

WWF России
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА НА ДОННЫЕ
ЭКОСИСТЕМЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ВОЗМОЖНОСТИ
СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ**

Мурманск
2013

Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий – Мурманск. WWF. 2013. 55 с.

В докладе коллектива авторов представлены доступные для анализа картографические материалы по распределению и количественной представленности макро- и мегабентоса в Баренцевом море. Отдельное внимание уделено ключевым видам и таксонам донных беспозвоночных, наиболее уязвимым для воздействия буксируемых донных орудий лова (тралов и драг).

Обсуждаются основные негативные последствия интенсивной промысловой эксплуатации бентали, а так же проблема сроков её восстановления. Предложены меры по снижению отрицательного воздействия промысла на донные биоценозы в РЭЗ Баренцева моря. Наиболее целесообразным представляется нахождение разумного баланса между экономической выгодой от вылова рыбы и природоохранными мероприятиями.

Табл. 1, илл. 24, библи. 100 назв.

Под общей редакцией д.б.н. С.Г. Денисенко (ЗИН РАН) и к.б.н. К.А. Згуровского (WWF России)

Координатор проекта – А.В. Голенкевич (WWF России)

Рецензенты:

д.б.н. Н.В. Максимович (СПбГУ),
д.б.н. В.В. Скворцов (РПГУ им. А.И. Герцена)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (Денисенко С.Г., Згуровский К.А.)

- 1. Современное состояние проблемы** (Манушин И.Е.)
- 2. Распределение макро- и мегабентоса в Баренцевом море**
 - 2.1. Макробентос (Денисенко С.Г., Анисимова Н.А.)
 - 2.2. Мегабентос (Любин П.А.)
- 3. Воздействие донных тралений и климата на экосистемы бентали Баренцева моря** (Денисенко С.Г.)
- 4. Толерантность донных экосистем к траловому промыслу**
 - 4.1. Наиболее уязвимые компоненты донной фауны для тралового промысла (Анисимова Н.А.)
 - 4.2. Потенциал самовосстановления донных экосистем после терминальных воздействий (Денисенко С.Г., Любин П.А.)
- 5. Возможности по снижению негативного влияния тралового промысла на бентос**
 - 5.1. Регулирование тралового лова в наиболее важных рыбопромысловых районах (Манушин И.Е.)
 - 5.2. Минимизация отрицательных последствий тралений для донных экосистем (Голенкевич А.В.)

Заключение (Згуровский К.А.)

Используемые термины и сокращения

Список источников

Введение

Одной из злободневных проблем современного рыболовства является негативное воздействие донного тралового промысла на донные сообщества гидробионтов, подразделяющихся на фито- и зообентос. Под негативным воздействием понимается уничтожение непромысловых организмов бентоса и изменения в структуре сообществ, являющиеся побочным эффектом ведения промысла. Влияя, таким образом, на функционирование экосистем, эволюционно сложившееся в конкретных районах водоемов, донные траления могут приводить к падению уровня воспроизводства эксплуатируемых водных биоресурсов и снижению продуктивности морской биоты в целом.

Во многих рыбопромысловых районах Мирового океана от губительного воздействия донных тралов и драг, которые непосредственно контактируют с грунтом, страдают как макро-, так и мезозообентос. Повреждающий эффект работы этих орудий лова во многом усугубляется еще и тем, что траления и драгирования проводятся, как правило, на локальных высокопродуктивных участках шельфа с богатой донной фауной. Помимо уничтожения, травмирования и изъятия попадающих в зону облова бентических животных, происходит изменение стратификации верхнего слоя осадков, что нарушает ход естественного развития биоценозов и отрицательно сказывается на кормовой базе бентосоядных рыб.

К категории зообентоса преимущественно относят беспозвоночных животных, хотя в прибрежных районах Баренцева моря в дночерпатели и драги часто попадают мелкие рыбы, такие как бычки, камбалы и песчанки. Исторически сложилось, что рыбы – даже ведущие исключительно придонный и оседлый образ жизни – не включаются в состав зообентоса и составляют отдельную категорию – донную ихтиофауну. Наиболее уязвимой составляющей биоты при донных тралениях является зообентос, поэтому именно ему мы и будем уделять основное внимание.

В современных морских гидробиологических исследованиях принято (обсуждается) подразделение зообентоса на 4 размерные категории: микро-, мейо-, макро- и мега-. К микрозообентосу относятся одноклеточные простейшие (Protozoa) с размером менее 0,1 мм. Граница между мейо- и макробентосом весьма неоднозначна (от 0,1 до 5 мм), но большинством авторов она принимается в пределах 0,5-1,0 мм. При этом верхняя размерная граница макробентосных организмов практически никогда не оговаривается. Еще более расплывчата нижняя размерная граница организмов, подпадающих под понятие «мегафауна» («мегабентос»). Чаще всего к этой категории относят крупных беспозвоночных облавливаемых тралами и драгами и редко попадающих в дночерпатели.

Вместе с тем, если воспользоваться опытом Л.Л.Численко (1981) по выявлению размерно-видовой структуры разных таксономических групп и населения разных биотопов, представляется более естественной следующая размерная шкала представителей зообентоса: макробентос – <0,1 мм, мейобентос – 0,1-1,5 мм, макробентос – 1,5-30 мм, мегабентос – 30-500 мм, гигабентос – >500 мм. В данном случае разница логарифмов соседних размерных классов примерно одинакова, что хорошо согласуется с современными представлениями о фрактальной размерности мироздания. Верхняя граница размеров мейобентоса близка к той, что принята в пресноводной гидробиологии (2-3 мм). Таким образом, к макробентосу будут относиться именно та размерная фракция организмов, которая облавливается преимущественно дночерпателем и остается на промысловой сетке со стороны ячеи – 1,0 мм.

Проблемам воздействия орудий лова на макробентос и мегабентос посвящено довольно много работ (Боханов, и др. 2013.). Вместе с тем, конкретные данные, подтверждающие отрицательное воздействие тралов и драг на донное население, количественные показатели наносимого ущерба остаются до сих пор весьма

малодоступными. Получение их затрудняется необходимостью проведения углубленных исследований морской биоты на популяционном и синэкологическом уровнях организации. Общепринятая в настоящее время точка зрения на проблему может быть сформулирована так: «Снижение биомассы бентоса в результате интенсивных тралений при наложении этого процесса на неблагоприятный климатический тренд и связанные с ним изменения продуктивности может привести к ухудшению кормовой базы донных рыб, таких как треска, морские окуни, палтусы, и ухудшению состояния ресурсов рыболовства» (Боханов, и др. 2013). Вместе с тем, существует мнение, согласно которому донные траления в некоторых случаях повышают продуктивность бентали (Rijnsdorp, Leeuwen, 1996; Hansson et al., 1998; etc.).

Недавняя публикация отчета С. Кристиансен (Christiansen, 2013) «Экологическая устойчивость тралового вылова трески в северо-восточной Арктике по сертификату MSC. Влияние придонного промысла на ареалы обитания бентоса» в апреле 2013 г., в котором подвергается жесткой критике деятельность рыболовных компаний, получивших сертификат MSC, вызвала бурные дискуссии относительно содержания и выводов данного документа.

В настоящем докладе предпринята попытка систематизировать имеющуюся на сегодняшний день информацию о воздействии рыбопромысловых тралений на экосистемы бентали Баренцева моря и дать некоторые рекомендации по их минимизации.

1. Современное состояние проблемы

Траловый промысел демерсальных рыб в Баренцевом море осуществляется уже более столетия. Еще в начале XX века англичане ежегодно добывали тралами от 2,63 до 19,03 тыс. т. рыбы в районе от Рыбачьей банки до п-ва Канин (Карамушко, 2005), и в настоящее время основная доля донных рыб в водоеме продолжает вылавливаться именно таким способом. Этот вид промысла всегда сопровождается «неизбежный приловом» других организмов, не являющихся объектом лова, на который выходят конкретные суда. К этой категории относится молодь основного объекта промысла, другие виды рыб (морской окунь, зубатка, палтус, скаты и др.), а также различные донные беспозвоночные – глубоководные мадрепоровые кораллы, губки, крабы, моллюски, иглокожие и т. п. Такой прилов либо остается на борту и идет на производство рыбной муки, либо – выбрасывается за борт.

В опубликованном в апреле 2013 г. отчете С. Кристиансен (Christiansen, 2013) «Экологическая устойчивость тралового вылова трески в северо-восточной Арктике по сертификату MSC. Влияние придонного промысла на ареалы обитания бентоса» дается подробный анализ результатов воздействия донных тралений на различные типы бентических сообществ Баренцева моря, на основании чего подвергается сомнению не только качество, но и сам смысл сертификации этого промысла. Последний, по мнению автора, наносит непоправимый вред донной фауне и не имеет права быть сертифицирован. Большинство выводов, сделанных в отчете, справедливы и ими могут руководствоваться специалисты. Однако часть из них не совсем корректна и должна быть рассмотрена отдельно.

В документе говорится, что картирование в проекте MAREANO ясно показало взаимоотношение между местообитанием трески и сессильной мегафауной губок, коралловых садов и крупных двустворчатых моллюсков. Однако, это не совсем так. Данные проекта лишь показали, что часть донных тралений совпадает с частью уязвимых областей. Жизненный цикл трески не связан тесно с донными сообществами. Ранние стадии трески (икра, личинки и молодь) являются пелагическими, старшие стадии хотя и ведут придонный/демерсальный (не донный!) образ жизни, но питаются в основном рыбой, зоопланктоном и креветками. Донные беспозвоночные составляют менее 10% от массы их рациона (Dolgov et al., 2011).

Основной вывод автора – промысел трески с использованием донных тралов не может быть признан устойчивым и не должен быть сертифицирован MSC (стр. 28 отчета) – представляется сомнительным. Промысел трески в Баренцевом море в последние годы весьма устойчив. Запас оценивается одной из самых больших величин, наблюдаемых за весь период наблюдения. Предпринятые меры по снижению косвенной промысловой смертности и успешная борьба с ННН-промыслом позволили поднять статус баренцевоморского запаса трески до благополучного. На сегодняшний день он считается крупнейшим в мире (Yaragina et al., 2011).

Современное понимание термина «устойчивость» включает в себя три категории (FAO, 1983):

- биологическую (сохранение биоресурсов, биоразнообразия и морских экосистем);
- социальную (обеспечение справедливого распределения биоресурсов среди разных групп пользователей, а также занятости в рыбохозяйственном комплексе);
- экономическую (рост доходов и производительности труда).

Близко к этому термину лежит и определение «ответственное рыболовство». Данный термин, согласно Канкунской декларации, принятой на Международной конференции по ответственному рыболовству в Канкуне (Мексика) 8 мая 1992 г. (далее – Канкунская декларация 1992 г.), определен как наименование концепции. Данная концепция включает

в себя не только устойчивое использование промысловых ресурсов в гармонии с окружающей средой и использование практики рыболовства и аквакультуры, не наносящей ущерба экосистеме, ресурсам или их качеству, но и добавленную стоимость такой продукции в связи с процессами переработки в соответствии с требуемыми санитарными стандартами, а также проведение коммерческой практики с тем, чтобы предоставить потребителю доступ к продукции высокого качества (ссылка).

К сожалению, отчёт в основном рассматривает только сохранение части биоразнообразия, и только в одной из компонент морских экосистем. Предложение автора использовать неподвижные орудия лова плохо обосновывается экономически. Ловить треску ловушками имеет смысл лишь в том случае, когда её живой по высокой цене можно продавать в близлежащие рестораны (также как добывать водолазами мидий и устриц). К сожалению, в России в обозримом будущем такой промысел не получит широкого развития.

Вместе с тем считают, что ярусный лов трески может быть не менее эффективным, нежели траловый (Чумаков, 2011), и практически безопасным для других морских обитателей (Артюхин и др., 2010). Полагают, что именно поэтому в Норвегии на долю активных орудий лова — таких как донный трал, приходится 35% объемов добычи, а остальная часть улова добывается пассивными орудиями лова — ярусами, ставными сетями, снюрреводами и электронными удочками. Однако, для того чтобы выбрать всю промысловую квоту трески (миллион тонн в год) ярусами понадобится около 1150 ярусоловов (при допущении работы одного судна 250 дней в году и среднесуточном вылове 7 тонн, из них 50% занимает треска (Греков, 2009)). При обработке в сутки 30000 крючков (среднее количество крючков, обрабатываемое за судно-сутки в 1999-2008 гг.) площадь, занимаемая ярусами одного судна, составит не менее 45 км² (было принято, что расстояние между крючками вдоль леера составляет 1,5 м, а ширина свободного пространства от хребтины в каждую сторону – 500 м). Таким образом, площадь морской акватории, одновременно занимаемой ярусами может составить почти 52 тыс. км², что составляет примерно 3,5 % от всего Баренцева моря и более 73% от существующей рыбопромысловой акватории. Поскольку вышеприведенные цифры получены с учетом минимальных исходных параметров, а промысловые скопления трески концентрируются в основном в западной и южной частях Баренцева моря (Mehl et al. 2013), где наблюдается весьма интенсивное судоходство, представляется, что покрытие ярусами этой акватории может вызвать проблемы для других участников экономической деятельности.

Следует также отметить некоторую противоречивость рассуждений автора рассматриваемого отчёта. Например, приводятся многочисленные факты полного разрушения губковых и коралловых биотопов, а также данные об отсутствии в дальнейшем какого-либо восстановления таких биотопов. Значит, эти акватории уже нельзя считать уязвимыми? И тогда промысел донными тралями возможен?

С. Кристиансен обоснованно говорит об огромном вреде, который причиняют донные траления донным биоценозам. Однако часть её аргументов представляется сомнительными. Например, на странице 20 есть рассказ о норвежских рыбаках, которые используют яруса и жаберные сети для вылова донных пород рыб. Рыбаки в начале 1990-х годов пожаловались в Институт морских исследований, что их уловы снизились из-за разрушения тралями коралловых рифов. С. Кристиансен утверждает, что этот факт также говорит о кормовой важности коралловых рифов. На самом деле в конце 1980-х – начале 1990-х гг. запас трески находился в депрессивном состоянии и оценивался как минимальный за весь период наблюдений; то же самое происходило с запасом пикши (Состояние биологических..., 2009). Т.е. снижение уловов связано с общим снижением запаса этих основных промысловых видов донных рыб на всей акватории Баренцева моря, а не с конкретными локальными районами коралловых рифов.

Из рисунка 11 отчёта С. Кристиансен и его описания видно, что в съёмках Института Морских Исследований обычными приловами губок (*Spongia*) являются уловы

100-500 кг на морскую милю, иногда бывают уловы до 5-12,5 т на морскую милю. При этом акватория, отмеченная на рисунке, относится к области интенсивного донного промысла, что позволяет сделать следующий вывод: несмотря на десятилетия интенсивного тралового промысла, донные биоценозы с доминированием губок остаются значимым компонентом экосистемы юго-западной части Баренцева моря. Скорее всего, это связано с избеганием тралщиками плотных поселений *Spongia*, поскольку большие уловы последних чреваты существенными потерями рабочего времени и повреждениями орудий лова.

В целом утверждение автора Сабины Кристиансен о контрпродуктивности сертификации донных траловых промыслов представляется ошибочным. Такая сертификация лучше, чем её отсутствие. Посредством проведения сертификационных процедур общество хоть как-то может воздействовать на рыбопромысловые компании и улучшать, соответственно, экологическую составляющую сертифицированных промыслов. Подробнее об этом мы будем говорить ниже.

2. Распределение макро- и мегабентоса в Баренцевом море

2.1. Макробентос

Результаты проведенных в начале прошлого века промыслово-биологических исследований (Книпович, 1902; 1904) заложили научные основы эксплуатации биоресурсов Баренцева моря и прилегающих районов северной Атлантики. Благодаря специфике гидрологического режима (малой ледовитости) и исключительному рыбохозяйственному значению, Баренцево море в настоящее время является одной из наиболее изученных арктических акваторий. В полной мере это касается и бентосных исследований. За последние сто лет в водоеме было выполнено несколько тысяч бентосных станций, из которых для анализа закономерностей распределения донной фауны может быть использована примерно треть (Табл. 1).

Таблица 1

Основные крупномасштабные бентосные съемки Баренцева моря

Период проведения съемки	Организатор работ	Использованное оборудование для количественных сборов	Кол-во станций	Основные публикации по результатам съемки
1924-1935	ПЛАВМОРНИН (Плавучий морской институт)	Дночерпатель Петерсена 0,25 м ² , 0,2 м ² , 0,1 м ² ,	664	Идельсон, 1930, 1933; Филатова, 1938; Бродская, Зенкевич, 1939
1947-1959	МБС (Мурманская биологическая станция АН СССР), ММБИ (Мурманский морской биологический институт КФ АН СССР), ПИНРО (Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии им Н.М. Книповича)	Дночерпатель Петерсена 0,25 м ² , 0,2 м ² ,	711	Милославская, 1958, 1961; Зацепин, 1962; Галкин, 1964; Пергамент, 1957; Стрельцов, 1966; Ходкина, 1964; Зацепин, Риттих, 1968; Денисенко, 2006
1968-1970	ПИНРО	Дночерпатель «Океан-50» 0,25 м ² ,	417	Антипова, 1975а, b; 1978; Денисенко, 2007
2003	ПИНРО, ЗИН РАН (Зоологический институт РАН) / АРН (консалтинговое гидроэкологическое агентство, Норвегия)	Дночерпатель ван Вина 0,1 м ²	142	Anisimova et al., 2010; 2011, Денисенко, 2007,

Съемка Плавморнин 1924-1935 гг. Наиболее полно в литературе описаны и проанализированы результаты первой бентосной съемки 1924-1935 гг. (Бродская, Зенкевич, 1939), в ходе которой было выполнено 635 дночерпательных станций. Эта съемка является исключительно важной, поскольку ею заложены основы всех базовых представлений о количественных и структурных особенностях баренцевоморского макробентоса. Ее результаты отражают «естественное» состояние донных экосистем до начала активной хозяйственной деятельности, в том числе – интенсивного тралового промысла. Кроме того, съемка выполнена в климатический период наиболее близкий к

среднестатистической температурной многолетней норме (Anisimova et al., 2011), которая, по-видимому, наиболее оптимальна для баренцевоморского бентоса (Галкин, 1987).

Несмотря на то, что значительная часть собранных материалов была идентифицирована только до крупных таксонов, а до видового уровня определены только фонообразующие и массовые виды, съемка до настоящего времени остаётся одной из самых полных и подробных. Последнее, несмотря на растянутый во времени период исследований, позволяет рассматривать ее как исходную точку крупномасштабного мониторинга изменений донной фауны Баренцева моря под влиянием климатических и антропогенных факторов.

Съемки МБС, ММБИ и ПИНРО 1947-1959 гг. Бентосные работы в этот период были начаты ПИНРО в 1947-1949 гг. на судах «Кашалот» и «Саратов», которые обследовали западную часть моря, где выполнили порядка 130 дночерпательных станций. В южной и юго-восточной частях моря исследования проводилась преимущественно судами МБС и ММБИ («Дерюгин» и «Диана»), которые в 1957-1959 гг. выполнили там порядка 140 дночерпательных станций. Фактически, работы в западной части Баренцева моря были осуществлены во время начала послевоенного возобновления тралового промысла, а в юго-восточной части моря – задолго до кратковременного промысла сайки (1969 г.). Таким образом, в обоих случаях материалы этих исследований характеризуют допромысловое состояние донных экосистем. Районы экспедиционной активности судов разных ведомств практически не совпадают, и поэтому результаты соответствующих съемок можно вынести на одну карту, памятуя о том, что работы в западной и юго-восточной частях моря разделяются 10 годами. В обоих случаях они будут отражать состояние донных экосистем в теплый гидролого-климатический период.

