких животных как фораминиферы, плоские черви, многощетинковые черви, гарпактикоидные и ракушковые рачки. Кроме плоских и многощетинковых червей это – мелкие животные, и их недоизученность вполне объяснима, поскольку многие орудия сбора бентоса их не улавливают. Что касается червей, то это – сильно дивергирующие группы с большим количеством «молодых» видов, таксономическая идентификация часто бывает весьма затруднительной.

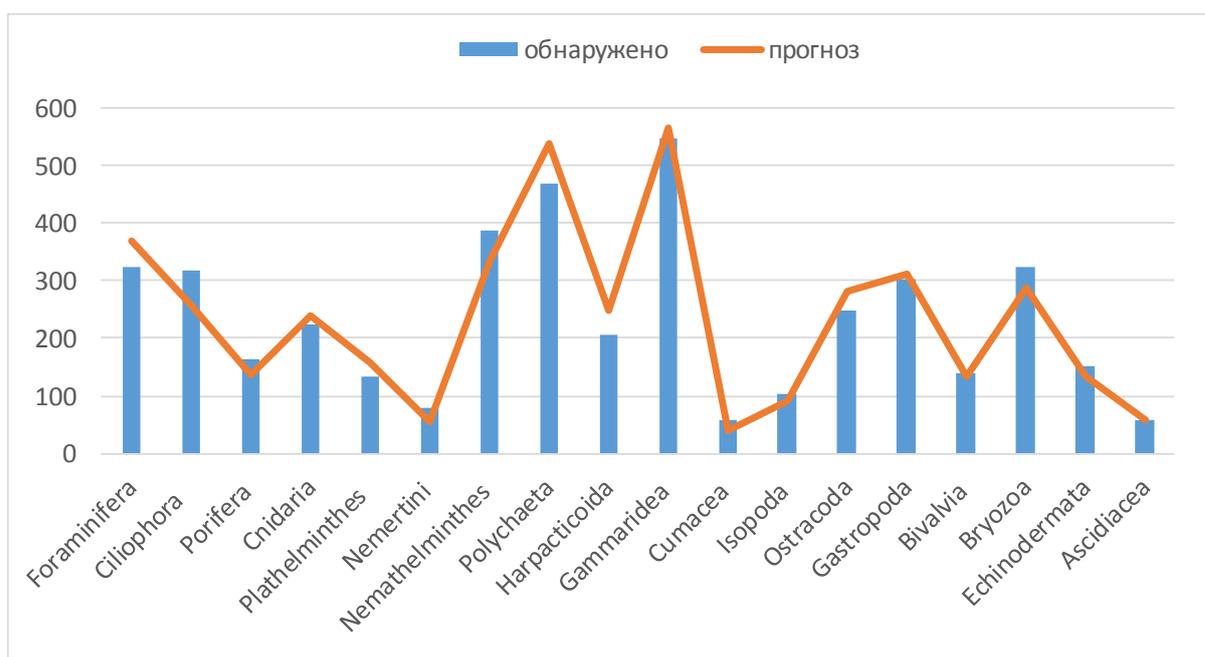


Рис. 11. Зарегистрированное и Прогнозируемое количество видов зообентоса в морях российской Арктики

Вместе с тем есть таксоны, для которых прогнозируемое количество видов меньше их реально зарегистрированного. Это жгутиконосны, круглые черви и мшанки. Первая группа не является типично бентосной, и мы не бу-

дем на ней останавливаться, но две другие – обычные представители донной фауны.

Относительно круглых червей можно сказать, что их таксономические признаки, в том числе и надвидовых таксонов, крайне немногочисленны и часто имеют количественный характер. Это, по нашему мнению, постоянно способствует необоснованному описанию «новых» видов, которые таковыми не являются.