По материалам исследований 1947-1959 гг. было опубликовано достаточно много работ о таксономическом составе и количественном распределении зообентоса в обследованных районах моря (Галкин, 1964; Зацепин, 1962; Зацепин, Риттих, 1968а, 1968б; Милославская, 1958а, 1958б, 1961; Пергамент, 1957; Стрельцов, 1966; Ходкина, 1964).

Съемка ПИНРО 1968-1970 гг. Эта съемка была выполнена в сжатые сроки, по единой методике сбора материала и включает 417 дночерпательных станций. Однако непосредственно по ее результатам были опубликованы лишь данные о распределении общей биомассы зообентоса (Антипова, 1975b) и данные о видовом составе и распределении нескольких таксономических групп: Bivalvia (Антипова, 1975a), Bryozoa (Денисенко, 1990), Amphipoda (Bryazgin, 1997) и Echinodermata (Анисимова, 2000). Тем не менее, съемка сыграла огромное значение, продемонстрировав масштабы многолетних флуктуаций бентоса в Баренцевом море. Собранные материалы показали существенное (от 20 до 60% по оценкам разных авторов) снижение общей биомассы бентоса по сравнению с данными 20-30 гг. практически по всей акватории моря и значительные изменения в распространении отдельных видов, а так же их таксономических, биогеографических и трофических групп (Денисенко, 2007). Именно данные этой съемки инициировали начало многолетней дискуссии о причинах и механизмах многолетних изменений, происходящих в Баренцевом море на экосистемном уровне.

Съемки ПИНРО и ЗИН/APN 2003 г. Последние детальные бентосные съемки, материалы по которым в настоящее время общедоступны, были проведены ПИНРО и ЗИН РАН совместно с APN в 2003 г. Съемка ПИНРО повторяет сетку станций, выполненных в южно-центральной части моря в 1968-70 гг. (Anisimova et al., 2011), а съемка ЗИН/APN охватывает северо-центральную часть (Denisenko et al., 2006). Соответствующие картографические сведения по распределению общей биомассы, численности, трофической структуре и сообществам макрозообентоса для 95 станций, выполненных ПИНРО, и 47 станций, выполненных ЗИН/APN, частично уже опубликованы (Denisenko et al., 2006; Денисенко, 2007; Anisimova et al., 2010, 2011) и могут быть совместно использованы в настоящем исследовании как материалы единой съемки.

Существующие достаточно обширные материалы (принадлежащие преимущественно геологическим и экологическим организациям, гидрометеорологическим службам и т.п.) по количественному учету донной фауны Баренцева моря не рассматриваются в данном докладе, поскольку они были получены для отдельных локальных районов и значительно отстоящих друг от друга временных интервалов, либо – собраны и обработаны методами, значительно отличающимися от стандартных.

Таким образом, в настоящее время доступные для анализа данные имеются по 4-м целенаправленным бентосным съемкам, отражающим состояние донных экосистем Баренцева моря, как в разные климатические периоды, так и на разных этапах хозяйственного освоения водоема.

Карты распределения биомассы зообентоса, построенные для четырех периодов исследований (рис. 1), различаются в основном деталями и абсолютными интегральными значениями биомассы, но в целом отражают одинаковые закономерности генерального распределения донной фауны в Баренцевом море. При этом сравнение названных карт за разные временные периоды, приведенных к общей шкале градаций биомассы (рис. 1), показывает весьма значительные колебания этого параметра в пределах водоема. Причины и механизмы зарегистрированных вариаций дискутируются в научной литературе, и среди наиболее значимых факторов этих изменений в настоящее время рассматриваются негативное воздействие тралового промысла и климатические флуктуации.

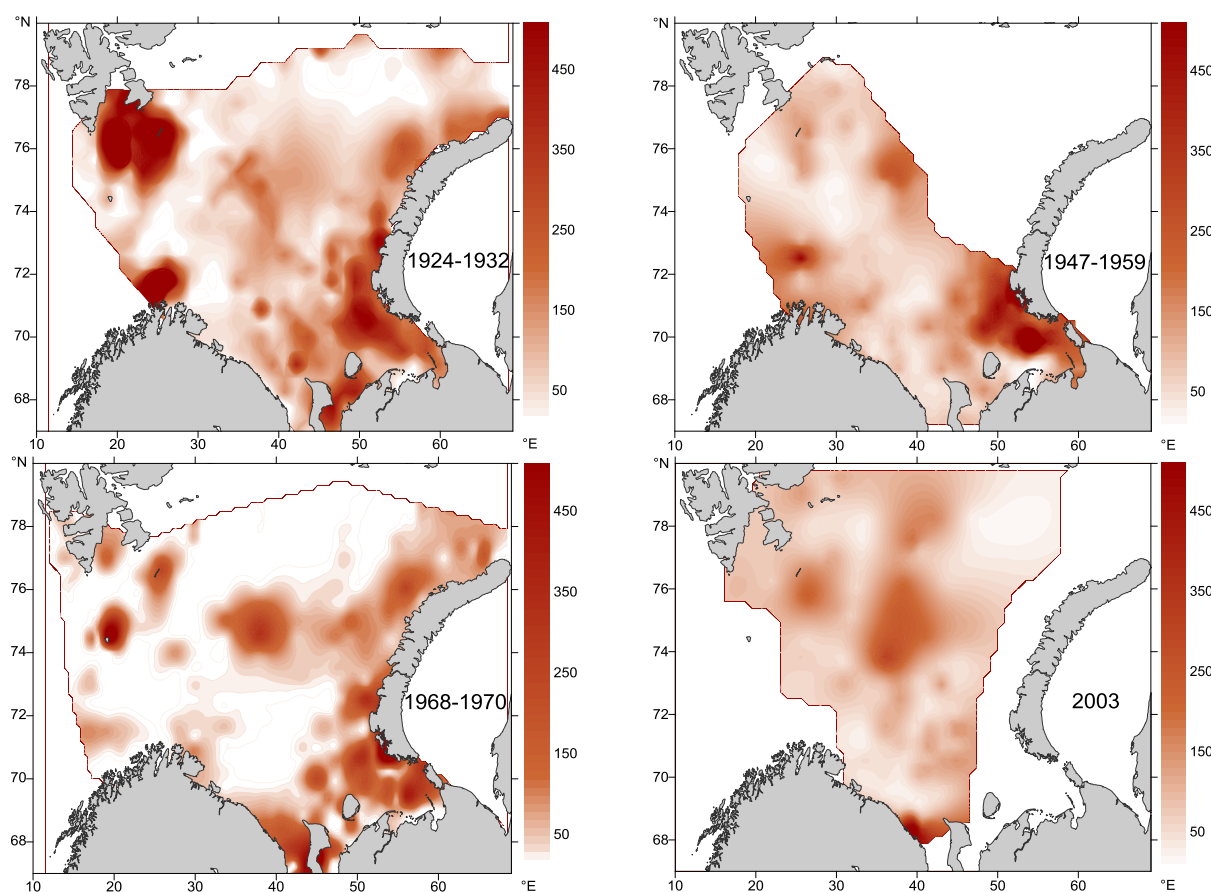


Рис. 1. Распределение общей биомассы макрозообентоса в Баренцевом море (г/м^2 влажной фиксированной массы) в разные периоды исследований (построено по данным оригинальных архивных материалов, за исключением участка южнее 72°CШ для 2003 г., где использованы оцифрованные величины из публикации Anisimova et al., 2010)

На карте распределения общей биомассы макрозообентоса, построенной по материалам съемки 1924-1935 гг. в юго-западной части моря отчетливо выделяется пятно повышенной биомассы (рис. 1) которое отсутствует на карте, построенной В.А.Броцкой и Л.А.Зенкевичем (1939), но присутствует на карте, построенной по этим же материалам З.А.Филатовой (1938). Кроме того, локальный максимум биомассы наблюдается в районе Надеждинско-Шпицбергенского мелководья, который опять же не отмечен на карте, опубликованной в 1939 г.

В конце 40-х и 50-х годов распределение общей биомассы зообентоса в Баренцевом море было примерно таким же, как и в предыдущий период исследований, за исключением Надеждинско-Шпицбергенского мелководья, где она существенно уменьшилась. В 1968-1970 гг. общая биомасса бентоса в Баренцевом море еще больше уменьшилась (почти на 60 %) по сравнению с предыдущими периодами исследований.

В 2003 г. локальные максимумы биомассы зообентоса в северо-центральной и южной частях моря располагались примерно в тех же районах, что и в другие периоды исследований, а значения биомассы варьировали в тех же пределах, что и в 1924-1935, 1947-1949 гг.

Трофическая структура зообентоса Баренцева моря во все периоды исследований характеризовалась заметной стабильностью в соотношениях биоресурсов животных с разными типами питания. При одинаковых площадях обитания фильтраторов и детритофагов в водоеме в целом однозначно превалирует фильтрационный тип питания (более 60 % суммарной биомассы) за счет большей удельной биомассы фильтраторов (Денисенко, 2007).

В то же время сравнение пространственного распределения беспозвоночных с различным типом питания показывает, что в Баренцевом море не наблюдается четкого разграничения местообитаний тех или иных пищевых группировок, и площади их поселений практически полностью перекрываются, хотя соответствующие изобенты совпадают менее чем на 50%. Взаимное существование разных трофических групп на одних и тех же участках дна хорошо объясняется вертикальной схемой трофическо-ярусной структуры донных сообществ, предложенной Е.П.Турпаевой (Турпаева, 1953; Нейман, 1988).

В последнее время для целей мониторинга и изучения многолетней динамики зообентоса предлагается анализ количественного распределения видов (таксонов), формирующих основную долю суммарной биомассы исследуемых районов. (Denisenko, 2004). По "западной" терминологии их можно рассматривать как "ключевые виды" (key species) – т.е. важные для структуры и функции экосистем (например, по биомассе, численности, продуктивности или функциональной роли) и контролирующие многие синэкологические процессы, включая потоки энергии (Piranio et al., 2002).

Практическое применение предложенного подхода позволило впервые на основе статистически взвешенных относительно площади данных показать, что 75–80 % суммарной биомассы зообентоса Баренцева моря в конкретный период исследований образуют 15–20 таксонов, преимущественно в ранге вида (Denisenko, 2004; Wassmann et al., 2006). При этом 40-50 % биомассы приходится на 7–10 видов.

Одним из таких таксонов, биомасса которых в Баренцевом море к настоящему моменту существенно уменьшилась, были губки (преимущественно *Geodia baretii* и *Thenea muricata*). В 1924-1935 гг. их средняя биомасса в западной части Баренцева моря составляла 73 г/м², в 1947-1949 гг. она снизилась до 21 г/м², в 1986-1970 гг. – до 9 г/м² (рис. 2), и в 2003 г. – осталась практически на уровне предыдущих наблюдений – 11 г/м². По материалам съемок 2003 г. поселения губок были отмечены только в северной и юго-западной частях моря. В последнем районе биомасса Porifera была примерно на том же уровне, что и в 1968-1970 гг., а индекс благополучия донных сообществ показывал наличие экологического стресса (Anisimova et al., 2010).

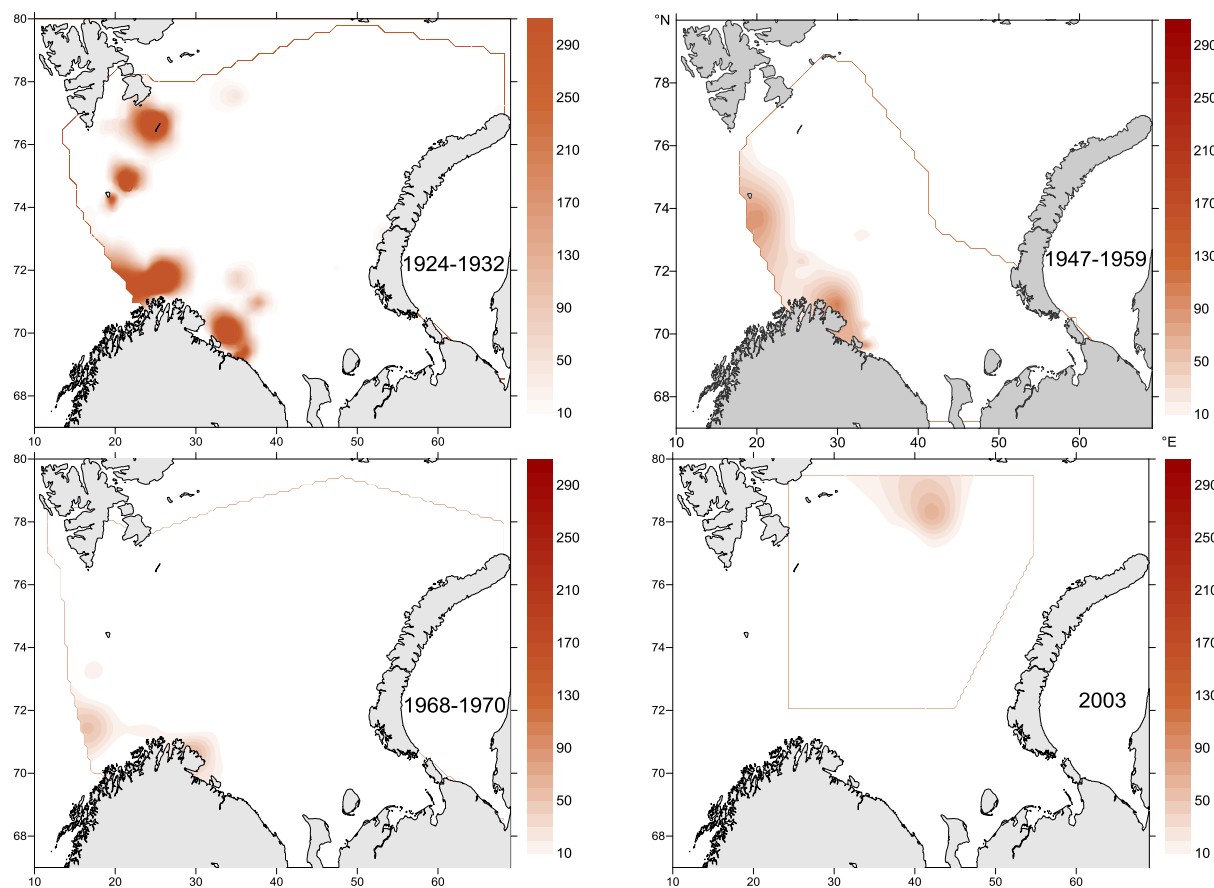


Рис. 2. Распределение общей биомассы губок в Баренцевом море (г/м² влажной фиксированной массы) в разные периоды исследований (построено по данным оригинальных архивных материалов)

Суммарная биомасса этих примитивных фильтрующих организмов в Баренцевом море с момента первых количественных наблюдений сильно сократилась, а из центральной части моря губки исчезли практически полностью. В работах А.В.Ересковского (Ereskovsky, 1995) также сделан вывод о существенном снижении биомассы губок в западной части моря – в 13 раз.

2.2 Мегабентос

Методические сложности количественного учета бентосных организмов с помощью буксируемых орудий лова (донных тралов и драг) привели к тому, что наибольшую популярность в гидробиологических исследованиях приобрели количественные исследования с помощью дночерпателя. В результате возникла парадоксальная ситуация – знания о количественном распределении крупных организмов, относимых к категории мегабентоса (крупные хищные звезды, морские ежи, морские лилии, коралловые полипы, большинство губок) оказались значительно более скудными, чем о более мелком и многочисленном макробентосе.

Для Баренцева моря ситуация несколько изменилась начиная с 2004 г. когда ПИНРО совместно с IMR в рамках совместных экосистемных съемок начали регулярный, ежегодный полномасштабный учёт приловов донных беспозвоночных при донных тралениях. Траления проводятся стандартным тралом “Campelen” по регулярной сетке, охватывающей все Баренцево море. Экспресс результаты этих исследований с описанием

применяемых методик и карт распределения общей биомассы приловов и соотношения в них представителей основных таксономических групп ежегодно по окончании съемок публикуются периодическом издании IMR/PINRO Join Report Series в виде рейсовых отчетов, которые можно найти на официальном сайте IMR по адресу: http://www.imr.no/publikasjoner/andre_publicasjoner/imr-pinro_samarbeidsrapporter/en.

В результате этих работ были получены общие представления о распределении общей биомассы и основных видовых ассоциаций мегабентоса Баренцева моря (рис. 3, 4).

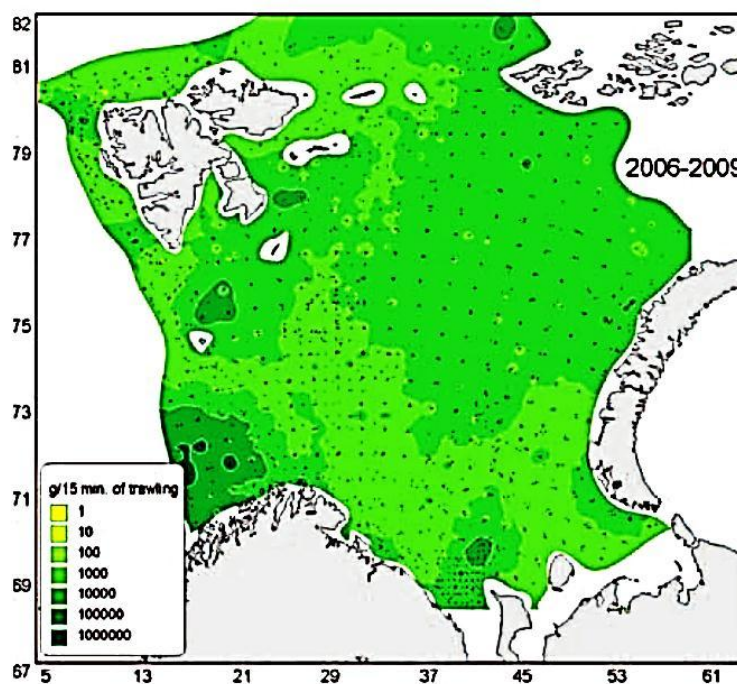


Рис. 3. – Распределение биомассы траловых приловов мегабентоса по данным исследований 2006–2009 гг. (Любин и др., 2010)

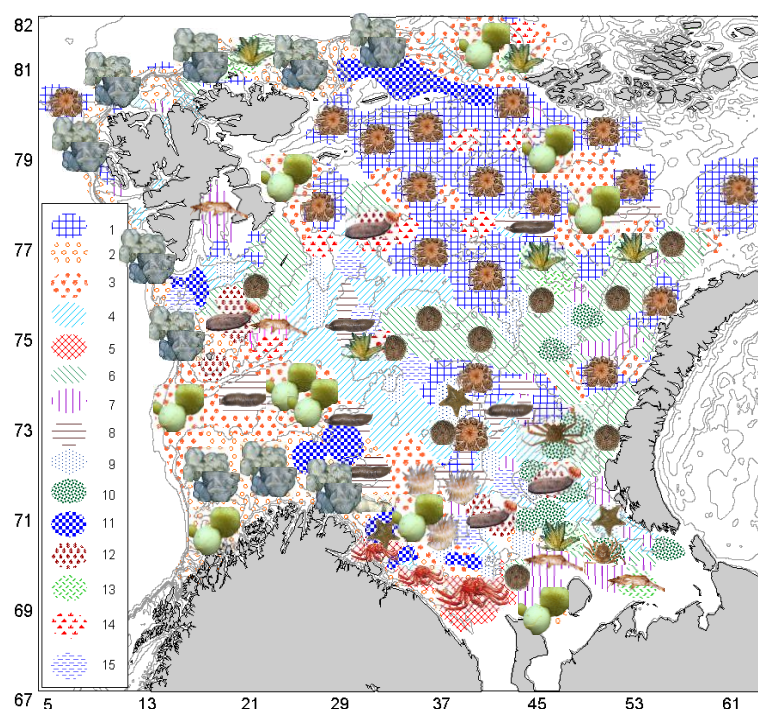


Рис. 4. Районы доминирования различных представителей мегазообентоса в Баренцевом море в 2006-2011 гг. (По: Любин и др. 2010, Anisimova et al., 2011).

Обозначения: 1– *Gorgonocephalus* spp., 2– *Geodia* spp., 3 – *Spongia* g. spp., 4– *Ctenodiscus crispatus*, 5– *Paralithodes camtschaticus*, 6– *Strongylocentrotus* spp., 7– *Sabinea septemcarinata*, 8– *Molpadia* spp., 9– *Urasterias linckii*, 10– *Chionoecetes opilio*, 11– *Hippasteria phrygiana*, 12– *Cucumaria frondosa*, 13– *Sclerocrangon* spp., 14– Crinoidea g. spp., 15– *Icasterias panopla*.

Проводимый на основании полученных материалов анализ прилова беспозвоночных донными травами позволяет оценить уровень прямого урона донным сообществам за счет непосредственного изъятия крупных организмов. Кроме того, сравнительный анализ состояния мегабентосной составляющей донных сообществ в районах с различной интенсивностью промысла позволяет косвенно оценить характер и степень его воздействия на донное население в целом.

3. Воздействие донных тралений и климата на экосистемы бентали Баренцева моря

В Баренцевом море, одном из наиболее продуктивных морей Европейского Севера России, траловый лов рыбы существует с конца прошлого столетия (Маслов, 1944), и уже более двух десятилетий ведется драговый промысел исландского гребешка (Золотарев, 2012). Однако конкретные работы по оценке воздействия тралений на экосистемы бентали здесь никогда не проводились.

Вместе с тем площадь дна, ежегодно облавливаемая советскими траулерами в Баренцевом море за период с 1955 по 1985 гг. колебалась от 6.5 до 59.0 тыс. км² (Денисенко, Денисенко, 1991). Наиболее интенсивно облавливаются районы мурманской банки, побережья Северной Норвегии, Западного и Восточного Мурмана, наименее интенсивно – северо-восточные районы (рис. 3). Последнее может обуславливаться слабым проникновением в эти широты атлантических вод, вдоль струй которых совершает свои миграции треска, и неблагоприятной ледовой обстановкой, ограничивающей ежегодные сроки промысла. Значимая высокая корреляция ($R^2=0.826$) отечественного и иностранного вылова трески (по материалам ICES), позволяет предположить, что площадь дна Баренцева моря, ежегодно облавливаемая зарубежными судами, превышала таковую для советских судов в 2.5–3.5 раза (при условии близких средних величин улова на единицу промыслового усилия).

Несложные вычисления с учетом различий биомассы зообентоса конкретных рыбопромысловых районов показывают, что за год при траловом промысле донных рыб в Баренцевом море изымалось в среднем от одного до полутора миллионов тонн бентических организмов (Денисенко, Денисенко, 1991), что превышало объемы ежегодного вылова рыбы.

Большинство короткоживущих донных организмов являются сравнительно мелкими представителями инфауны и, отчасти, эпифауны. Во время движения трала по дну они вымываются или выпаживаются из верхнего слоя грунта и становятся легкой добычей бентосоядных рыб. Так, например, после неоднократных тралений в течение четырех дней на одном и том же участке длиной 2.4 км в районе банки Кливер на юге Северного моря, зообентос значительно обеднялся, усилилось его выедание (Peterson et al., 1987). В приловах было поднято большое количество двустворчатых моллюсков и морских звезд. Количество выловленных животных уменьшалось от улова к улову, при этом все больше попадалось раздавленных особей. В желудках морских камбал и ершevatок наряду с мелкими двустворками и офиурами, обычно доступными для выедания, стало больше раздавленных морских ежей. На это место собирались рыбы из близлежащих районов и питались извлеченными из грунта животными. После истощения этого пищевого ресурса район рыбой оскудел.

Если для мелких организмов опасность изъятия донным тралом, сшитым, как правило, из крупноячеистой дели, практически равна нулю, то крупные гидробионты нередко в больших количествах поднимаются на палубы судов вместе с рыбой. Наиболее часто в приловах встречаются губки (юго-западные районы моря) и кукумарии (западные, юго-западные, южные и юго-восточные районы моря). Количество этих животных, вылавливаемых за одно траление, достигает порой нескольких тонн; но, не находя хозяйственного применения, все они выбрасываются за борт. Вместе с тем, не только изъятие, но и перемещение большого количества животных на новое место обитания сопряжено с опасностью деформаций сложившихся трофических связей и нарушением баланса энергии в донных сообществах и биоценозах.

Анализ материалов бентосных съемок 1924-1935 и 1968-1970 гг. показал, что величина биомассы зообентоса в Баренцевом море в целом к концу 60-х годов прошлого

столетия уменьшилась не на 20 %, как указывала Т.В. Антипова (1975а), а почти на 60 % (Денисенко, 2007). При этом изменениями величины первичной продукции вследствие климатических флуктуаций (Slagstad, Stokke, 1994) можно объяснить вариации биомассы зообентоса, не превышающие 30 %, и только при условии наличия недостаточного количества пищи для животных. Различиями в применявшихся методах сбора и обработки материала можно объяснить, по расчетам автора, еще 4–5 % уменьшения биомассы, но не более.

Реальная причина уменьшения биомассы зообентоса в Баренцевом море в конце 60-х годов заключается в интенсивном траловом лове донных рыб, как это показано выше. Результаты картирования районов наиболее интенсивного промысла (Денисенко, Денисенко, 1991) свидетельствуют о неравномерном воздействии донных тралений на зообентос в разных частях моря (рис. 5). Сопоставление карты, отображающей интенсивность промысловых усилий, с картой уменьшения биомассы зообентоса подтвердило сделанные выше выводы о негативном воздействии рыболовства, так как районы наиболее значительного уменьшения биомассы бентоса совпали с основными промысловыми районами (рис. 5). Тренды полученных поверхностей для траловых усилий и убыли биомассы оказались очень близкими, что свидетельствует об их высокой скоррелированности (Берлянт, 1986). Коэффициент детерминации (R^2) для интерполяционных узлов этих поверхностей значим на уровне вероятности нулевой гипотезы 0.001 и превышает 0.85.

Прямая оценка взаимосвязи промысловой активности и уменьшения биомассы оказалась крайне затруднительной вследствие значительного расхождения во времени и пространстве данных об интенсивности донных тралений и о распределении зообентоса. Поэтому более детальный анализ причин уменьшения биомассы был выполнен для района, ограниченного, на настоящий момент исследований, участками моря, прилегающими к Кольскому разрезу. Результаты анализа представлены на рисунке 6 и позволяют сделать следующие выводы. Высокая степень корреляции значений биомассы (при 4-летней задержке) и интенсивности донных тралений вдоль Кольского меридиана позволяет рассматривать эту связь как более сильную, чем просто статистическую.

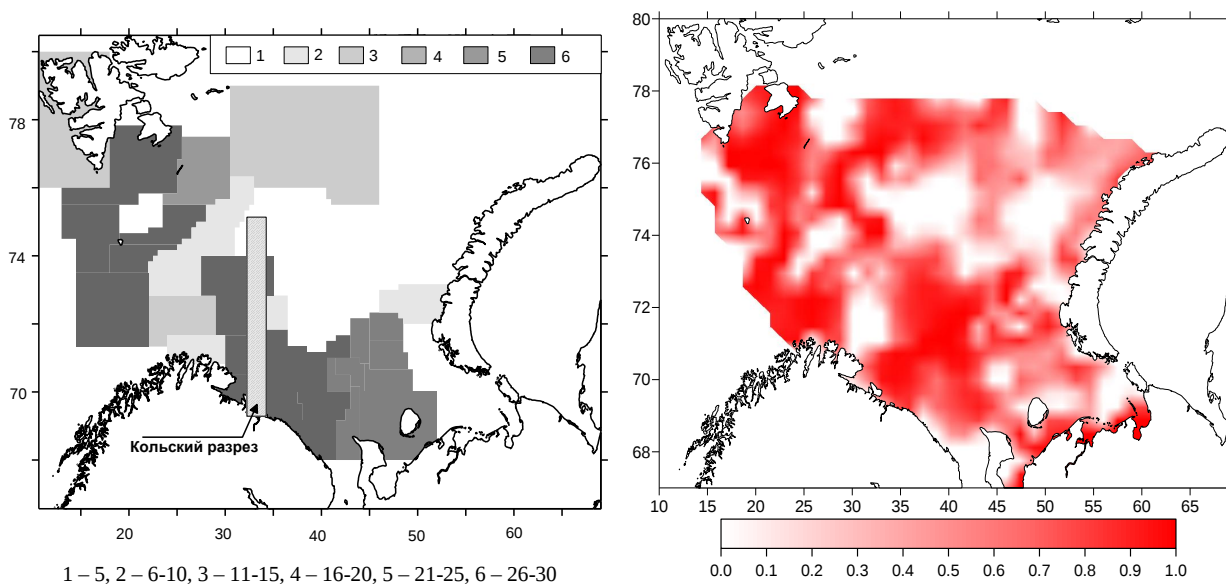


Рис.5. Количество промысловых лет в стандартных рыбопромысловых районах Баренцева моря (слева): и убыль биомассы зообентоса (справа) в 1968-70 гг. по сравнению с 1924-32 гг. ($1-b_2/b_1$)

Точки значений, отображенные на диаграмме (рис. 6), демонстрируют тот факт, что наиболее напряженные в промысловом отношении годы сопровождались уменьшением биомассы зообентоса вплоть до 70 %. Эти расчеты близки к тем значениям, которые были

получены при сравнении карт, иллюстрирующих количественное распределение зообентоса двух съемок, выполненных в 20-30-е и 60-е годы прошлого столетия.

Кривая уменьшения биомассы зообентоса в зависимости от интенсивности донных тралений (Denisenko, 2001) хорошо совпадает с моделью (Duplisea et al., 2002). Авторы модели придерживаются мнения о независимости смертности от массы тела для животных с мягкими покровами и полагают, что для организмов с твердыми покровами смертность зависит от массы, следуя кривой близкой к логнормальному распределению с положительной асимметрией.

Четырехлетняя задержка в реакции зообентоса на выполненные донные траления, по-видимому, обусловлена средней ожидаемой продолжительностью жизни донных организмов, которая может быть оценена как величина обратная скорости оборота биомассы. Скорость оборота биомассы или P/B коэффициент (отношение продукции к биомассе) для зообентоса Баренцева моря находится в пределах $0.2\text{--}0.3\cdot\text{год}^{-1}$ (Броцкая, Зенкевич, 1939; Зенкевич, 1963). Исходя из этого, средняя продолжительность жизни бентических организмов можно оценить равной $1/0.25\cdot\text{год}^{-1} = 4$ года, чему и соответствует 4-летняя задержка в реакции зообентоса на донные траления.

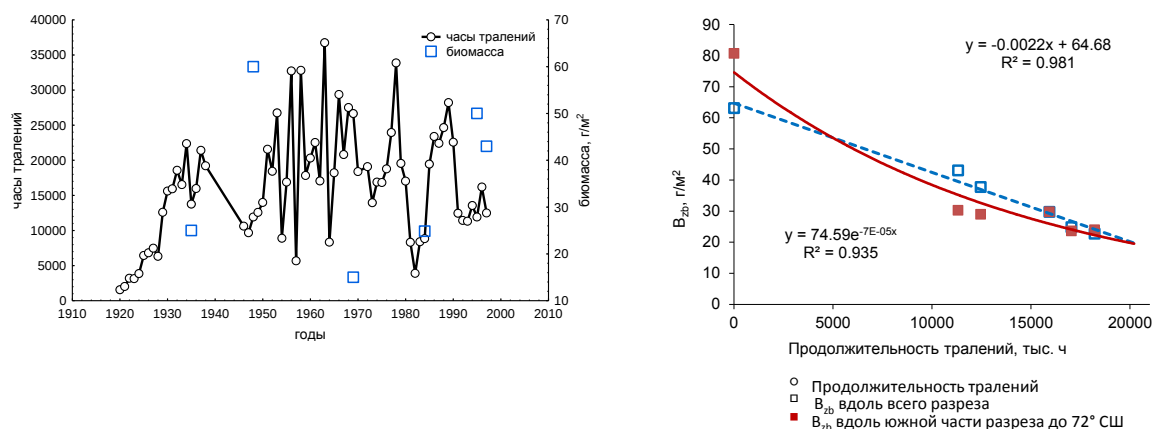


Рис.6. Среднегодовая траловая активность (3-летние скользящие средние) и биомасса зообентоса вдоль разреза «Кольский меридиан» в период с 1920 по 1997 гг. (слева) и соответствующая зависимость биомассы (4-летнее запаздывание) от траловой активности (справа)

Таким образом, донные траления являются одним из основных факторов, влияющих на многолетние флуктуации биомассы зообентоса, а, следовательно, и на донные сообщества Баренцева моря. Отрицательная роль тралений сводится не только к уничтожению взрослых особей, но и к уничтожению их потенциального потомства. Отсутствие тралового промысла в Баренцевом море в период Великой Отечественной войны объясняет высокие значения биомассы донных организмов вдоль Кольского меридиана в конце 40-х годов, когда рыболовная отрасль народного хозяйства только начала восстанавливаться.

Количество регионов Баренцева моря, где отсутствует промысел донных рыб относительно невелико. Один из них – Печорское море, где проводились траления только с целью научных исследований, а также был организован краткосрочный промысел полярной тресочки – сайки разноглубинными травами, которые практически не затрагивают морского дна. Общая биомасса в Печорском море в 1968-1969 гг. после сильного похолодания, была на треть меньше (Денисенко, 2006), чем в другие периоды, что полностью могло объясняться размахом температурно-обусловленных вариаций первичной продукции в Баренцевом море (Slagstad, Stokke, 1994). После потеплений пространственное распределение общей биомассы зообентоса Печорского моря было наиболее сходным в 20-е и 50-е годы, несколько отличаясь от такового в 90-е,

преимущественно за счет юго-западной части. Похожие изменения отмечены также и для средней биомассы, и для биоресурсов. Их минимальные величины были зарегистрированы в конце 60-х годов, а в 50-е годы имело место незначительное снижение по отношению к 20-м годам, обусловленное в основном уменьшением биомассы второстепенных видов.

Рассчитанные и построенные карты разности биомассы последовательно для всех периодов наблюдений (Денисенко, 2006) показали, что наиболее значимые изменения происходили в районах подверженных влиянию струй основных течений: теплого Колгуево-Печорского, стокового Печорского и холодного течения.

Предположительно, увеличение общей биомассы после потеплений является результатом более высокой выживаемости молоди в большинстве видовых популяций зообентоса и большей продуктивности последних за счет увеличения первичной продукции морских экосистем благодаря усилению циркуляции водных масс, способствующему дополнительной адвекции биогенов и ускорению их рециклинга.

Основные доминирующие в Печорском море представители зообентоса реагируют на гидрологические флуктуации с задержкой в несколько лет, которая в большинстве случаев обуславливается возрастом кульминации биомассы в их популяциях. Общее количественное развитие зообентоса в периоды исследований, значительно различающихся по температурным условиям, демонстрирует разнонаправленные тренды преимущественно на участках, подверженных воздействию трансформированных атлантических вод. В периоды, незначительно различающиеся по температурным условиям, разнонаправленные тренды проявляются преимущественно на участках подверженных воздействию стока Печоры и беломорских вод, поступающих через Поморский пролив.

Химическое загрязнение Печорского моря, как и траловый лов рыбы, до недавнего времени практически отсутствовало, поскольку в водной толще и донных осадках не было найдено сколь либо значимых концентраций загрязняющих веществ (Loring et al., 1995; Ильин и др., 1996), которые могли бы оказать заметное влияние на структуру сообществ зообентоса. Поэтому, можно сделать вывод о том, что имевшие место флуктуации донного населения в Печорском море были вызваны естественными причинами, преимущественно климатического характера. В результате потеплений здесь происходит увеличение биомассы зообентоса в зоне влияния усиливающегося Колгуево-Печорского течения и уменьшение – в центральной части моря и у юго-западной оконечности Новой Земли. Процесс похолодания сопровождается уменьшением биомассы в зоне влияния усиливающегося стокового течения из Печоры и течения Литке и увеличением – в центральной части моря и у юго-западной оконечности Новой Земли.

В то же время в промыслово-значимых районах Баренцева моря (западные и южные) основные изменения в биомассе и структуре макрозообентоса, отмеченные во второй половине XX столетия, были вызваны воздействием непомерного для этого водоёма тралового промысла Денисенко (2007, 2008). В результате была подорвана не только сырьевая база традиционных объектов промысла (треска, камбала, окунь, палтус) но и ресурсы зообентоса, биомасса которого уменьшилась более чем вдвое. При этом наиболее пострадали поселения донных фильтраторов в западной части Баренцева моря. Массовые поселения губок, доминировавших в эпифауне этой части моря в 1920-1930-е, были уничтожены практически полностью. Это привело к изменению трофической структуры бентоса целых районов моря.

В последующие годы, в период некоторого спада интенсивности рыбного промысла, стало отмечаться незначительное восстановление ареалов и биоресурсов деградировавших в 60-е годы массовых видов, крупных таксонов и трофических групп зообентоса. Более поздние съёмки 2003 г. показали некоторый рост биомассы макрозообентоса, в том числе и в юго-западной, интенсивно эксплуатируемой части Баренцева моря.

4. Толерантность донных экосистем к траловому промыслу

4.1. Наиболее уязвимые компоненты донной фауны для тралового промысла

Очевидно, что наиболее уязвимыми для воздействия донных тралений являются крупные организмы эпифауны и сообщества, которые формируются на базе их доминирования. Данное мнение преобладает в природоохранной области (Боханов и др., 2013), хотя сведения о негативном воздействии донных тралений на инфауну мягких грунтов так же весьма многочисленны и убедительны (Graham 1955, de Groot 1984; Peterson et al. 1987; Bergman & Hup 1992; Lindeboom & de Groot 1998; Bergman and Van Santbrink 2000; Kaiser и de Groot 2000; Løkkeborg 2005; Денисенко, 2008).

В настоящее время в международных природоохранных организациях к наиболее уязвимым для тралового промысла и подлежащим охране, в первую очередь, относят сообщества губок и коралловых полипов. В европейских водах наибольшее внимание уделяется колониям самого северного в мире мадрепорового коралла *Lophelia*, образующего мощные рифы вдоль континентального склона всего побережья Норвегии (рис. 7). Будучи представителем тропической по происхождению группы мадрепоровых кораллов, лофелия ограничена в своем распространении водами с положительной температурой. Максимальная зимняя температура воды при которой этот коралл еще встречается у берегов Норвегии составляет порядка 4 °C, наиболее же интенсивно он развивается, образуя заросли и рифы, при температуре около 6 °C (Филатова, 1938). До конца прошлого века северной границей распространения этого вида у берегов Норвегии считался о. Сёрёйя (22-23° в.д.) (Nordgaard, 1935 по Филатова, 1938; Brattegard, Holte, 1997). В настоящее время имеются сведения о его распространении вплоть до п-ва Варангер (71° с.ш., 28-30° в.д.). Таким образом, все известные к настоящему времени в пределах баренцевоморского шельфа колонии расположены в юго-западной части моря у берегов Норвегии за пределами РЭЗ (рис. 8). Являясь объектом пристального внимания и охраны в водах Норвегии этот вид абсолютно не характерен собственно для Баренцева моря и в пределах РЭЗ не известно ни одной колонии. Это совершенно естественно и объяснимо. В пределах РЭЗ нет ни гидрологических, ни температурных условий для формирования колоний этого вида.