Мшанки – большая и достаточно разнообразная группа, но общий план их строения, по сравнению с другими беспозвоночными, не очень гетерогенен. Поэтому таксономическая система данного типа разработана весьма слабо, и небольшое количество таксонов надорганизменного уровня не позволяют прогнозировать большое количество видов. По-видимому, с усовершенствованием системы Вгуозоа ситуация изменится.

Таким образом, можно утверждать, что в разряде макрозообентоса «новых» видов в фауне арктических морей России можно ожидать только среди червей. Все остальные группы – более или менее изучены.

Если сравнивать пропорциональность разных таксонов в фаунах различных морей, то нельзя не заметить, что с продвижением на восток заметно падает доля червей в общем видовом составе. При этом в сибирских морях, начиная с моря Лаптевых, увеличивается доля ракообразных. Такая закономерность может объясняться тем, что все черви, в той или иной степени, – беспанцирные животные и физически хорошо сохраняются, особенно мелкие формы, только в количественных орудиях лова, содержимое которых аккуратно промывается через мелкое сито. Вероятность поймать таких животных в хорошей сохранности с помощью трала или драги – крайне мала. В то же время даже относительно мелкие ракообразные хорошо сохраняются в уловах тралов и драг при оснащении орудия лова достаточно мелкоячеистой сеткой. Именно в этих особенностях сохранности червей и ракообразных в разных орудиях лова может крыться причина уменьшения доли червей и увеличение доли ракообразных в восточно-арктических морях.

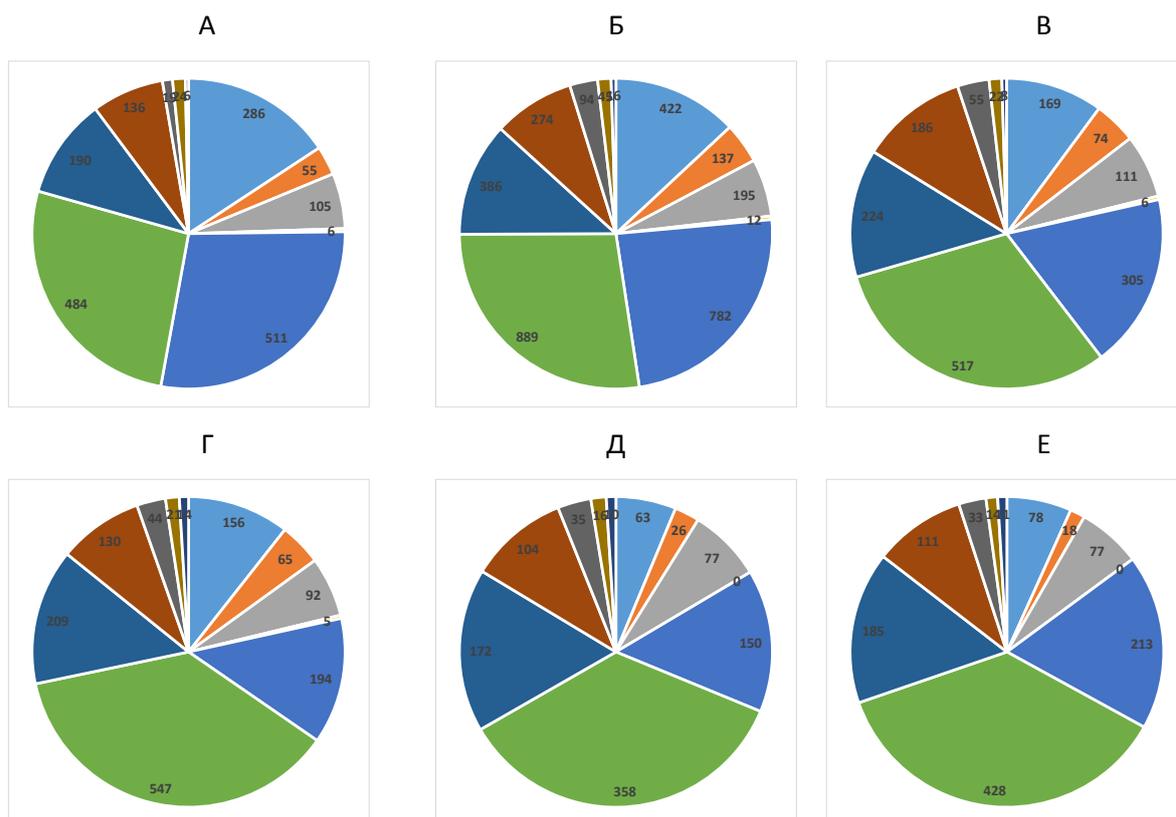


Рис. 12. Количество видов зообентоса в морях российской Арктики по материалам 2001 г. [27]



Дело в том, что доля дночерпательных станций отбора бентосных проб в арктических морях кратно уменьшается в восточном направлении. Дночерпатели, как более современные и предназначенные в основном для количественного учета зообентоса орудия лова, большей частью применялись в западно-арктических морях, более доступных и более теплых (последнее необходимо для тщательной промывки уловов морской водой). В восточно-арктических морях работали преимущественно тралами и драгами, в условиях неблагоприятных для длительной и тщательной промывки улова. В результате там отбирали в основном крупных животных с хорошей сохранностью.

Таким образом, действенной рекомендацией по интенсификации изучения таксономического состава зообентоса в арктических морях, может быть только – наращивание исследований донной фауны в восточном секторе с помощью таких количественных орудий лова как дночерпатели. В первую очередь это касается Восточно-Сибирского моря – наиболее труднодоступного и практически неизученного глубже 50-70 м. Вторым, в приоритете внимания, должно быть море Лаптевых. Оно ближе расположено к западным портам, но ледовая обстановка там бывает такая же сложная, как и в Восточно-Сибирском море, при этом судоходная нагрузка на него многократно больше, а значит – мониторинговые наблюдения за биоразнообразием там следует выполнять чаще.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение биоразнообразия зообентоса в арктических морях на уровне видового богатства показало, что донная фауна этих водоемов достаточно хорошо изучена для большинства крупных таксонов. Используемый нами принцип фрактальности таксономической структуры вполне пригоден для общей и частной оценки степени изученности донных фаун. Он может также использоваться для предварительной квалификации качества существующих таксономических систем различных групп организмов.

В условиях современных климатических изменений глобального характера (потепление) и возрастающей роли арктического региона в хозяйственной деятельности России и других приарктических стран мониторинговые наблюдения за морской битой необходимо интенсифицировать. Наряду с традиционными, народно понятными биомаркерами, такими, как морские птицы и млекопитающие, должное внимание необходимо и уделять морскому макрозообентосу. Относящиеся к этой экологической группе организмы имеют достаточно продолжительные жизненные циклы и способны накапливать в «памяти» своих биологических регистрирующих структур и структурно-функциональных характеристик видовых сообществ информацию не только о недавних импактных событиях, но и о имевших место гораздо раньше.

Не все моря российской Арктики в настоящее время нуждаются в интенсификации макрозообентосных исследований. Сейчас их необходимо проводить, в первую очередь, в восточном секторе, которым очень активно, в научном плане, интересуются наши американские соседи, и где Россия имеет достаточно слабые позиции в административно-научной и организационной областях. При условии применения современного оборудования для количественного учета донной фауны это позволит восполнить имеющиеся пробелы