Более характерны для баренцевоморского шельфа поселения губок, бóльшая часть которых сформированы в основном представителями родов *Geodia*, *Thenaea*, *Tetilla*, *Phakellia*, *Rhadiella*, *Polymastia*. Будучи фильтраторами, губки образуют массовые поселения в районах с активной придонной гидродинамикой: на глубоководных банках и их склонах; богатейшие губочные сообщества формируются в области внешней кромки баренцевоморского шельфа и верхней части континентального склона, где особенности гидродинамического режима создают уникальные условия для развития эпифауны сестонофагов-фильтраторов. Мощнейшие поселения губок, с доминированием представителей рода *Geodia* зарегистрированы в самой юго-западной части шельфа в районе Банки Тромсё (Tromsøflaket), где воды Восточной ветви Норвежского течения выходят на баренцевоморский шельф (рис. 9).



Рис. 7. Внешний вид лопелиевого рифа (слева – фото из: Till bunnns..., 2010) и часть колонии *Lophelia pertusa* (справа – фото Kare Telnes, <http://www.seawater.no>)

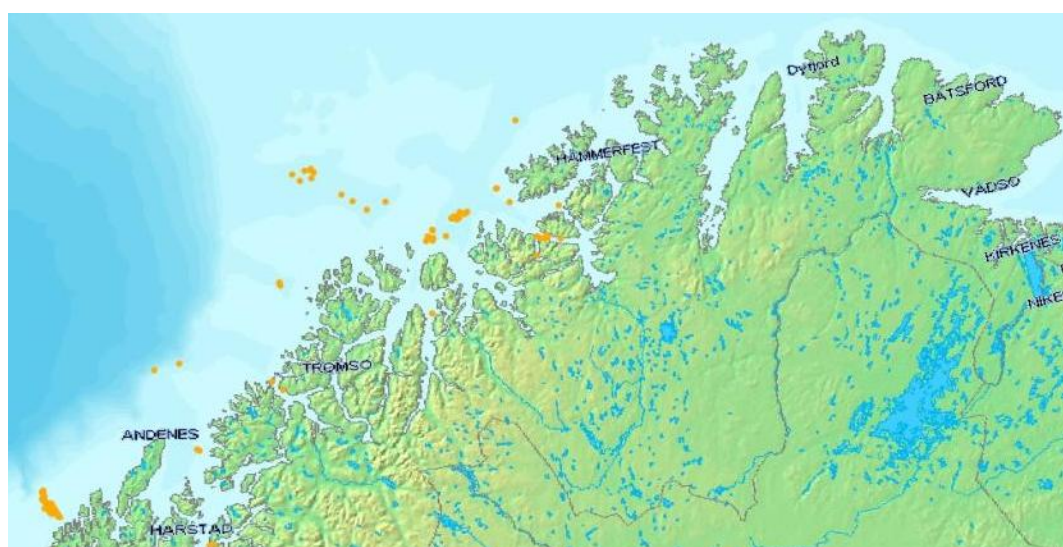


Рис. 8. Точки нахождения коралловых рифов в пределах баренцевоморского шельфа по данным Директората по рыболовству Норвегии на сентябрь 2011 г. (<http://kart.fiskeridir.no/default.aspx?gui=1&lang=1>)



Рис. 9. Губки из тралового прилова в районе Банки Тромсё (Tromsøflaket) (Фото из: Мортенсен, 2006)

В целом, основные плотные скопления губок располагаются вдоль западной и северной периферии баренцевоморского шельфа. Для центральной и восточной части Баренцева моря массовые поселения губок не характерны, там их биомассы незначительны.

Значительную чувствительность губочных сообществ к воздействию донных тралений хорошо иллюстрируют результаты исследований С.Г. Денисенко по многолетней динамике численности массовых видов бентоса в Баренцевом море (Денисенко, 2007). По данным этого автора в результате негативного воздействия тралового промысла в середине прошлого столетия буквально в течение нескольких десятилетий произошла резкая деградация поселений губок, особенно в южной части моря. Если в 20-30-е годы средняя биомасса губок в юго-западной части моря превышала 500 г/м^2 то в конце 60-х годов она на тех же участках составляла менее 5 г/м^2 , а в центральной части моря массовые поселения губок исчезли почти полностью. Таким образом, суммарная биомасса этих фильтраторов в течение нескольких десятилетий сократилась на два порядка.

Вместе с фауной губок, как правило, развивается богатейшая фауна гидроидных полипов и мшанок (рис. 10). Как и губки, эти группы организмов относятся к фауне сестонофагов, источником питания для которых служит планктон и взвешенный в воде детрит. Многие мшанки образуют кустистые ажурные известковые колонии, которые, так же как и кораллы, легко разрушаются при любом механическом воздействии. Так же как и губки, поселения этих животных приурочены к районам с активной придонной гидродинамикой и наличием твердого субстрата, необходимого для их прикрепления. Наиболее богатая фауна мшанок и гидроидов формируется на прибрежных мелководьях, в районах подводных банок и возвышенностей, а так же в верхней части континентального склона.



Рис. 10. Колонии наиболее массовых баренцевоморских известковых мшанок (фото ПИНРО)

Низкие температуры препятствуют развитию в Баренцевом море колоний мадрепоровых кораллов, однако среди массовых и обычных для Баренцева моря видов имеются представители других групп коралловых полипов (Anthozoa).

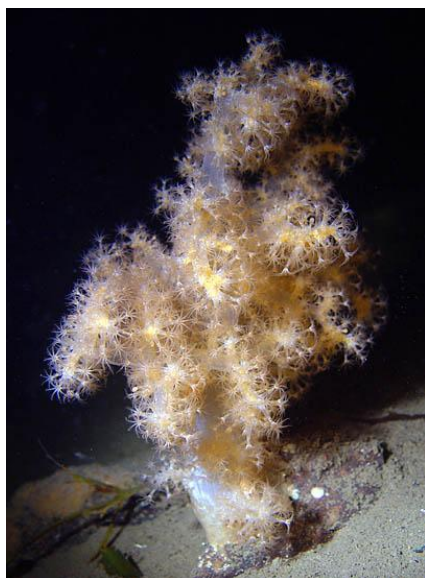


Рис. 11. Колония мягкого коралла *Gersemia fruticosa* на илистом дне (источник: <http://www.ice-diving.ru/gallery/image.ru.293.htm>)



Рис. 12. *Umbellula incurvus* (фото: Mareano/ Havforskningstinstituttet).



Рис. 13. *Heliometra glacialis*.

Для Баренцева моря весьма характерны поселения на илистых и смешанных грунтах так называемых «мягких кораллов» отряда Alcyonacea, к которым относятся 4 распространенных в Баренцевом море вида: *Gersemia fruticosa*, *G. rubiformis*, *Drifa glomerata* и *Duva florida*. Как большинство коралловых полипов, альционарии нуждаются в твердом субстрате для прикрепления, однако у одного из этих видов (*Gersemia fruticosa*) имеется специальное приспособление, позволяющее ему селиться на мягких грунтах. Личинка герсемии оседает на любой мелкий твердый объект на поверхности илистого дна (трубка полихеты, мелкий камень, кусочек ракушки), в дальнейшем, в процессе роста подошва колонии формирует крупный, погруженный в грунт, заполненный илом пузырь, который выполняет функцию якоря, и поддерживает колонию в вертикальном положении (рис. 11) (Слепкова, 1986). Мягкие кораллы являются обычными видами практически на всей акватории Баренцева моря, они часто попадают в тралы в качестве прилова, однако массовых поселений в открытой части моря не образуют.

Среди 6 видов морских перьев (Pennatulacea) известных для Баренцева моря единственным видом образующим массовые поселения является *Umbellula incurvus*. Группа зооидов, на подобии цветка, располагается на конце длинного стебля длиной до одного метра, закрепляющегося в толще илистого грунта при помощи булавовидного расширения (рис. 12). Это типично высокоарктический вид, плотные поселения которого располагаются на мягких илистых грунтах в северо-восточной части Баренцева моря в районе желоба Святой Анны. При тралении в этой части моря умбеллулы довольно часто попадают в тралы в весьма значительных количествах.

Морские лилии *Heliometra glacialis* (рис. 13) – типичные фильтраторы-седиментаторы – распространены по всей акватории Баренцева моря, однако наиболее плотные поселения они образуют на склонах желобов и глубоководных банок в северо-западной части моря, где на отдельных станциях они попадают в тралы в весьма значительных количествах, и могут доминировать в приловах по биомассе. На севере Баренцева моря, ближе к границе шельфа обитает другой вид лилий *Polyometra proluxa*, отличающийся от *H. glacialis*

лишь незначительными деталями внешнего строения и более мелкими размерами.

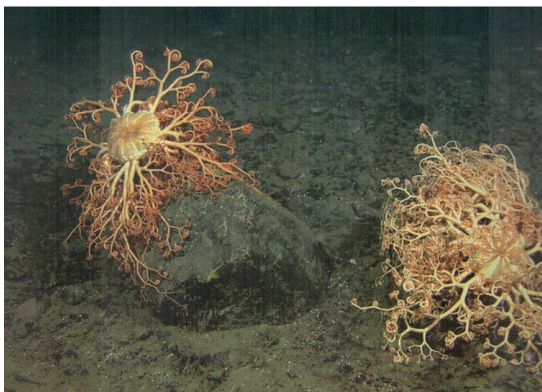


Рис.14. *Gorgonocephalus* sp. (фото из Buhl-Mortensen et al., 2010)



Рис. 15. *Cucumaria frondosa*

альционарий и горгоносефалюсов, возможность восстановления популяций последних представляется весьма сомнительной.

Cucumaria frondosa – крупная древовиднощупальцевая голотурия (рис. 15). Её поселения известны у берегов Мурмана и на восточных промысловых банках – Канинской, Гусиной и Моллера, – но наиболее плотные скопления она образует на Надеждинско-Медвежинском мелководье. Зачастую в этом районе кукумария не только в массе вылавливается травами и драгами, но и по несколько штук попадает в дночерпатель, площадь захвата которого составляет всего 0,1 м². На Дальнем Востоке вид является промысловым. Попытки наладить его добычу в Баренцевом море в качестве сопутствующего вида при лове гребешка потерпели неудачу из-за отсутствия надежных рынков сбыта. Так из-за сходства требований к условиям обитания плотные поселения кукумарий в основном совпадают с гребешковыми банками, поэтому она в значительных количествах гибнет при промысле последнего.

Массовые поселения морских ежей р. *Strongylocentrotus* в открытой части моря зарегистрированы на Медвежинско-Надеждинском мелководье и на мелководных банках в восточной части моря. В открытой части моря ежи питаются детритом, растительными остатками и, в меньшей степени, – животной пищей. В открытых районах моря встречается в основном *S. pallidus*, однако, известны и его смешанные поселения со *S. droebachiensis* (рис. 16). Плотные поселения в открытой части моря известны на Новоземельской банке, Центральной возвышенности и Возвышенности Персея и в районе Шпицбергенской банки.

Крупный двустворчатый моллюск *Chlamys islandica* является типичным видом эдификатором. В местах своего массового поселения он формирует своеобразный биоценоз, так называемые гребешковые банки (рис. 17). Створки живых моллюсков и их мёртвая ракушка являются субстратом для поселения богатейшей и разнообразнейшей эпифауны. Вид промысловый. Наиболее плотные скопления, как и кукумария, гребешок образует в юго-восточной части моря и на Шпицбергенской банке на глубинах 50-100 м.

Очень характерными для северной части Баренцева моря являются поселения крупных офиур рода *Gorgonocephalus* (голова горгоны) (рис. 14), которые так же являются обычными видами в прилогах на склонах Центрального и Северо-новоземельского желобов. Это самые крупные представители среди офиур. В Баренцевом море отдельные особи могут достигать размеров 40 см и более, с диаметром диска, превышающим 10 см. Мощная система разветвленных щупалец используется этими офиурами как сеть для улавливания планктонных организмов. При этом, кормящиеся офиуры, как правило приподнимаются на лучах над поверхностью дна или забираются на естественные возвышения, становясь для тралов «легкой добычей». Кроме того, репродуктивная биология этих офиур делает их поселения еще более уязвимыми для донных тралов. Эффективное размножение этих офиур невозможно без альционариевых кораллов р. *Gersemia*. При интенсивном изъятии травами и снижении численности

Как российский, так и норвежский опыт промысла гребешка свидетельствует об исключительной уязвимости гребешковых поселений к любым формам промыслового вмешательства. Печальный опыт драгажной добычи гребешка норвежцами на Шпицбергенской банке, фаррерцами на Гусиной банке и российским флотом на Святоносском поселении свидетельствует о исключительно медленных темпах восстановления гребешковых поселений, оцениваемых десятилетиями.



Рис. 16. *Strongylocentrotus droebachiensis* на каменистом грунте (фото А. Шацкого)



Рис. 17. *Chlamys islandica* в типичном биотопе

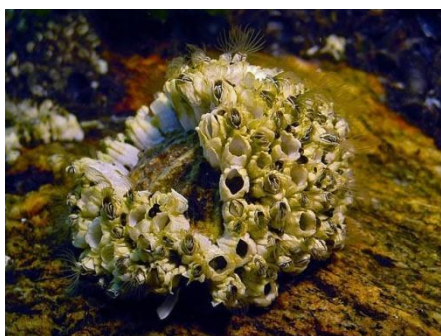


Рис. 18. Колонии *Balanus crenatus* на камнях

Своеобразные и богатые сообщества образуют массовые поселения крупных усонюгих раков *Balanus balanus* и *B. crenatus*. Поселения формируются в районах с активной придонной гидродинамикой и обязательным наличием на дне жесткого субстрата – ракушки, камней, гальки, валунов (рис. 18). Наиболее мощные баянусовые поселения распространены на мелководных банках вблизи крупных архипелагов – Новой Земли и Шпицбергена, на жестких грунтах в Воронке и Горле Белого моря. Однако такие поселения вряд ли можно рассматривать как уязвимые так как районы с жесткими грунтами как правило избегаются при донных тралениях.

Среди массовых представителей мегабентоса в приловах необходимо отметить камчатского краба и краба-стригуна опилио. В южной и восточной части Баренцева моря эти виды в массе попадают в тралы. Однако оба вида являются инвазийными для Баренцева моря и к тому же промысловыми, что налагает особые требования к их охране и регулированию численности.

Из перечисленных выше видов лишь мадрепоровые кораллы, губки и гребешок являются типичными видами эдификаторами (или т.н. ключевыми видами сообществ) плотные, многолетние поселения которых создают характерную среду обитания и формируют специфические, как правило, четко оконтуренные в пространстве сообщества. Мадрепоровые кораллы формируют рифы, гребешки – так называемые гребешковые банки, массовые поселения четырехлучевых губок (к которым относится, в том числе, и *Geodia*) легко узнаваемы по наличию на дне толстого слоя спикул, смешанных с илом – т.н. губочному мату. При нанесении значительного ущерба ключевому виду (значительное изъятие, механическое

разрушение колоний, гибель отдельных особей) такие сообщества, как правило, разрушаются и иногда – безвозвратно. Охрана таких сообществ возможна только одним способом – полным закрытием области их распространения для любых промысловых операций, связанных с физическим контактом орудий лова с дном. В большинстве случаев такие районы не велики. Так, например, протяженность самых мощных

лофелиевых рифов у берегов Норвегии – Сули и Рёст – составляет 14 и 35 км при ширине всего порядка 2 км. Площадь самого крупного промыслового скопления гребешка в Баренцевом море в пределах РЭЗ на северном склоне Гусиной Банки оценивается в 941 км², большинство же гребешковых банок не превышают по площади 300 км² (Денисенко, 1989). В случае больших площадей занятых сообществом (например, поселения губок в юго-западной части моря), необходимо полное закрытие хотя бы части акватории, для создания резервного фонда воспроизводства и расселения ключевого вида.

Мягкие кораллы, морские перья, морские лилии, горгоноцефалюсы, кукумария – эти виды, не являясь эдификаторами, не создают своих специфических сообществ, хотя порой их численность в приловах весьма велика. Большинство этих видов являются обычными для Баренцева моря, весьма широко распространены в пределах его акватории и входят в состав многих сообществ, распространенных на мягких и смешанных грунтах. Скорее всего, по отношению к этим видам более оправданы меры охраны через совершенствование орудий лова в сторону уменьшения их селективности по отношению к бентосным организмам.

В результате подразделения акватории Баренцевоморского шельфа на национальные сферы влияния, все основные зоны преобладания сестонофагов в Баренцевом море оказались в зоне природо- и рыбоохранной юрисдикции Норвегии. Отсутствие льда в течение практически всего года и наличие в пределах 200-мильной зоны Норвегии значительных биоресурсов таких промысловых видов рыб как треска, пикша, палтус и др. (Yaragina *et al.*, 2011; Russkikh, Dingsør, 2011), является причиной того, что почти все перечисленные уязвимые компоненты фауны в той или иной мере подвергаются негативному воздействию весьма интенсивного в этих районах донного тралового промысла.

Основная часть российской зоны, по степени интенсивности рыболовства, четко подразделяется на две радикально отличающиеся области – северную и южную. Северная часть практически свободна от промысла, в то время как вся южная часть РЭЗ, за исключением Печорского моря, находится под мощнейшим промысловым прессом.

В северной части РЭЗ для мягких грунтов склонов глубоководных желобов и возвышенностей характерны поселения мягких кораллов альционарий, морских лилий и горгоноцефалюсов. Жёсткие грунты мелководий Новоземельской банки характеризуются массовыми поселениями баянусов, мшанок, гидроидов, а так же морских ежей р. *Strongylocentrotus*. Средняя биомасса приловов при контрольных 15-минутных тралениях составляет здесь порядка 60 кг, максимальная – более 200 кг (Любин и др., 2010).

Открытые районы южной части РЭЗ практически лишены массовых поселений сестонофагов, за исключением гребешковых банок, большинство из которых в результате специализированного промысла находится в весьма плачевном состоянии. Мегафауна открытых вод южной части РЭЗ поражает своей бедностью. Средняя биомасса контрольных приловов здесь составляет всего лишь порядка 3 кг/тр., что в 20 раз ниже, чем в северных районах (Любин и др., 2010), хотя показатели обилия макробентоса вполне сопоставимы.

Нужно, однако, отметить, что изменения структуры донных сообществ, произошедшие в районах интенсивного промысла, по-видимому, не сказались на кормовой базе основных бентосоядных рыб. Об этом свидетельствуют как постоянство путей кормовых миграций и нагульных районов, так и вполне благополучное состояние их популяций.

Таким образом, основным элементом, страдающим от тралового промысла донных экосистем, являются зоны доминирования сестонофагов, участвующие в процессах

саморегуляции и самоочищения водоемов.¹ В них происходят изменения, выражающиеся в снижении стабильности и уменьшении биоразнообразия за счёт упрощения биотопической и биоценотической структуры.

4.2. Потенциал самовосстановления донных экосистем после терминальных воздействий

Проблема восстановления глубоководных донных сообществ после ущерба, причиненного орудиями донного промысла, является мало изученной. Основная причина этой ситуации заключается в том, что наблюдения за таким восстановлением сначала требуют закрытия для промысла коммерчески привлекательного района, что сопряжено со значительными административными трудностями, а затем длительного периода мониторинговых наблюдений за восстановлением с использованием высокотехнологичного оборудования (научные суда, дорогостоящие бентосные исследования, видеомониторинг), что сопряжено со значительными финансовыми затратами. Международная практика закрытия промысловых районов с природоохранными целями насчитывает всего несколько лет, а российская отсутствует практически полностью. В связи с этим уровень проработанности этого вопроса носит скорее гипотетический, нежели экспериментальный характер.

Очевидно, что размер и продолжительность жизни являются ключевыми моментами, определяющими степень уязвимости популяций различных бентосных организмов механическим воздействием донных тралений. Чем меньше средний размер особей вида, тем менее его популяция подвержена негативному воздействию донными сетными орудиями лова и быстрее скорость её восстановления. Соответственно, основным направлением трансформации донных сообществ под воздействием демерсального тралового промысла является уменьшение среднего размера и продолжительности жизни членов сообщества за счет элиминации из его состава крупных долгоживущих форм. Процессы, происходящие на дне в результате регулярных тралений можно сравнить с вырубанием леса с последующим зарастанием образовавшихся участков густым травостоем и кустарниками.

Работы по изучению скорости восстановления структуры нарушенных бентосных сообществ единичны и уникальны и в основном относятся к изучению пресноводных экосистем, которые по уровню биоразнообразия и сложности значительно уступают морским. Тем не менее, они дают общее представление о временных рамках этих процессов.

Так, например, исследования вторичной сукцессии экосистемы одного из заливов Ладожского озера показала, что восстановление структуры практически полностью локально уничтоженного бентосного сообщества до уровня первоначального биоразнообразия (20 видов, информационное разнообразие видов по численности – 3,6 бит/особь) происходило в среднем со скоростью 0,3 бит/особь•год и потребовало порядка

¹Основная масса взвеси в морях и океанах отфильтровывается зоопланктоном, который за год профильтровывает объем воды вдвое превышающий объем всего мирового океана (Емельянов, 1998). Поэтому роль губок и двустворчатых моллюсков, как естественных биофильтров локально ограничивается местами их скопления. Эти организмы обитают в местах повышенной придонной гидродинамической активности, расположенных преимущественно на узких материковых шельфах и относительно крутых материковых склонах (Кузнецов, 1980; Нейман, Зезина, 2004). Простые подсчеты показывают, что поселение губок на 1 м² с биомассой порядка 1.5 кг профильтровывает за сутки около 10 м³ воды, а за год – соответственно – 3650 м³. Это вдвое меньше, чем профильтровывает зоопланктон в столбе воды под 1 м², а с учетом локальности распространения губок в Мировом океане – в десятки раз меньше (Прим. Редактора).

11 лет (Алимов, 2010). Для сравнения можно указать, что видовой состав макробентоса в Баренцевом море насчитывает более 2800 видов (Денисенко, 2010); видовое богатство составляет до 200 видов на станцию, средняя видовая плотность оценивается в 63 вида/0,1 м² а биоразнообразие – величиной индекса Шеннона порядка 5 бит/особь (Anisimova et al., 2010, 2011).

Исходя из этого, можно предположить, что восстановление значительно нарушенных и трансформированных морских сообществ мягких грунтов скорее потребует десятилетий, чем нескольких лет. В полной мере это должно относиться к сообществам эпифауны, сформированным на основе крупных долгоживущих и медленно растущих видов, к которым относятся губки и коралловые полипы. Еще более пессимистичный взгляд озвучен С. Кристиансен в отчете «Экологическая устойчивость ...» (Christiansen, 2013): «из-за хрупкости, долговечности и медленного роста большинства групп глубоководных кораллов и губок, ущерб, нанесенный им тралами, вряд ли позволит их поселениям когда-либо восстановиться». Последнее может быть вполне реальным, если учитывать, что продолжительность жизни некоторых морских кораллов может достигать 4000 лет, а губок – 500, 1500 и даже 15000 лет (Gatti, 2002; Texido et al., 2004). Такое колоссальное долгожительство, по-видимому, сочетается с относительно быстрыми темпами роста в молодом возрасте, как это бывает у некоторых гигантских деревьев.

Существуют, однако, более оптимистичные оценки сроков восстановления нарушенных бентосных сообществ. Примером неожиданно быстрой сукцессии губочного сообщества может служить наблюдение, проведенное в Антарктиде. Через 12 лет после распада шельфового ледника Ларсена (в 2007 г.) была проведена съёмка, которая показала наличие стеклянных губок как остатков бывшей подлёдной фауны. Спустя 4 года повторная съёмка зафиксировала 2-3-х кратное увеличение численности и биомассы стеклянных губок после всего двух благоприятных для роста сезонов. Было высказано предположение, что сообщества губок имеют цикл быстрого роста и спада, что позволяет им быстро колонизировать новые места обитания (Fillinger et al., 2013).

Между тем упрощенно можно полагать, что время восстановления (R_t) полностью разрушенных экосистем на «здоровых» субстратах обратно пропорционально их общей продукции (P), но пропорционально биомассе (B) и информационному биоразнообразию (H'), достигнутому на момент терминального воздействия:

$$R_t = k \cdot B \cdot H' \div P,$$

где k – константа пропорциональности. Результирующий показатель не позволяет вычислять точное время восстановления разрушенных экосистем, поскольку неизвестна присутствующая в равенстве константа пропорциональности и, возможно, отличающиеся от единицы показатели степени при сомножителях. Тем не менее, он дает возможность корректно оценивать относительную величину этого времени и тем самым объективно сравнивать разные участки морского дна.

В основу вычислений B/P -соотношения и информационного разнообразия видов по биомассе могут быть положены данные о глубине местообитания, среднегодовой температуре воды, биомассе и численности отдельных видов и их принадлежности к определенным крупным таксонам. Метод оценки обратного B/P -соотношения (P/B) был разработан Томасом Бреем в 1990 г. (Brey, 1999) и успешно используется многими гидробиологами в настоящее время. Он основан на эмпирической зависимости удельной продукции водных беспозвоночных от средней массы особей, их таксономической принадлежности и основных параметров окружающей среды.

Полученные таким образом величины B/P -соотношения и информационного биоразнообразия были использованы нами для картирования относительного времени (R_t)

возможного восстановления видовых ассоциаций зообентоса в Баренцевом море после терминальных воздействий (рис. 19).

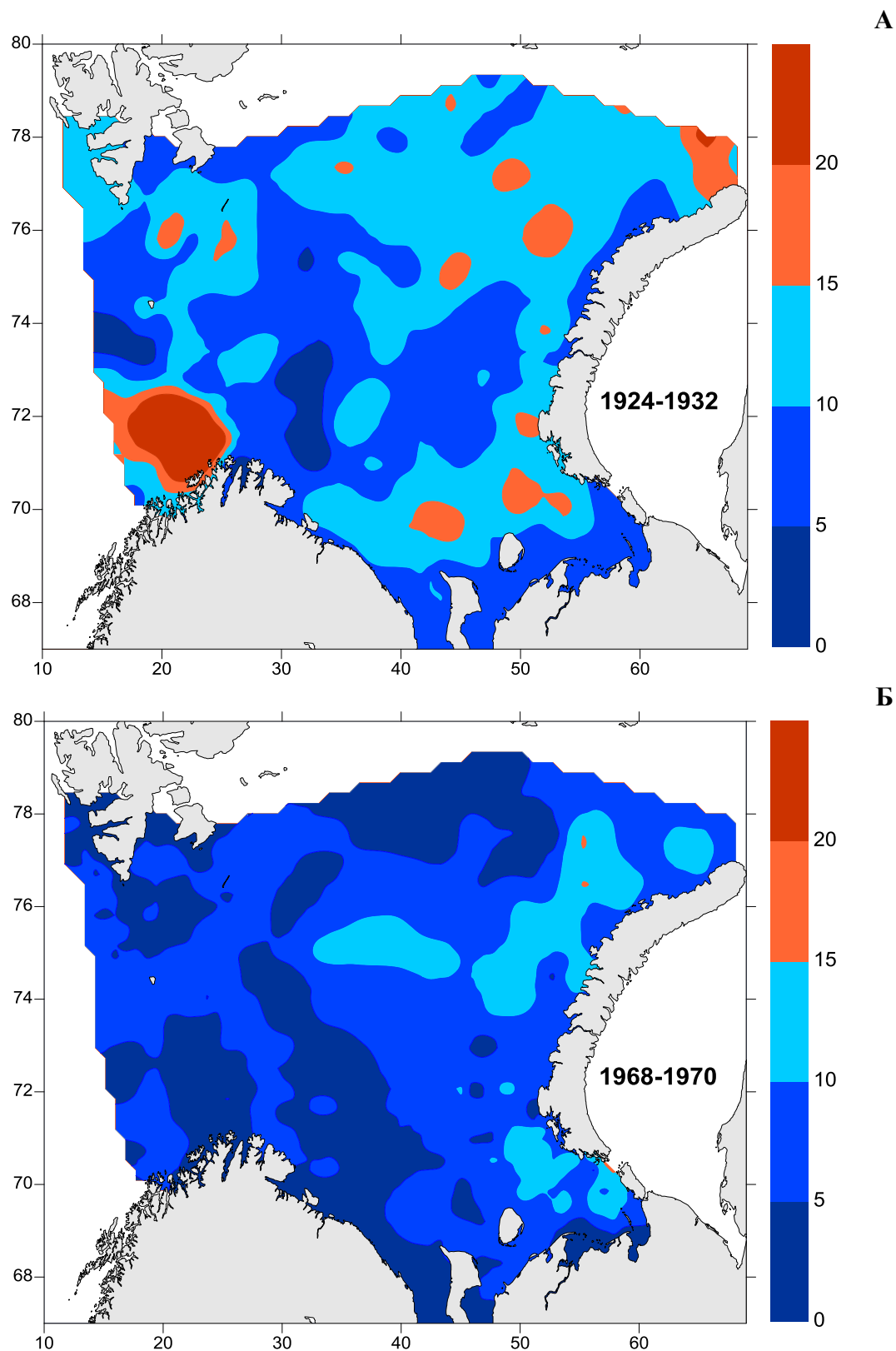


Рис. 19. Карта длительности восстановления (условные единицы) сообществ макрозообентоса Баренцева моря для разных периодов исследований: А – для 1924-1932 гг.; Б – для 1968-1970 гг. (с изменениями по Денисенко, 2013)

На карте для 1924-1932 гг. (рис. 19 А), зоны наибольшего времени восстановления располагаются в основном на склонах и крупных подводных возвышенностях, и такая их приуроченность к естественным геоморфологическим структурам может свидетельствовать в пользу правдоподобности полученных результатов. Именно на таких биотопах обитают крупные долгоживущие фильтраторы из эпифауны, включая губок, мягкие кораллы и морские перья.

Карта, построенная для 1968-1970 гг. (рис. 19 Б) существенно отличается от карты для 1924-1932 гг. (рис. 19 А). Она хорошо демонстрирует, что в период максимальной промысловой нагрузки на донные экосистемы Баренцева моря зообентос был представлен, в основном, относительно короткоживущими оппортунистическими видами с преобладающей *r*-стратегией выживания. Долгоживущие виды с *K*-стратегиями выживания, обитавшие в море в 20-30-е годы, к концу 60-х годов практически исчезли.

Эти выводы полностью подтверждаются картой деградации донных экосистем в 1968-1970 гг. по отношению к 1924-1932 гг. (рис. 20 А). Фактически негативные изменения в плане продуктивности и биоразнообразия не затронули только крупные впадины дна: Медвежинский желоб, желоб короля Карла, желоб Персея, Норднискую впадину, Центральную впадину, Западно-Новоземельский желоб, Северо-Восточный желоб и т.д. Скорее всего, это результат непопулярности данных районов среди промысловиков. Косвенно на то указывает почти полное отсутствие негативных изменений в Печорском море, где до конца 60-х годов не было масштабного донного промысла. Некоторое недоумение вызывают негативные изменения в северной части моря, где также не было существенного промысла. Возможно, это есть результат чисто климатических флуктуаций.

В ходе работы круглого стола «Устойчивое использование биоресурсов морей России: проблемы и перспективы», организованного Всемирным фондом дикой природы (WWF) России при поддержке Ассоциации «РПХ Карат» 27-28 мая 2013 г. в г. Мурманск были представлены данные о предполагаемых минимальных сроках восстановления сообществ мегабентоса Баренцева моря (Любин, 2013). Методика, проведенных расчетов основана на предположении о том, что пострадавшая часть сообщества свободно заселяется молодью и личинками с соседних неповрежденных участков, а сроки восстановления сообщества определяются средней продолжительностью жизни самого долгоживущего в составе сообщества вида. Т.е. сообщество может считаться полностью восстановленным не ранее того, как самый долгоживущий член завершит свой жизненный цикл. Средняя продолжительность жизни разных представителей донных беспозвоночных определялась исходя из эмпирической зависимости между размером организма (массой тела) и его средней продолжительностью жизни (Манушин, 2013). В результате проведенных расчетов и на основе оригинальных материалов по распределению мегабентоса в Баренцевом море, была построена карта минимальной длительности восстановления сообществ этих организмов в Баренцевом море (рис. 20 Б).

Наиболее длительные сроки восстановления донных сообществ Баренцева моря характерны для массовых поселений губок на границе материкового склона. Минимальный срок восстановления этих сообществ оценивается в 16 лет. Наиболее быстрое восстановление бентоса ожидается на мягких грунтах Зюйдкапского желоба и песчанистых грунтах Печорского моря, около 1 года. В среднем по морю сообщества бентоса восстановятся не ранее чем через 5 лет.

Данная карта отдаленно напоминает карту длительности восстановления донных сообществ Баренцева моря для 1924-1932 гг. (рис. 19 А), однако нужно учитывать, что эти карты отражают распределение разных размерных групп – макрозообентоса и мегабентоса. Если в случае макрозообентоса учитывалась биомасса всех донных организмов, то в случае мегабентоса – только присутствие крупных, часто – единичных индивидуумов, в отношении которых использовавшиеся орудия лова обладают

повышенной селективностью. Кроме того, площадь дна, облавливаемая тралом, превосходит площадь, облавливаемую дночерпателем, на 5-6 порядков величин.

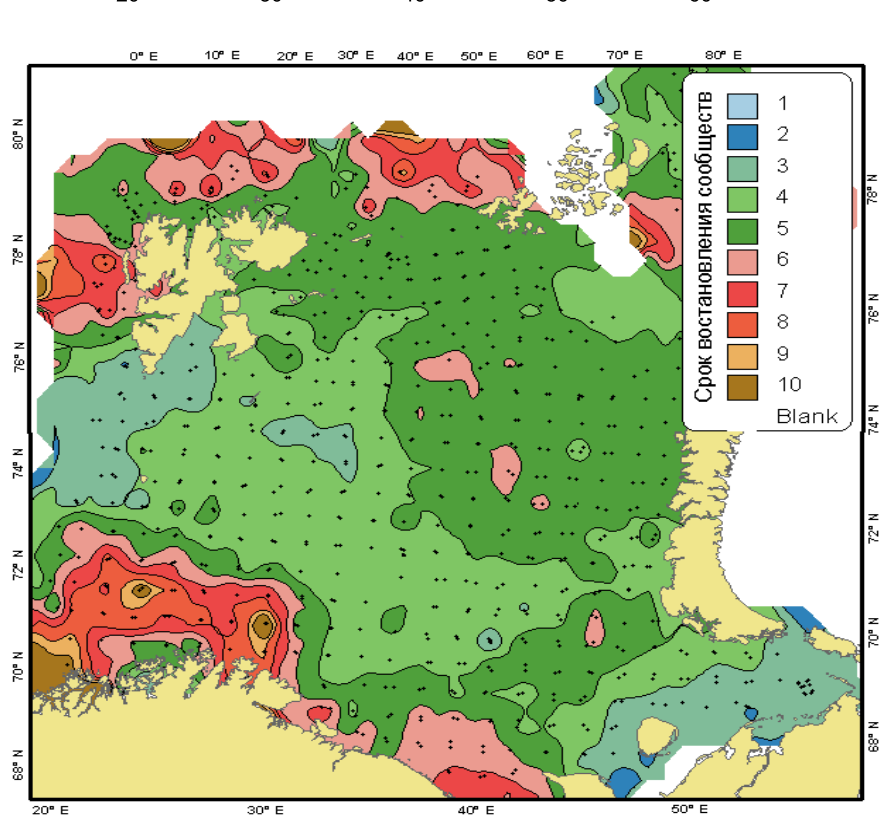
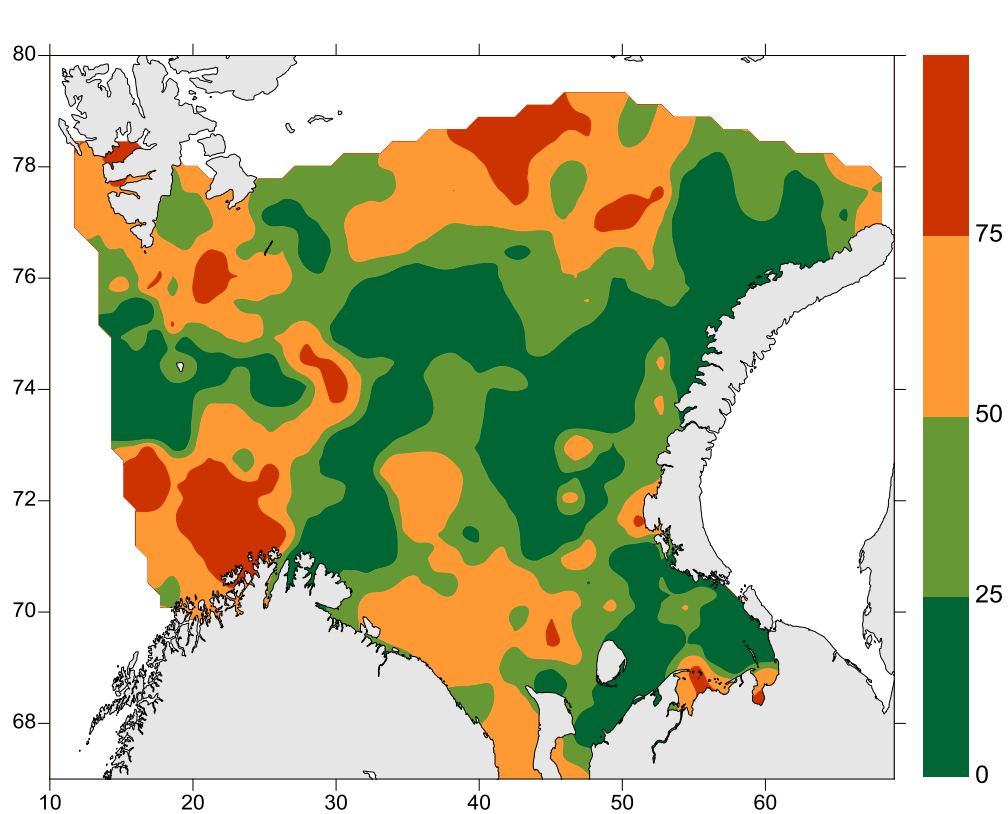


Рис. 20. Карта деградации ($1 - R_2 \div R_1$) макрозообентоса Баренцева моря в 1968-1970 гг. (%) по отношению к 1924-1932 гг. (А) и карта минимального времени восстановления (годы) мегабентоса Баренцева моря после терминальных воздействий (Б – по Любин, 2013)

Соответственно частота встречаемости наиболее крупных и редких форм бентоса в уловах дночерпателя будет на столько же порядков меньшей и будет характеризовать их присутствие в районе исследований лишь как случайное.

Кроме того, более или менее корректное определение средней продолжительности жизни наиболее долгоживущих животных по их средней массе не представляется реальным. Главная проблема заключается в том, что существующие сведения о средней продолжительности жизни зависят не только от внешних факторов, но и от того, с какого начального возраста организмов авторы геронтологических данных подсчитывают численность особей. Одни исследователи включают в свои расчеты все оплодотворённые яйцеклетки, другие – личинок на той или иной стадии развития, третьи – осевшую молодь, четвертые – сеголетков, пятые – годовиков и т.д.