в изучении фаун отдельных крупных таксонов (плоские и многощетинковые черви, мелкие ракообразные) и своевременно получать объективную картину состояния биразнообразия и структурно-функционального благополучия морской биоты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов А.А., Дунаев Н.Н., Ионин А.С. и др. Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время. – М., Нука. 1987. 277 с.
2. Атлас Арктики. – М., Изд. Глав. управл. по геол. и картогр. 1985. 204 с.
3. Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий//<http://www.wwf.ru/resources/publ/book/868>
4. Гаевская Н. С. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. – М., Государственное издательство «Советская наука» 1948, 711 с.
5. Глейк Дж. Хаос. Создание новой науки. – СПб.: Амфора, 2001.
6. Голиков А.Н. О количественных закономерностях процесса дивергенции // Гидробиологические исследования самоочищения водоемов. – Л., 1976. С. 90-96.
7. Горбунов П.П. Донное население новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана // Тр. Дрейф эксп. Главсевморпути на л/п «Г. Седов» 1937-1940 гг. – М.–Л. 1946. С. 30-138.
8. Гурьянова Е.Ф. Донная фауна Восточно-Сибирского моря // Научный бюллетень Ленинградского государственного университета. 1948. №21. С. 15-18.
9. Зацепин В.И. Северо-бореальные сообщества “*Modiolus modiolus* – *Pecten islandicus*”, “*Maetra elliptica*” Мурманского побережья // Вестник МГУ. 1946. №2. С. 245-334.
- 10.Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. – М., изд-во АН СССР, 1963.
- 11.Зенкевич Л. А. Моря СССР. Их фауна и флора. – М., Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1956.
- 12.Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки арктических морей России. – СПб, ВНИИОкеангеология. 1999. 286 с.
- 13.Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы – М., 2002. 656 с.

14. Мантейфель Б.П. Краткая характеристика основных закономерностей в изменении планктона Баренцева моря // Труды ПИНРО. 1938. Вып. 1. С. 48-76.
15. Мейланов Р.П. Концепции фрактала в естествознании: Докл. На зас. През. Дагест. науч. центра РАН. – Махачкала, Институт проблем геометрии, 2002.
16. Пергамент Т.С. Бентос Карского моря // Проблемы Арктики. – Л., – М. Изд. Главсевморпути. 1944. С. 102-132.
17. Тихоплав В.Ю., Тихоплав Т.С. Гармония Хаоса, или Фрактальная реальность. – Изд. «Весь» СПб.: 2003.
18. Ушаков П.В. Чукотское море и его донная фауна // Крайний Северо-восток СССР. II. Флора и фауна Чукотского моря. – Л. 1952. С. 5-82.
19. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. 314 с.
20. Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Труды ПИНРО. 1938. Вып. 2. С. 3-58.
21. Численко Л. Л. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. – М., Изд-во. Моск. ун-та 1981, 208 с.
22. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? Пер. с англ. – М.:, 1987.-259 с.
23. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы: миниатюры из бесконечного рая. – Ижевск. НИЦ «Регулярная хаотичная динамика». 2001. 527 с.
24. Aarnio K., Mattila J., Törnroos A., Bonsdorff E. Zoobenthos as an environmental quality element: the ecological significance of sampling design and functional traits. P. 58-65.
25. Corbit J.D., Garbary D.J. Computer simulation of the morphology and development of several species of seaweed using lindenmayer systems // Chaos and Fractals: A Computer Graphical Journey – Elsevier Science B.V. 1998. P. 19-22.
26. Edgar G.A. Measure, Topology and Fractal Geometry, Springer-Verlag, New York, 1990. 412 p.
27. List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic Seas and adjacent waters // Exploration of the Fauna of the Seas. – St. Petersburg. 2001. Vol. 51(59). 131 p.
28. Meokin P. Fractal aggregates and their fractal measures – In. Phase Transitions and Critical Phenomena, eds. C. Domb, J. L. Lebowitz, Academic Press, New York, 1987. 247 p.
29. Michael Barsley. Fractals Everywhere, Acad. Press., Boston, 1988.