Ситуация усугубляется еще и тем, что пополнение молодью многих популяций долгоживущих видов бывает не регулярным и часто не связано с выживаемостью молодняка, а является результатом некомфортных условий для их родителей, часто находящихся на расстоянии сотен километров от местообитания своего потомства. Более однозначны оценки максимальной продолжительности жизни (Золотарев, Стадниченко, 2006), но соответствующие реальные значения могут различаться на порядок величин и больше даже у близкородственных организмов из одного и того же крупного таксона. Так, например, обитающие в Баренцевом море двустворчатые моллюски примерно одинаковых размеров (массы) – *Serripes groenlandicus* и *Arctica islandica* – доживают соответственно до 30 и 450 лет, *Macoma calcaria* и *Hiattella arctica* – до 15 и 250 лет, дальневосточные *Patinopecten yessoensis* и *Crenomytilus grayanus* – до 10 и 150 лет (Золотарев, 1988; An Age: Database..., 2013).

Существует опосредованная возможность для вывода эмпирической формулы зависимости средней продолжительности жизни животных от их средней массы. В монографии В.Е. Заики (1983) приводятся данные по регрессиям между удельной продукцией и средней продолжительностью жизни, удельной продукцией и средней массой особи в популяции. К сожалению, результирующая ошибка равенства, основанного на этих двух статистических зависимостях, может быть очень большой, и причиной тому, скорее всего, являются особенности вышеупомянутых оценок демографической структуры популяций разными авторами. Кроме того, в монографии не указано, для каких температур рассчитаны значения продолжительности жизни и для каких температур приведены графики зависимости удельной продукции от средней массы особей. В то же время там есть глава, посвященная зависимости удельной продукции от температуры воды, из которой следует, что игнорирование температурного фактора может дать дополнительную четырехкратную погрешность.

К сожалению, никакая из построенных карт (рис. 20 А, 20 Б) не может служить надежной основой для выработки современных рекомендаций по регулированию тралового промысла в Баренцевом море. Адекватная оценка текущей ситуации в водоеме требует анализа самых последних данных, имеющихся в распоряжении ряда учреждений, но закрытых для публикации.

Вместе с тем, динамика тралового промысла во второй половине прошлого столетия позволяет предполагать, что современное состояние донных экосистем Баренцева моря мало отличается от такового в 1968-1970 гг. Справедливость подобного вывода может быть подтверждена или опровергнута результатами натурных мониторинговых наблюдений, возможность проведения которых станет реальной только после закрытия для промысла отдельных наиболее деградировавших и активно эксплуатируемых районов.

5. Возможности по снижению негативного влияния тралового промысла на бентос

5.1 Регулирование тралового лова в наиболее важных рыбопромысловых районах

По данным директората рыбного хозяйства Норвегии, который проводит спутниковый мониторинг рыбопромысловой активности норвежских судов длиной больше 15 м и движущихся со скоростью 1-5 узла, основная промысловая деятельность на западе Баренцева моря осуществляется на акватории вдоль береговой линии Скандинавского полуострова, континентального склона, вокруг о-ва Медвежий и восточнее архипелага Шпицберген (рис. 21).

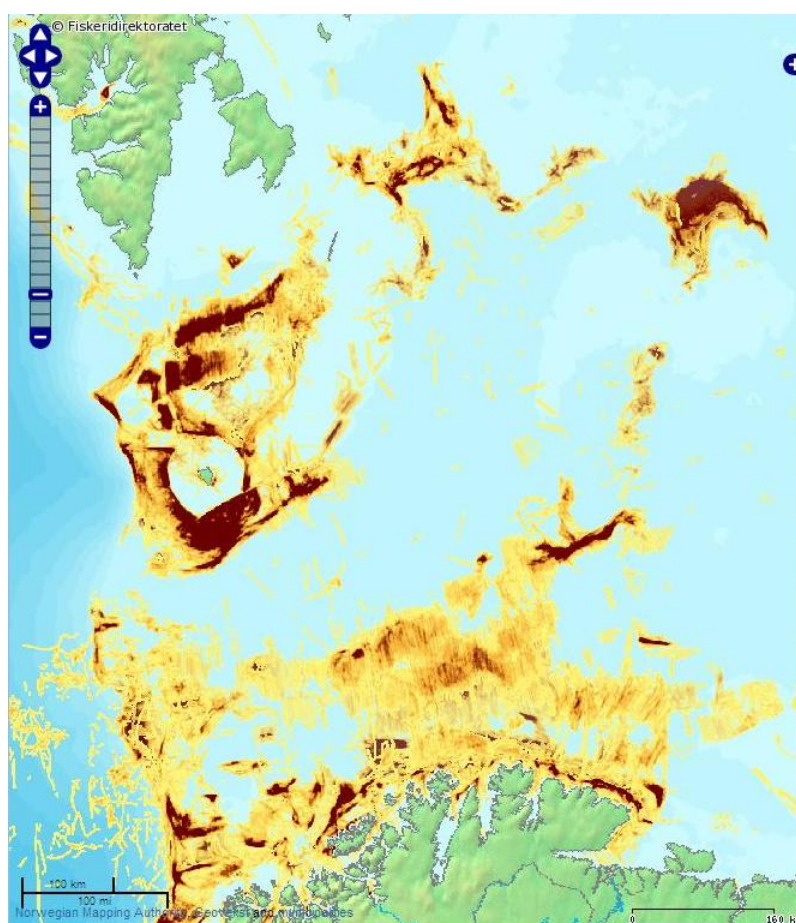


Рис. 21. Интенсивность рыболовства (все виды деятельности, норвежские суда > 15 м) в западной части Баренцева моря в 2011 г. Шкала интенсивности рыболовства не приведена (по <http://kart.fiskeridir.no/default.aspx?gui=1&lang=1>)

Российские суда в последнее время проводят донные траления в основном в южной и западной частях Баренцева моря (рис. 22).

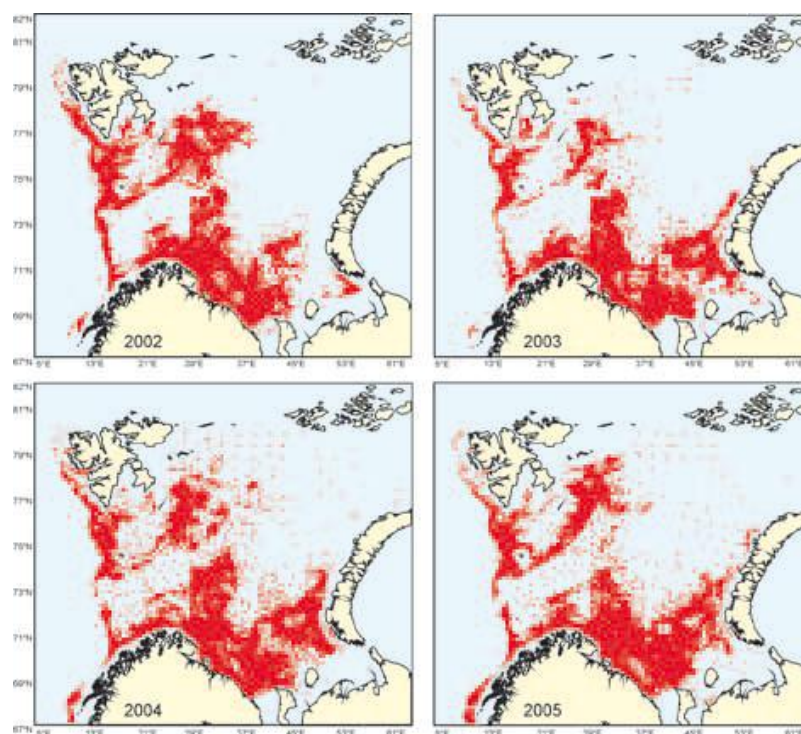


Рис. 22. Интенсивность донных тралений российских рыболовных судов в Баренцевом море в период 2002-2005 гг. (Lyubin et al., 2011)

На настоящий момент акватория Баренцева моря разделена на 4 района с разным рыбоохранным статусом (рис. 23).

Первые два района – это Исключительные Экономические Зоны Российской Федерации и Королевства Норвегии, где действуют как рыболовные правила соответствующей страны (во многом сходные для общих запасов), так и меры регулирования, утверждённые Смешанной Российско-Норвежской Комиссией по рыболовству.

Третьим районом является так называемый Анклав – центр моря за пределами 200-мильных зон, на который распространяется регулирование Северо-Восточной атлантической комиссии по рыболовству (<http://www.neafc.org/page/27>). Т.к. меры регулирования этой организации являются рекомендательными, то существуют проблемы с их соблюдением судами третьих стран.

Четвёртым районом является 200-мильная зона вокруг архипелага Шпицберген. Норвежские власти в одностороннем порядке ввели рыбоохранную зону с правилами, практически полностью совпадающими с правилами в НЭЗ, однако до сих пор ни одна страна не признаёт претензий Норвегии на осуществление контроля вокруг архипелага, с чем связаны многочисленные конфликтные ситуации между российскими и иностранными рыбаками и норвежскими рыбоохранными органами.

В НЭЗ Баренцева моря в соответствии с общегосударственными и местными правилами существуют различные меры регулирования рыболовства. Во-первых – это постоянный запрет на рыбопромысловые траления в районах, расположенных ближе 12 морских миль от норвежской береговой линии. На траловый промысел креветок, ламинарии или норвежского лобстера с помощью тралов без бобинцев или рокхопперов данное ограничение не распространяется, поскольку норвежские власти не рассматривают эту деятельность как наносящую значимый ущерб донной биоте. Кроме того, для охраны личинок и защиты некоторых уязвимых экосистем за пределами 12-мильной зоны создан ряд районов, закрытых для траления в течение года периодически или постоянно, где

также может быть запрещен промысел определенными орудиями лова или ограничено число промысловых судов.

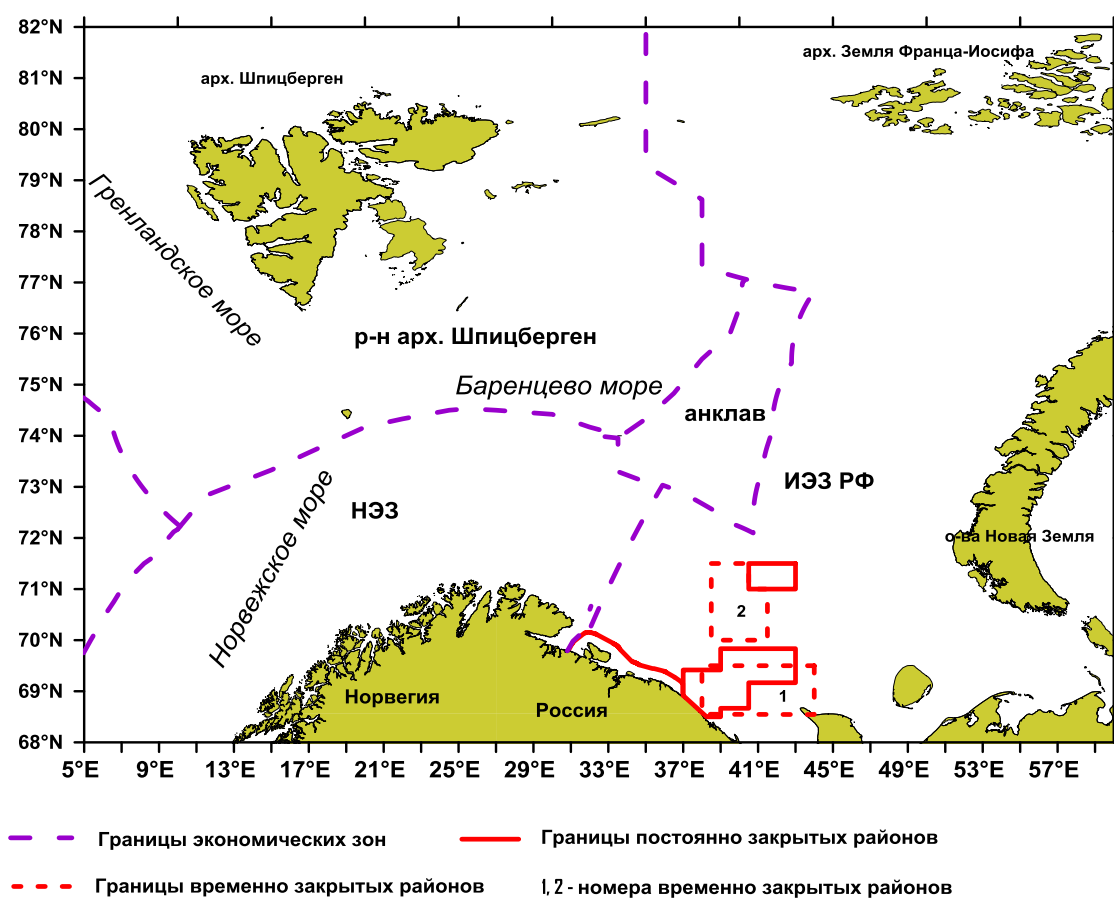


Рис. 23. Экономические зоны и закрытые для донных тралений районы в РЭЗ согласно «Правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» от 16 января 2009 г.

Российские правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна запрещают производить донные траления в трёх районах в течение всего года: два в открытой части моря и один в территориальных водах Российской Федерации и внутренних морских водах Российской Федерации вдоль побережья Кольского полуострова от границы с Норвегией на западе до меридиана $37^{\circ}00'$ в.д. на востоке (Правила..., 2009). Также имеется два района, где запрет на траления действует лишь в определённые периоды года: 1 – с 1 января по 30 июня, и 2 – с 1 января по 15 апреля (рис. 23).

По данным ФАО (<http://www.fao.org/fishery/topic/16204/en>), на 71000 км^2 существующей эффективной рыбопромысловой области Баренцева моря нет ни одного участка, который был бы закрыт по критериям NEAFC. А именно NEAFC рекомендовала считать пороговым уровнем для закрытия района траловый прилов в 30 кг живых кораллов и 400 кг живых губок (http://www.neafc.org/system/files/Rec12_consolidated_bottomfishing_regs_ammendment_to_thresholds.pdf).

В норвежских правилах рыболовства определено, что при прилове более 60 кг живых кораллов или более 800 кг живых губок за траление следует обязательно оповестить о случившемся власти и сместить следующее траление не менее чем на 2 морские мили в сторону (<http://www.fisheries.no/ecosystems-and-stocks/Environmental-measures/Vulnerable-marine-ecosystems-protected-in-Norwegian-waters/>). Кроме того, для сохранения уязвимых морских экосистем норвежским правительством определены специальные защитные области. Соответственно с 1 сентября 2011 г. общая площадь

закрытых для регулярных донного рыболовства районов составляет 800 000 км² (<http://www.fisheries.no/ecosystems-and-stocks/Environmental-measures/Vulnerable-marine-ecosystems-protected-in-Norwegian-waters>).

В российских правилах рыболовства таких ограничений нет.

5.2 Минимизация отрицательных последствий тралений для донных экосистем

Оценка и анализ воздействия донного трала на бентические сообщества и экосистемы Баренцева моря. По результатам наблюдений различных исследователей донный трал с жестким грунтропом, несомненно, оказывает негативное воздействие на бентические сообщества Баренцева моря, и оно значительно выше, по сравнению с разноглубинным тралом, крючковыми ярусами, ловушками и другими пассивными орудиями лова.

Как известно, воздействие донного трала на бентосные сообщества обусловлено двумя основными факторами:

1. Буксировка нижней подборы по грунту, в процессе которой травмируется донная эпифауна, особенно мегабентос. Кроме того, на мягких грунтах происходит перемешивание поверхностного слоя грунта, что в свою очередь оказывает воздействие на макробентос.
2. Буксировка траловых досок, которые имеют значительный вес и оказывают очень жесткое воздействие, особенно на мягкие грунты, оставляя там широкие борозды глубиной до 0.5-0.8 м (Айбулатов, 2005).

Кроме того, в процессе буксировки трала происходит взмучивание осадков, которые при оседании могут нарушать жизнедеятельность как фильтрующих, так и не фильтрующих организмов.

На траловом промысле наиболее эффективно зарекомендовало себя тяжелое рокхopperное вооружение нижней подборы, которое обеспечивает максимальный контакт трала с грунтом и минимальный уход рыбы под нижней подборой. Поэтому, его воздействие на грунт и бентические сообщества превосходит другие типы грунтропа (Buhl-Mortensen et al., 2013; Vold et al., 2009).

Негативные результаты воздействия данного орудия лова подтверждаются материалами норвежского проекта MAREANO, работами ведущих в этой области специалистов, которые использовала в своем отчете С. Кристиансен, а также авторами настоящего доклада. В этом отношении он уступает, наверное, только драге.

Однако, как известно, не существует экологически безопасных орудий лова, каждое из них, помимо целевого изъятия промысловых объектов, попутно в той или иной степени негативно воздействует на различные элементы морских экосистем.

Поэтому вопрос стоит, на наш взгляд, не только в том, насколько велико влияние донного трала на морские экосистемы по сравнению с другими орудиями лова. С позиций комплексного управления Баренцевоморским регионом важно также понять, что мы теряем, вылавливая рыбу донным тралом, готовы ли смириться с этой потерей, имеются ли альтернативы данному орудию лова или возможности его усовершенствования с целью уменьшения разрушительного воздействия?

Попытки найти ответы на эти вопросы ведут к пониманию того, что ущерб от воздействия донного трала зависит от особенностей каждого конкретного вида, сообщества или даже целого района.

Так, например, если речь идет о коралловых рифах, сообщества которых уникальны в плане биоразнообразия и играют исключительно важную роль в биологических процессах, но имеют очень низкие темпы роста и возраст, сравнимый с небольшими геологическими эпохами (см. раздел 4.2.), то вполне очевидно, что не существует материального эквивалента, способного компенсировать данную утрату.

Уникальными в определенной степени можно признать также бентосные экосистемы, расположенные севернее и восточнее районов промысла в российской ИЭЗ Баренцева моря. По причине того, что эти районы не представляют интереса для тралового промысла, там еще сохранились девственные донные биоценозы. Не вызывает, однако, сомнений, что в случае смещения районов промысла на север или восток эти биоценозы будут в значительной степени разрушены, и нет никаких гарантий, что они когда-нибудь восстановятся в исходном виде.

В отношении губок, которым в отчете С. Кристиансен уделяется внимание не меньше, чем кораллам, ситуация, на наш взгляд, также непростая. Губки действительно являются важным структурным и функциональным компонентом мегабентоса и весьма уязвимы для донного трала. Не отрицая их роль, как фильтраторов в системе самоочистки Баренцева моря, нельзя не отметить тот факт, что губки являются преимущественно тупиковым трофическим звеном, а их спикеры, местами толстым слоем покрывающие грунт, по-видимому, оказывают депрессивное воздействие на окружающую донную фауну. В результате в местах скоплений губок биомасса инфавуны, которая является важнейшим пищевым ресурсом пикши и других рыб-бентофагов на порядок ниже средних для Баренцева моря значений (Филатова, 1938). Поэтому, выводы С. Кристиансен о положительной связи губковых поселений с биологическими циклами трески и пикши выглядят, по меньшей мере, сомнительными.

Оценивая степень угроз существованию губочных биоценозов необходимо также отметить, что прилов губок в больших количествах очень нежелателен для самих рыбаков, так как создает большие проблемы с сортировкой улова. Поэтому капитаны траулеров по понятным причинам стараются избегать районы, где известны скопления губок.

И, наконец, в отношении районов российской ИЭЗ в южной и южно-центральной части Баренцева моря, где донный траловый промысел существует более 100 лет, можно констатировать, что нетронутых бентических сообществ уже практически не осталось. Донная фауна претерпела серьезные структурные изменения в сторону сокращения биомассы и видового разнообразия, особенно в отношении крупных долгоживущих форм.

Однако донные экосистемы продолжают существовать и достаточно эффективно функционировать, что подтверждается последними бентосными съемками, и косвенно - растущими запасами пикши, кормовая база которой в значительной степени зависит от состояния бентоса.

В этой связи будет также уместно вспомнить, что в случаях резкого снижения траловой активности, например во время ВОВ, наблюдалась достаточно быстрая регенерация биомассы массовых видов, крупных таксонов и трофических групп зообентоса (Денисенко, 2007). Похожая ситуация наблюдалась и в начале 2000-х годов, после сокращения тралового промысла в конце 90-х (Денисенко, 2007). По-видимому, это результат того, что бентосные экосистемы обладают значительной способностью к самовосстановлению. Можно даже сказать, что морская среда в некотором смысле является биоагрессивной, то есть она стремится заселить любой свободный твердый субстрат.

Наглядным примером подобного явления, экспериментом в чистом виде, могут послужить искусственные рифы и затонувшие суда, которые фактически с нуля в течение нескольких лет активно заселяются сидячими бентосными формами, постепенно привлекая подвижных представителей ихтиофауны, ракообразных, моллюсков и т.д., и превращаются в активнодействующие развивающиеся биоценозы с повышенной биопродуктивностью.

Это конечно не означает, что через несколько лет после прекращения донных тралений бентические сообщества Баренцева моря смогут восстановиться в первозданном виде. На восстановление некоторых биоценозов, например гребешковых банок, потребуется не один десяток лет (Sundet, 2008; Золотарев, 2012), а для коралловых

рифов и колоний крупных губок – сотни или даже тысячи (Christiansen, 2013). Более того, нет никакой уверенности в том, что это вообще случится: какие-то сообщества могут радикально измениться, другие – исчезнуть навсегда.

Но говорить о том, что все бентические экосистемы в промысловых районах Баренцева моря находятся в безнадежном состоянии и восстановлению не подлежат, как утверждается в отчете С. Кристиансен, на наш взгляд тоже нет оснований. Просто сейчас мы имеем дело с интенсивно эксплуатируемой экосистемой, где под влиянием тралений поддерживается квазиперманентное состояние вторичной сукцессии. Это своего рода приспособительная реакция морской биоты, которая в таком состоянии может существовать достаточно долго. Восстановление первоначального состояния после прекращения негативных воздействий возможно, но не обязательно, поскольку такие процессы имеют бифуркационную природу, и выбор траектории будущего развития может зависеть от незначительного, порой весьма малозаметного фактора.

Возможные меры по снижению воздействия донных тралений на бентические сообщества и их защиты. Даже после такого беглого анализа уязвимости бентических экосистем Баренцева моря становится понятно, что проблема их сохранения и защиты достаточно сложна и требует избирательного подхода к различным сообществам и даже целым районам.

Как было показано выше, наиболее уязвимыми и трудно восстанавливаемыми являются коралловые рифы, поэтому, необходимо принять все возможные меры для защиты и сохранения этих уникальных сообществ. Наиболее радикальная и действенная мера – это введение запретных зон для донных тралений в районах, где расположены коралловые рифы. В связи с этим в отношении MSC-сертифицированных компаний необходимо добиваться принятия добровольных обязательств не тралить в таких районах (рис. 6).

И, как минимум, нужно поддержать инициативу НЕАФК о снижении порога прилова кораллов до 30 кг/траление (http://www.neafc.org/system/files/Rec12_consolidated_bottomfishing_regs_ammendment_to_thresholds.pdf). Следует при этом отметить, что в российской ИЭЗ Баренцева моря коралловые рифы отсутствуют по гидрологическим причинам, и поэтому данная мера должна быть адресована непосредственно норвежским властям.

Аналогичные меры можно рекомендовать и в отношении северных и восточных районов моря, расположенных за пределами локализации современного тралового промысла. С учетом вышесказанного, на наш взгляд, имеет смысл сохранить существующие там биоценозы как резерваты девственного биоразнообразия, и поднять вопрос о введении запретных зон, но не только для MSC-сертифицированного промысла, а вообще для промысловых донных тралений.

Иными словами, необходимо задуматься о запрете на расширение акватории донных тралений на север и восток. Актуальность этой меры пока не столь очевидна, ввиду того, что в настоящее время эти районы не представляют интереса для тралового промысла. Однако было бы разумно поднять этот вопрос именно сейчас (пока не затронуты интересы промысловых компаний, и сделать это можно значительно легче) с учетом вероятного расширения или смещения промыслового района в связи с глобальным потеплением.

Следует также отметить, что введение подобных ограничений в отношении уникальных бентических сообществ исключительно для сертифицированных судов представляется малоэффективным, так как для разрушения этих экосистем будет достаточно деятельности остального тралового флота, доля которого в настоящее время еще достаточно велика. Добровольное же принятие таких ограничений можно рекомендовать преимущественно в показательных целях, для повышения уровня экологической культуры рыбаков, что само по себе немаловажно, и может иметь долговременный природоохранный эффект.

С губками, как было отмечено выше, ситуация несколько иная. С позиций устойчивого рыболовства их роль представляется далеко неоднозначной. Для охраны их поселений может быть вполне достаточно уже существующих запретных для тралений зон, которые имеются и в российской и в норвежской ИЭЗ, а также труднодоступных и не представляющих интереса для тралового флота районов, где в изобилии обитают эти представители мегабентоса.

При этом не следует забывать, что губки являются эдификаторами, то есть ключевыми компонентами в донных биоценозах, поэтому в любом случае должны быть обеспечены условия для сохранения их резервного фонда воспроизводства и расселения. Учитывая современную картину распределения этой группы, а также других представителей уязвимой мегафауны (Anisimova et al., 2010, 2011), наиболее значимыми районами для создания подобных резерватов являются юго-западные участки баренцевоморского шельфового склона. По аналогии с картой УМЭ, построенной по данным MAREANO (рис. 24), именно эти участки следует рекомендовать MSC-сертифицированным судам в качестве зон «по-го».

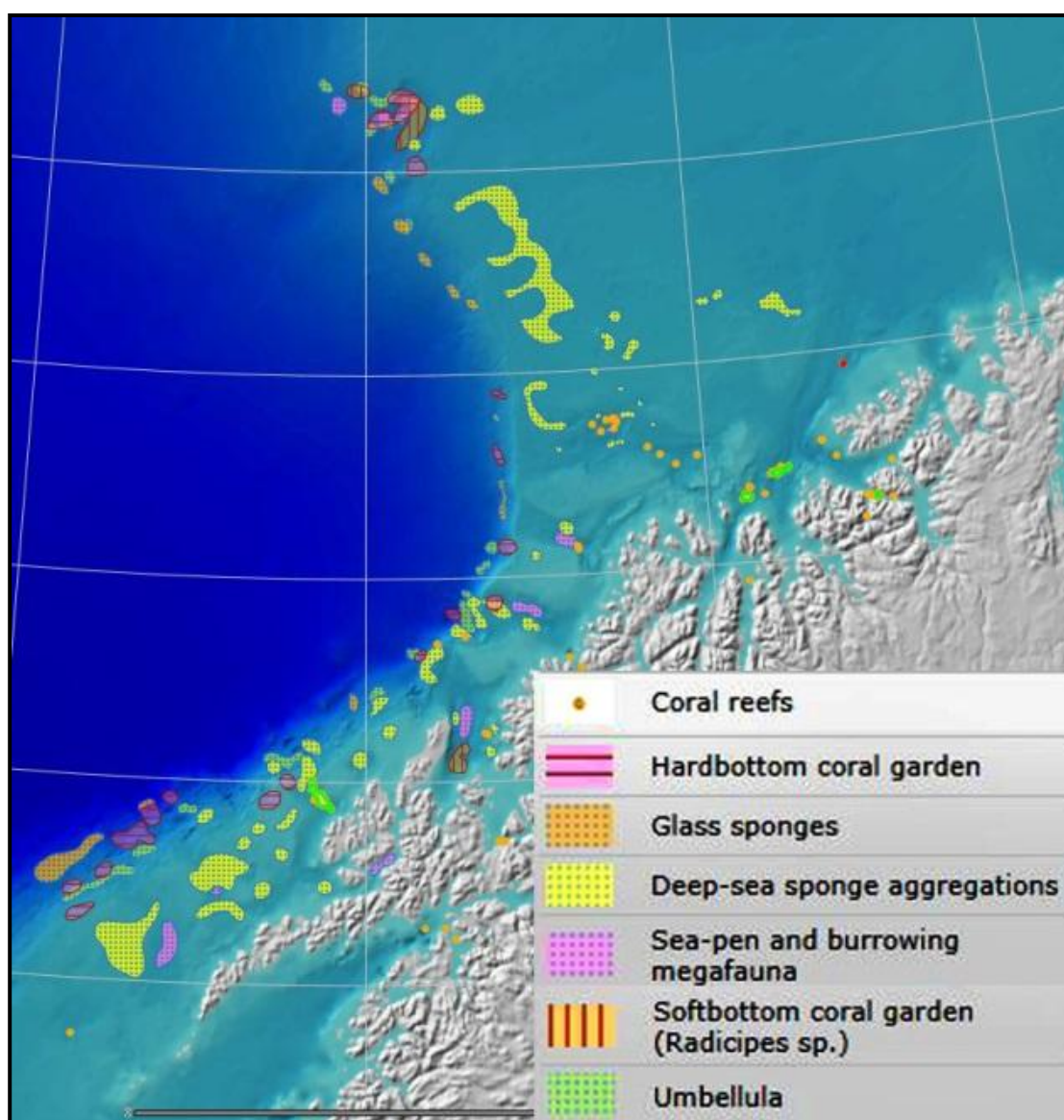


Рис. 24. Локализация УМЭ на склоне восточного шельфа Норвежского моря близ границы с Баренцевым (по данным съемки MAREANO, www.mareano.no)

Такие карты могут быть дополнены информацией с самих промысловых судов, которые отмечают у себя на планшетах участки с нежелательным приловом. В этом процессе может быть очень эффективным использование картографической системы OLEX, которую рыбаки уже начали применять в своей практике (<http://www.simbria.ru/ru/page.php?eq=charts&id=olex>, <http://www.olex.no/>). Кроме того, чтобы эти добровольные обязательства не остались пустыми обещаниями, необходимо осуществлять спутниковый мониторинг сертифицированных судов, который позволяет контролировать их локализацию и динамику, фиксировать случаи захода и промысловой деятельности в зонах УМЭ.

Следует также рекомендовать для российского тралового флота норвежскую практику оповещения об уловах сесильного мегабентоса с последующей обязательной сменой дислокации района промысла.

И, наконец, в отношении традиционных районов донного тралового промысла, где бентические экосистемы находятся под его прессом уже не один десяток лет, следует признать, что вводить дополнительные запретные зоны будет крайне сложно по административным причинам.

Кроме того, как было отмечено выше, подобные меры мало оправданы (отсутствие уникальных и нетронутых экосистем), особенно в отношении российской ИЭЗ, не говоря уже о том, что в современной гидробиологической практике нет единого утвержденного и общепринятого количественного параметра для оценки доминирования видов в биоценологических сообществах. В зависимости от мировоззрений авторов, на одной и той же акватории количество, и распределение биоценозов могут разительно отличаться.

В связи с этим, по мнению авторов доклада, вполне достаточно уже созданных запретных зон (особенно 12-мильной). На этих акваториях представлено большое количество разнообразных биоценозов, как на твердых, так и на мягких грунтах. То есть продолжение запрета поможет сохранить различные типы биоценозов, уже частично восстановившихся за годы запрета.

Вводя или сохраняя различные типы ограничений для донных тралений можно существенно защитить и сохранить наиболее уязвимые и уникальные бентические сообщества Баренцева моря. В отношении традиционных районов тралового промысла, где такие ограничения трудновыполнимы и нецелесообразны, необходимо добиваться изменения самого тралового промысла в сторону повышения его экологичности, то есть уменьшения воздействия на бентические сообщества тем или иным способом.

Как известно, в настоящее время донный трал является основным орудием лова трески и пикши в российском промысле, поэтому проблема снижения этого воздействия очень актуальна.

В соответствии с особенностями воздействия донного трала на грунт, уменьшение этого воздействия можно вести как минимум в двух направлениях:

1. Переход на тралы с пелагическими досками и (или) гибкими распорными устройствами, которые не касаются грунта.
2. Модернизация грунтопов и внедрение соответствующих разработок в практику.

В отношении первого направления можно сказать, что эта задача уже практически решена созданием полупелагического или придонного (демерсального) трала. По сути, это обычный пелагический трал с грунтопом. Следует отметить, что такие тралы превосходят обычные донные по размеру, и требуют определенной подготовки судна и экипажа. Однако, принципиальных препятствий, кроме как преодоления консерватизма судовладельцев, для внедрения этих тралов не предвидится.

Этот резерв был также отмечен в отчете С. Кристиансен, и, безусловно, необходимо приложить все усилия для его реализации, как в формате MSC-сертификации, так и на государственном уровне.

Кроме того, имеются оригинальные российские разработки гибких распорных устройств, которые вставляются в крылья трала и также не касаются грунта.

Второе направление значительно сложнее. Для его реализации необходимо создание принципиально новой конструкции грунтропа, которая не уступала бы рокхопперу хотя бы по уловистости и надежности, но оказывала меньшее воздействие на грунт. Именно такую задачу необходимо ставить перед конструкторами орудий лова.

Разработанный в Норвегии пластинчатый грунтроп, который при хорошей уловистости оказывает более мягкое воздействие на грунт, не нашел широкого применения в силу технических сложностей эксплуатации и меньшей надежности. Имеется также российская опытная модель комбинированного пластинчатого грунтропа, которая в значительной степени лишена недостатков норвежской модели, и при этом ее воздействие на биоту еще более мягкое. Поэтому, в случае успешной апробации данной конструкции на промысле трески и пикши в Баренцевом море, ее необходимо внедрять на замену рокхопперу.

В идеале грунтроп вообще не должен касаться грунта, но при этом и не пропускать рыбу под нижнюю подбору. Для решения этой задачи наиболее перспективными представляются разработки в области бесконтактного воздействия на рыб, то есть электро-магнитные, акустические, пневмо-акустические и световые излучения, которые поднимали бы рыбу над грунтом и надежно отпугивали от нижней подбору. Данное направление не относится к области научной фантастики, поскольку уже имеется ряд подобных российских разработок на различных стадиях завершения, которые в свое время не нашли применения в силу определенных причин, но именно сейчас могут быть востребованы и адаптированы к промышленному рыболовству.

Это очень серьезная задача, но ее решение позволит радикально улучшить экологичность донного трала, вывести его на принципиально новый уровень.

И, наконец, имеется еще один важный резерв для снижения негативного воздействия донных тралений – совершенствование технологии процесса траления. Эффект такого снижения обусловлен более точной, прицельной буксировкой трала в местах промысловых скоплений, в результате чего длина траловой дорожки, а следовательно и площадь воздействия на грунт на единицу улова, может значительно сокращаться.

Это достигается в результате внедрения системы управления тралом («Автотрал»), которая позволяет облавливать скопление практически по любым траекториям (а не прямолинейными галсами-разрезами через скопление рыбы, как это делается на устаревших траулерах), а также системы датчиков контроля для корректировки работы трала и его элементов в режиме прямой и обратной связи.

Таким образом, при замене старого флота на современный, или хотя бы при оснастке старых траулеров системой «Автотрал» и траловой аппаратурой прямой и обратной связи, для выборки квоты по треске и пикше потребуется значительно меньше промысловых усилий. В результате площадь тралений, а, следовательно, и суммарное воздействие на бентические сообщества будет соответственно ниже, не говоря уже о сопутствующем снижении расхода топлива и загрязнении среды.

Это, в свою очередь, позволит сократить численность тралового флота, а освободившиеся экипажи можно будет задействовать на ярусном промысле, увеличение которого соответственно уменьшит часть ОДУ для тралового промысла, что изменит в сторону экологичности всю структура промысла трески и пикши.

Заключение

Оценивая воздействие донных тралений на бентос, не следует забывать, что любая человеческая деятельность, связанная с оккупацией природной среды и изъятием ресурсов, в той или иной степени изменяет ее до определенного уровня.

Для понимания масштабов этого процесса будет полезно вспомнить, что, например, сельскохозяйственная пашня – это уничтоженный в свое время природный биоценоз с его уникальным видовым биоразнообразием (луг, степь, или даже лес), который при этом регулярно перепахивается, обрабатывается пестицидами и гербицидами. Эти процедуры приводят не только к массовой гибели представителей почвенной флоры и фауны (уже радикально измененной), но, нередко, и к полной деградации и уничтожению самой почвы, которая является базой для всех сухопутных форм жизни, а по срокам формирования - не уступает коралловым рифам. В этой связи ряд ученых считает, что донный траловый промысел гораздо экологичнее, того же традиционного земледелия.

Итак, можно сказать, что бентосные сообщества в районах донного тралового промысла Баренцева моря взаимодействуют с данным видом человеческой деятельности уже достаточно длительный, по сути, исторический период. И следует признать, что человечество использует данный участок шельфа в своих целях, воздействует на него, изменяет до определенного уровня, и, осознав угрозы его разрушения, стремится сохранить в определенном диапазоне состояний, при котором вся морская система данного региона сохраняет свою устойчивость. В противном случае мы будем вынуждены встать на позицию крайних «зеленых» и прекратить любую активную деятельность, особенно в географических и промышленных масштабах.

Необходимо также признать, что донный траловый промысел, являясь наиболее рентабельным и эффективным, по объективным причинам занимает свою нишу в общей структуре промысла баренцевоморской трески и пикши, и серьезной альтернативы, во всяком случае для российского промысла, этому орудия лова в ближайшее время, скорее всего, не предвидится. В лучшем случае можно надеяться только на некоторое снижение доли данного промысла в общей структуре вылова трески и пикши за счет развития российского ярусного лова.

Следует отметить, что относительно невысокая доля тралового флота в норвежском промысле обусловлена исторически сложившейся структурой промысла с мощной береговой инфраструктурой и многочисленным маломерным флотом, который работает преимущественно с пассивными орудиями лова. Российская рыбная промышленно функционирует в совершенно других условиях и базируется преимущественно на средне- и крупнотоннажных судах, которые ведут промысел в открытом море.

Поэтому нужно быть готовым к тому, что донный трал останется на вооружении неопределенно долгое время, понимая при этом, что MSC-сертификация данного промысла и ее правила не смогут повлиять на объемы тралового вылова, а, следовательно, и на сам факт воздействия этого орудия лова на бентические сообщества.

Исключив же донный траловый промысел из MSC-сертификации, мы не только не уменьшим его объемы, а, следовательно, и негативные последствия, но утратим те (пусть весьма ограниченные) рычаги влияния, которыми располагает данная система для снижения этого воздействия.

Более продуктивным, в данной ситуации, является компромиссный, гибкий подход, который подразумевает целый комплекс мероприятий:

1. Введение запретных зон для ареалов с коралловыми рифами и других УМЭ на государственном уровне, а также принятие добровольных ограничений со стороны MCS-сертифицированных компаний.
2. Разработка новых технологий для донных тралений, включая полупелагические, и их внедрение на судах сертифицированных компаний, а в последующем – на всем траловом флоте законодательным порядком.
3. Целенаправленное обновление донного тралового флота современными судами и оснащение существующих судов системами «Автотрал» и траловыми датчиками.
4. Развитие российского ярусного промысла и увеличение его сегмента в ОДУ трески, пикши, черного палтуса и др.

Реализация всего этого комплекса предполагает активное участие государственных структур России и Норвегии. Функция неправительственных организаций, таких как MSC и WWF, в данном процессе представляется как рекламно-информационная, стимулирующая, определяющая вектор этих позитивных изменений.