30. Peityen H.-O., Richter P. H. The Beauty of Fractals: Images of Complex Dynamical Systems. – Springer-Verlag, Berlin, 1986. 307 p/
31. Pickover C.A. A vacation on Mars—an artist's journey in a computer graphics world // Chaos and Fractals: A Computer Graphical Journey – Elsevier Science B.V. 1998. P. 41-45.
32. Saiz-Salinas J. I., Ramos A. Biomass size-spectra of macrobenthic assemblages along water depth in Antarctica. Volume 178. 1999. P. 223-224.
33. Sirenko B.I., Piepenburg D. Current knowledge on biodiversity and benthic zonation patterns of Eurasian arctic shelf seas, with special reference to the Laptev Sea // Berichte zur Polarforschung. 1994. N 144. P. 69-77.
34. Strayer D. L. Benthic invertebrate Fauna, Lakes and Reservoirs. In: Gene E. Likens, (Editor) Encyclopedia of Inland Waters. volume 2. 2009. P. 191-192.
35. Денисенко С.Г. 2013. Биоразнообразие и биоресурсы макрозообентоса Баренцева моря: структура и многолетние изменения – СПб.: Наука. 284 с.
36. Фауна и экосистемы моря Лаптевых и сопредельных глубоководных участков Арктического бассейна. Ч. I. // Исследования фауны морей. 2004. Т. 54(62). 171 с.
37. Экосистемы и биоресурсы Чукотского моря и сопредельных акваторий // Исслед. фауны морей. 2009. 64 (72). 326 с.
38. Экосистемы и биоресурсы Восточно-Сибирского моря // Исследования фауны морей: 2010. Т. 65(73). 248 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

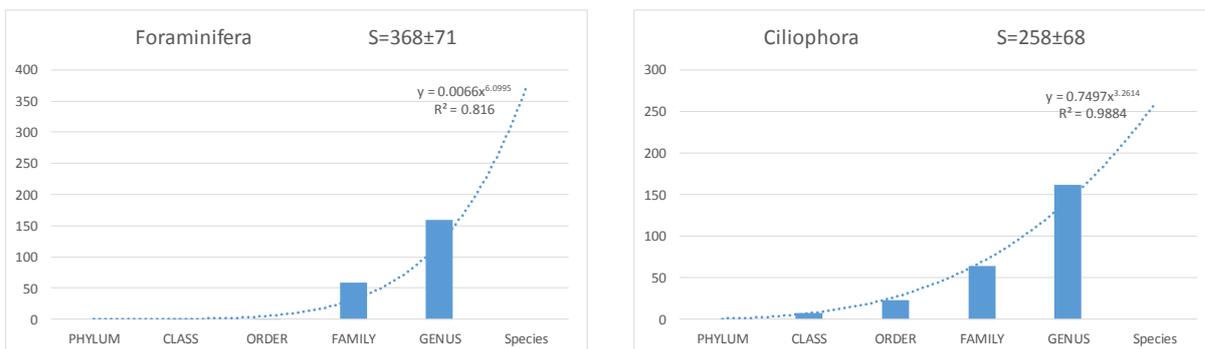


Рис. 13. Прогнозируемое количество видов Foraminifera и Ciliophora в морях российской Арктики

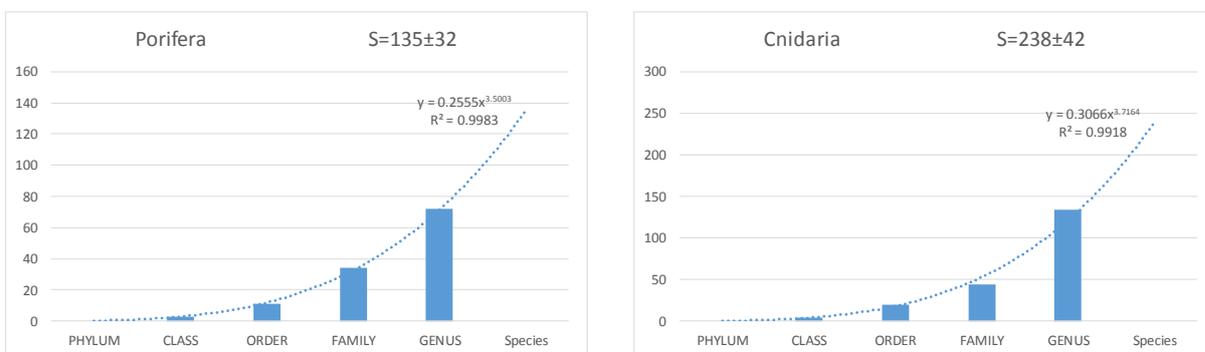


Рис. 14. Прогнозируемое количество видов Porifera и Cnidaria в морях российской Арктики

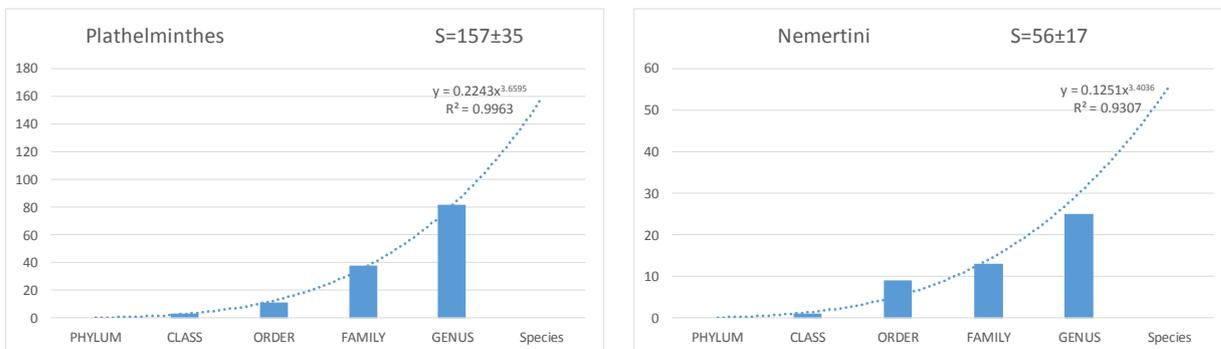


Рис. 15. Прогнозируемое количество видов Plathelminthes и Nemertini в морях российской Арктики

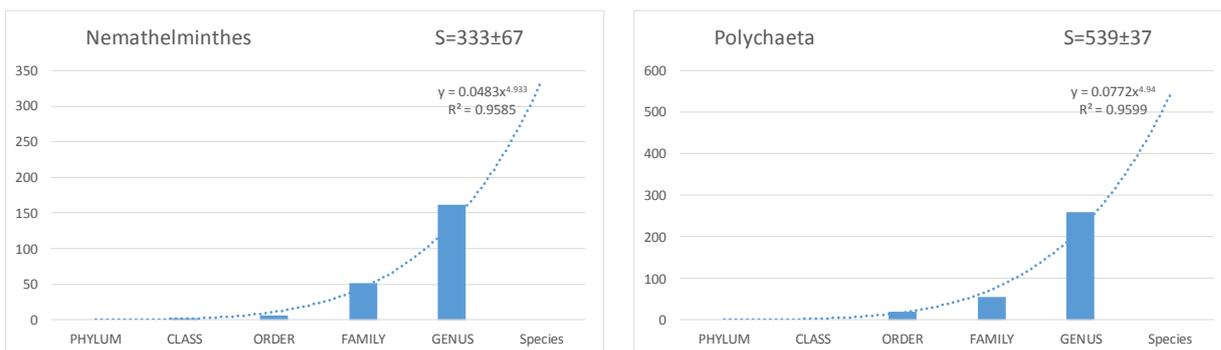


Рис. 16. Прогнозируемое количество видов Nematelminthes и Polychaeta в морях российской Арктики

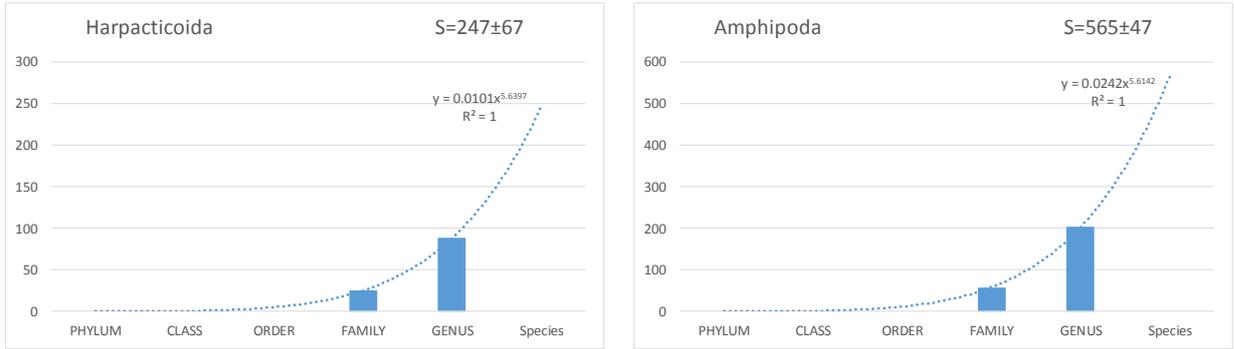


Рис. 17. Прогнозируемое количество видов Harpacticoida и Amphipoda в морях российской Арктики

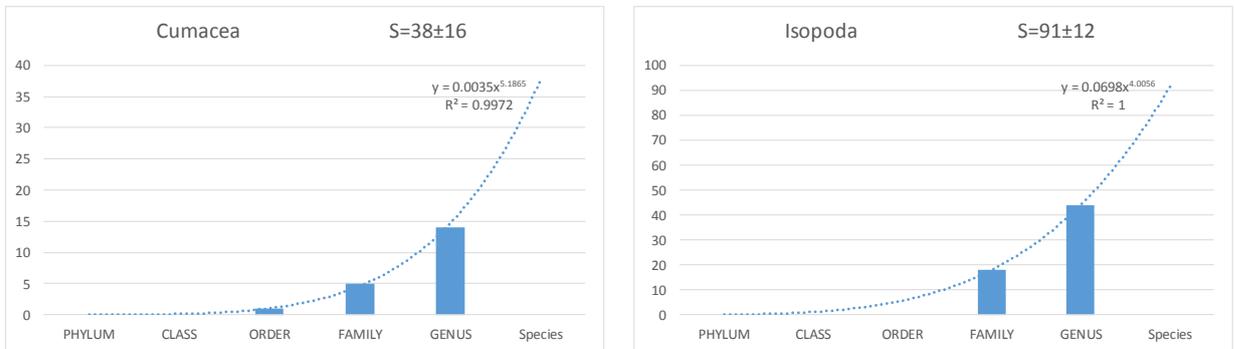


Рис. 18. Прогнозируемое количество видов Cumacea и Isopoda в морях российской Арктики

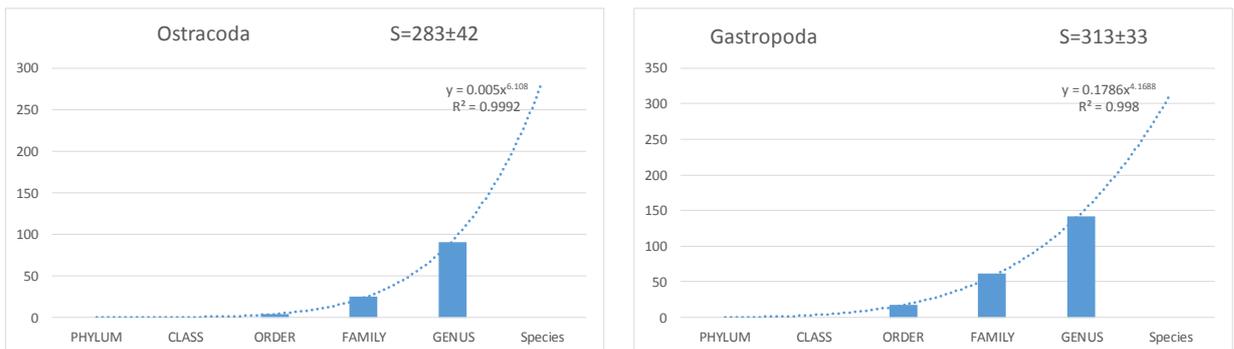


Рис. 19. Прогнозируемое количество видов Ostracoda и Gastropoda в морях российской Арктики

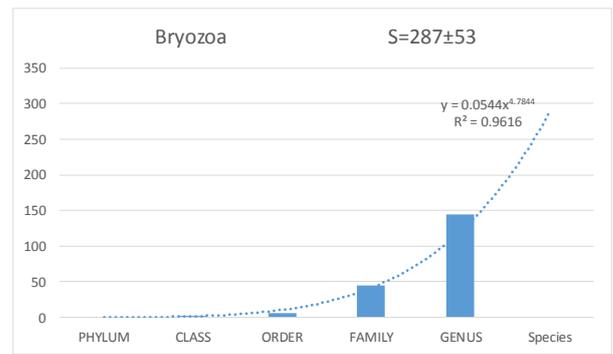
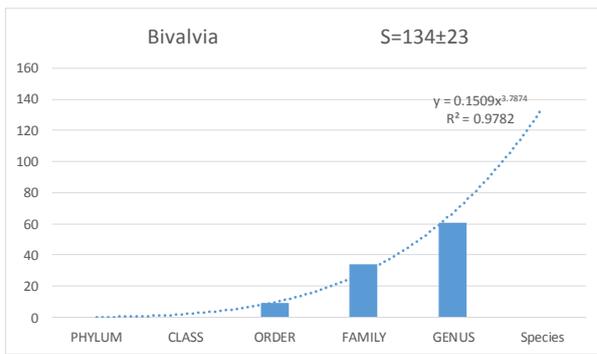


Рис. 20. Прогнозируемое количество видов Bivalvia и Bryozoa в морях российской Арктики

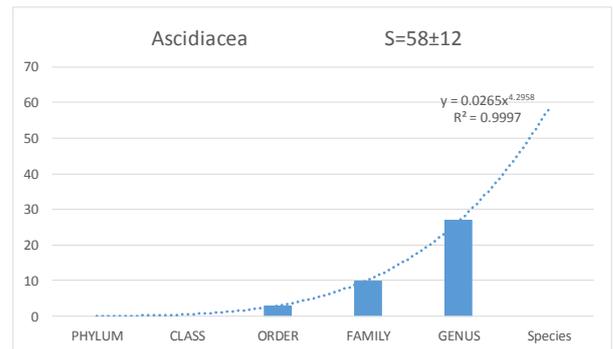
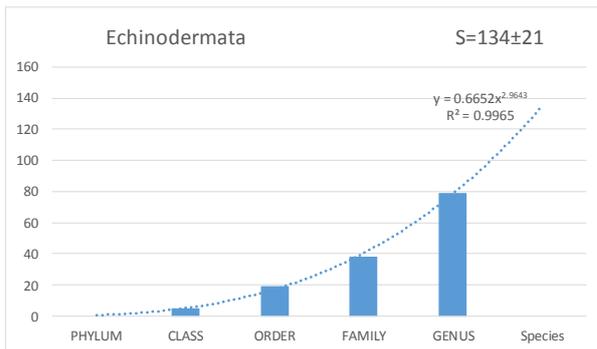


Рис. 21. Прогнозируемое количество видов Echinodermata и Ascidiacea в морях российской Аркти-

ки