Однако, не следует при этом забывать, что рыбный промысел, это прежде всего коммерческая деятельность, к тому же сопряженная с большими капиталовложениями и рисками. Поэтому объемы и темпы подобных изменений должны быть соразмеримы с экономическими условиями и возможностями данных предприятий.

Используемые термины и сокращения

Адвекция — перенос тепла, солей, влаги водой или воздухом в горизонтальном направлении.

Бенталь — зона донной жизни в морях и озерах (дно водоема с населяющими его гидробионтами).

Бентос — совокупность животных и растительных организмов, всю жизнь или большую ее часть обитающих на дне водоема на поверхности или в толще донных осадков.

Биогены — химические элементы, постоянно входящие в состав организмов; присутствие их в организме необходимо для поддержания жизни, а присутствие в доступной форме в окружающей среде — для существования автотрофных организмов.

Биомасса — выраженное в единицах массы или энергии количество живого вещества тех или иных организмов, приходящееся на единицу площади или объема того или иного биотопа.

Биота — исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на какой-либо крупной территории (акватории). В отличие от биоценоза виды, представляющие *биоту* могут и не находиться между собой в экол. связях.

Биотоп — относительно однородное по степени проявления абиотических факторов среды пространство, занятое биоценозом.

Биоценоз — совокупность растений, животных, микроорганизмов, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема и характеризующихся определенными отношениями, как между собой, так и с абиотическими факторами среды. Это комплекс организмов, формирующийся в результате борьбы за существование, естественного отбора и др. факторов эволюции.

Бифуркация (бифуркационная природа процесса) — ветвление какого-либо процесса в точке «выбора» траектории дальнейшего развития системы в результате случайных флуктуаций (колебаний), которые могут не оказывать влияния на будущее, как очень слабые, а могут усиливаться и действовать в резонанс, подталкивая систему к выбору определенного пути развития (определенной траектории).

Бобинцы - металлические катки, которые нанизываются на грунтроп.

Геоморфологические структуры — основные элементы рельефа земной поверхности.

Гигазообентос — донные беспозвоночные животные, как правило, более >500 мм, попадающие исключительно в тралы, и драги.

Гидробионты — организмы, обитающие в воде.

Гребешковая банка — участок морского дна (обычно слабовыраженная отмель или склон) населенный морскими гребешками.

Грунтроп - стальной трос, который крепится к нижней подборе трала, обеспечивает контакт с грунтом и предохраняет его от задевов. Для улучшения рабочих качеств этот трос комплектуют дополнительными элементами (бобинцы, резиновые диски и пластины, грузы).

Демерсальный — донный, придонный.

Детрит — совокупность взвешенных в воде и осевших на дно водоема органич.минеральных частиц биогенного и абиогенного происхождения.

Детритофаги — животные, приспособленные к питанию детритом (вместе с содержащимися в нем микроорганизмами).

Зообентос — донные животные (преимущественно — беспозвоночные).

Зооиды – отдельные особи, составляющие колонии таких групп беспозвоночных, как сифонофоры и мшанки. Могут иметь разное строение и физиологическое предназначение.

Изобента – линия на карте, соединяющая точки на дне океана или любого другого водоема с одинаковыми значениями биомассы, численности, биоразнообразия и др. характеристик бентоса. Может образовывать контур.

Инвазийные виды – ранее чуждые виды организмов, вселившиеся на ту или иную территорию или в сообщество.

Индекс Шеннона – количественная оценка структуры биоценозов, характеризующая их разнообразие по численности или биомассе составляющих видов.

Интерполяционный узел – точка на карте, для которой одним из методов нахождения промежуточных значений на основе имеющегося дискретного набора для других точек вычисляется та или иная картируемая величина.

Инфауна – совокупность представителей зообентоса, обитающих в толще грунта.

ИЭЗ РФ – исключительные Экономические Зоны Российской Федерации.

Квазиперманентное состояние – состояние близкое постоянному.

Континентальный (материковый) склон – один из основных элементов подводной окраины материков, расположен между шельфом и материковым подножием. Характеризуется более крутыми уклонами поверхности по сравнению с шельфом и ложом у океана и значительной расчлененностью рельефа.

Коэффициент детерминации – квадрат коэффициента корреляции Пирсона.

Мадрепоровые кораллы – отряд морских кишечнополостных животных класса коралловых полипов. Преимущественно колониальные, прикрепленные к морскому дну формы. Одиночные м. кораллы достигают в поперечнике 25 см, колонии – нескольких метров и имеют разнообразную форму. Основную часть колонии составляет известковый скелет.

Макрозообентос (макрофауна) – донные беспозвоночные животные крупнее 1,5-30,0 мм, наиболее полно облавливаемые дночерпателями;

Мезозообентос (мегафауна) – донные беспозвоночные животные, как правило, более 30-500 мм, попадающие в основном в тралы, и драги и редко облавливаемые дночерпателями.

Мейозообентос (мейофауна) – донные беспозвоночные животные размерами 0,1-1,5 мм.

ННН-промысел – незаконный, нерегулируемый и несообщаемый промысел.

НЭЗ – экономические Зоны Королевства Норвегии.

ОДУ – общий допустимый улов.

Первичная продукция – общее количество органического вещества, производимого автотрофами (фотосинтезирующие и хемосинтезирующие организмы) за единицу времени в единице пространства.

Промысловые рекруты – вступающие в промысловую часть популяции растущие особи младших возрастных групп.

Рециклинг (биогеов) – возвращение биогенных элементов в водную среду водоема в форме пригодной для многократного использования водорослями и цианобактериями. Происходит за счет минерализации органического вещества в результате его поглощения и деструкции гетеротрофными организмами.

Рокхонпер – разновидность жесткого грунтропа, который комплектуется из резиновых дисков. В отличие от бобинцев эти диски зафиксированы на грунтропе, при встрече с препятствием они деформируются, скручиваются, и при распрямлении подбрасывают участок нижней подборки над препятствием, предохраняя трал от разрыва.

Сессильная фауна (сессильные формы) – организмы эпифауны, ведущие прикрепленный образ жизни (усоногие раки, губки, плеченогие, мшанки и др.).

Сестонофаги – водные организмы, питающиеся сестоном (совокупность взвешенных в воде мелких планктонных организмов и частиц детрита).

Синэкология – раздел экологии, изучающий структурно-функциональную организацию биоценозов.

Спикулы – мелко-игольчатые, как правило, геометрически правильные скелетные образования в теле многих губок. Состоят либо из кремнезема, либо из карбоната кальция. Последний в воде быстро растворяется, особенно в холодной.

СРНК – смешанная Российско-Норвежская Комиссия по рыболовству.

Сукцессия – последовательная закономерная смена во времени одних экосистем другими. Первичные сукцессии характеризуют становление и развитие экосистем во вновь образованных водоемах, вторичные — постепенное изменение длительно существующих экосистем.

Таксон – классификационная единица в систематике растений и животных организмов. Основными таксонами являются вид, род, семейство, отряд, класс, тип.

Траловые доски – гидродинамические распорные устройства для раскрытия трала. Это два вертикально ориентированных металлических щита с профилем гидродинамического крыла, которые при буксировке под напором воды расходятся по обе стороны от направления буксировки, и растягивают устье трала.

Трофическая структура – организация экосистем и сообществ, основанная на типах питания и пищевых отношениях входящих в них организмов.

Трофические группы – группы организмов, внутренне объединяемые по сходству типов питания.

Трофическое звено – звенья потока энергии в экосистеме, начинающегося с первичной продукции и продолжающегося через непосредственных ее потребителей - консументов I порядка, консументов II и III порядков (хищников) и редуцентов, разрушающих мертвое органическое вещество на всех уровнях.

Удельная продукция – количество органического вещества, образуемого популяцией или сообществом за единицу времени и в пересчете на единицу массы организмов, составляющих эту популяцию или сообщество.

УМЭ – уязвимые морские экосистемы.

ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация под патронатом ООН.

Фильтраторы – водные животные, питающиеся взвешенными в воде мелкими организмами или частицами органического вещества, которые они процеживают при помощи тех или иных приспособлений.

Фитобентос – совокупность растительных организмов, обитающих на дне водоема; растительная часть бентоса.

Шельф – прибрежное океаническое мелководье, ограниченное с одной стороны берегом, с другой — заметным краем (гребнем) материкового склона на глубине 200-600 м.

Эдификаторы – (фонообразующие) ключевые компоненты в донных биоценозах.

Эдификаторы – виды организмов с сильно выраженной средообразующей способностью, т.е. определяющие строение и, в известной степени, видовой состав сообщества (битоценоза). Оказывают сильное воздействие на среду и через нее на жизнь прочих членов сообщества.

Эпифауна – организмы зообентоса, обитающие на поверхности донных отложений.

MAREANO – проект по детальному картографированию глубин, донных отложений, донной фауны, донного биоразнообразия и загрязнения в норвежских водах. Координируется норвежским Институтом морских исследований (IMR).

NEAFC – Северо-Восточная атлантическая комиссия по рыболовству.

OLEX – система электронная карт, сочетающая возможности навигации по векторной карте, построение рыболовных планшетов и трехмерное представление рельефа морских глубин, сохранение различные маркеров, примечаний, линий, районов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Айбулатов Н.А. Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. – М.: Наука. 2005. 364 с.
- Алимов А.Ф. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ донных животных / Материалы XII научного семинара «Чтения памяти Дерюгина». СПб: ЗАО «КопиСервис». 2010. С. 5-17.
- Анисимова Н.А. 2000. Иглокожие (Echinodermata) Баренцева моря. // Современный бентос Баренцева и Карского морей (под ред. Г.Г. Матишова). Изд-во КНЦ РАН, Апатиты. С. 228-347.
- Антипова Т.В. 1975а. Предварительные данные по видовому составу и количественному распределению двустворчатых моллюсков в Баренцевом море // Океанология, т. 15, вып. 2. С. 330-332.
- Антипова Т.В. 1975b. Распределение биомассы бентоса Баренцева моря // Тр. ПИНРО. Вып. 35. С. 121-124.
- Антипова Т.В. 1978. Продукция популяций некоторых видов двустворчатых моллюсков юго-восточной части Баренцева и южной части Карского морей // Океанология, т. 18, вып. 4. С. 737-741.
- Артюхин Ю.Б., Бурканов В.Н., Никулин В.С. 2010. Прилов морских птиц и млекопитающих на дрифтерном промысле лососей в северо-западной части Тихого океана – М.: Скорость цвета. 264 с.
- Берлянт А.М. 1986. Образ пространства: карта и информация – М.: Мысль. 240 с.
- Боханов Д.В., Лайус Д.Л., Моисеев А.Р., Соколов К.М. 2013. Оценка угроз морской экосистеме Арктики, связанных с промышленным рыболовством, на примере Баренцева моря. М., Всемирный фонд дикой природы (WWF). – 108 с.
- Броцкая В. А., Зенкевич Л.А. 1939. Количественный учёт донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. Т. 4. С. 3-127.
- Галкин Ю.И. 1987. Колебания климата и многолетние изменения биомассы бентоса в Баренцевом море // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука. С. 90-122.
- Галкин Ю.И. 1964. Многолетние изменения в распределении двустворчатых моллюсков в южной части Баренцева моря // Новые исследования планктона и бентоса Баренцева моря. Труды ММБИ. – Л: Наука. Вып. 6(10). С. 22-40.
- Греков А.А. 2009. Ярусный промысел донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах // Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2009 г. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. – С. 94-99.
- Греков А.А., Павленко А.А. 2011. Сравнение ярусного и тралового донных видов промысла в Баренцевом море для разработки предложений по устойчивому использованию морских биоресурсов Баренцева моря // Москва-Мурманск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 52 с.

- Денисенко Н.В. 1990. Распределение и экология мшанок Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КНЦФР СССР. 157 с.
- Денисенко Н.В., Денисенко С.Г. 1991. О влиянии донных тралений на бентос Баренцева моря // Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря. – Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР. С. 158–164.
- Денисенко С.Г. 1989. Экология и ресурсы исландского гребешка в Баренцевом море. Апатиты: КНЦ АН СССР. 138 с.
- Денисенко С.Г. 2006. Многолетние изменения зообентоса в Печорском море // Известия РГО. Т. 138. С. 37–48.
- Денисенко С.Г. 2007. Зообентос Баренцева моря в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия// Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан», II этап (2003-2007 гг.). - Владивосток: Дальнаука. - С. 418-511.
- Денисенко С.Г. 2008. Макрозообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия. Автореферат диссертации д.б.н. СПб.: ЗИН РАН. 45 с.
- Денисенко С.Г. 2010. Видовое богатство и биоразнообразие зообентоса Баренцева моря // Материалы XII научного семинара «Чтения памяти К.М.Дерюгина» – Санкт-Петербург: СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии. С. 29-41.
- Денисенко С.Г. 2013. 7.3. Разработка метода оценки экологических рисков с учетом возможных нефтяных разливов // Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности Арктической зоны Российской Федерации – «Территориальное зонирование Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) по критериям состояния окружающей среды». Этап заключительный. Шифр 2013-1.5-14-15-515-0037-006 № госрегистрации 01201362178 – СПб: ААНИИ, 2013. С. 194-201.
- Емельянов Е.М. 1998. Барьерные зоны в океане. Осадко- и рудообразование, геоэкология – Калининград: изд. «Янтарный сказ». 416 с.
- Заика В.Е. 1983. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – Киев: Наук. думка. 208 с.
- Зацепин В.И. 1962. Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики. Часть 1 // Труды ВГБО. Т. 12. С. 245-334.
- Зацепин В.И., Риттих Л.А. 1968а. Количественное распределение донной фауны и различных ее экологических групп в районе Мурманского побережья Баренцева моря / Некоторые проблемы гидробиологии // Труды МОИП. Т. 30. С. 49-82.
- Зацепин В.И., Риттих Л.А. 1968б. Количественное распределение основных трофических групп донных беспозвоночных в Баренцевом море // Труды ПИНРО. Вып. 23. С. 527-545.

- Зенкевич Л.А. 1963. Биология морей СССР. – М.: Изд. АН СССР. 739 с.
- Золотарев В.Н. 1989. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. – Киев: Наук. думка. 123 с.
- Золотарев В.Н., Стадниченко С.В. 2006. Зависимость удельной продукции морских беспозвоночных от продолжительности их жизни: Аналитическая модель // Биология моря. Т. 32. № 4. С. 277-281.
- Золотарев П.Н. 2012. состояние запасов и промысел исландского гребешка (*Chlamys islandica*) в Баренцевом море и Воронке Белого моря в 1987-2009 гг. // Вопросы рыболовства» №1 (49) С. 71-89.
- Идельсон М.С. 1930. Материалы по количественному учету донной фауны Шпицбергенской банки (Баренцево море) // Тр. Морского Научного Института, т. 4, вып. 3. С. 27-46.
- Идельсон М.С. 1933. Материалы по количественному учёту донной фауны Баренцева, Белого и Карского морей. № 7. Распределение биомассы бентоса в южной части Баренцева моря // Труды ГОИН. Т. 3, вып. 4. С. 49-74.
- Ильин Г.В., Щекатурина Т.Л., Петров В.С. 1996. Нефтяные углеводороды в донных отложениях // Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С.107-113.
- Канкунская Декларация, принятая на Международной конференции по ответственному рыболовству (Канкун, 8 мая 1992 г.).
- Карамушко О.В. 2005. Исторический опыт развития рыболовства и его влияния на динамику численности рыб в Баренцевом море (<http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation/ksc75/3.3.3.pdf>).
- Книпович Н.М. 1902. Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана. – СПб.: Товарищ. худож. печати. Т.1. 635 с.
- Книпович Н.М. 1904. Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана. – СПб.: Товарищ. худож. печати. Т.2. 112 с.
- Кузнецов А.П. 1980. Экология донных сообществ Мирового океана (Трофическая структура морской донной фауны). – М.: Наука. 244 с.
- Левин В.С., Коробков В.А. 1998. Экология шельфа: проблемы промысла донных организмов. СПб: Элмор. 224 с.
- Любин П.А., Анисимова Н.А., Йоргенсен Л.Л., Манушин И.Е., Прохорова Т.А., Захаров Д.В., Журавлева Н.Е., Голиков А.В., Мороз А.Р. 2010. Мегабентос Баренцева моря. // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы междунар. науч. конф. (Мурманск, 27–30 окт. 2010 г.). – М.: ГЕОС. – Вып. 10: Природа шельфа и Европейской Арктики. – С. 192–200.
- Любин П.А. 2013. Устойчивое использование биоресурсов морей России: проблемы и перспективы» // Презентация в ходе работы круглого стола «организованного Всемирным фондом дикой природы России при поддержке Ассоциации «РПХ Карат» 27-28 мая 2013 г. в г. Мурманске.

- Манушин И.Е. 2013. Насколько увеличение размеров тела влияет на выживание водных экзотермных животных // Материалы 12 научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвящённая 75-летию Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцева (27 февраля – 1 марта 2013 г.): тезисы докладов/ ББС МГУ. М. С. 179-181.
- Маслов Н.А. 1944. Донные рыбы Баренцева моря и их промысел // Труды ПИНРО. Вып. 8. С.3-186.
- Милославская Н.М. 1958. Некоторые соображения о бентосе и его роли в жизни пикши // Труды МБС. Т. IV. С. 151-157.
- Милославская Н.М. 1958. Особенности размещения бентоса и возможности его использования тресковыми рыбами на восточном Мурмане // Закономерности скоплений и миграций промысловых рыб в прибрежной зоне Мурмана и их связь с биологическими, гидрологическими и гидрохимическими процессами. – М.–Л. Изд. АН СССР. С. 103-128.
- Милославская Н.М. 1961. Некоторые материалы о связях бентоса и планктона в прибрежье Восточного Мурмана // Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. – Мурманское книжн. изд-во. С. 186-196.
- Мортенсен П. 2006. Коралловые рифы и другие уязвимые представители донного мира Баренцева моря // Баренцуотч. Баренцево море экология и нефтепромышленная деятельность. Bioforsk Soil and Environment, Svanhovd: Birkeland Trykkeri AS, 2006. С. 10-11.
- Нейман А.А. 1988. Количественное распределение и трофическая структура бентоса шельфов мирового океана. – М.: Изд. ВНИРО. 101 с.
- Нейман А.А., Зезина О.Н. 2004. О стабильности и изменчивости биоэкономической структуры макрозообентоса морей и океанов. – В кн.: Изучение зообентоса шельфа. Информационное обеспечение экосистемных исследований – Апатиты: КНЦ РАН. С.31-42.
- Пергамент Т.С. 1957. Распределение бентоса в прибрежной зоне Восточного Мурмана // Труды МБС. Т.3. С. 75-89.
- Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна. 2009 (http://89.107.122.151/bpa/bpa_doc.asp?KL=5461&TDoc=46&nb=0).
- Слепкова Н.В. 1986. Класс Anthozoa, подкласс Octocorallia – восьмилучевые кораллы // Жизнь и условия её существования в бентали Баренцева моря. Апатиты, Изд-во КФ АН СССР. С. 91-92.
- Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2009 г. 2009. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 111 с.
- Стрельцов В.Е. 1966. Количественное распределение полихет в южной части Баренцева моря // Состав и распределение планктона и бентоса в южной части Баренцева моря. – Л.: Наука. С. 71-91.

- Турпаева Е.П. 1953. Питание и пищевые группировки морских донных беспозвоночных // Труды ИО АН СССР. Т. 7. С. 259-299.
- Филатова З.А. 1938. Количественный учёт донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. Вып. 2. С. 3-58.
- Ходкина И.В. 1964. Иглокожие южной части Баренцева моря // Новые исследования планктона и бентоса Баренцева моря. – М.-Л.: Наука. С. 41-75.
- Численко Л.Л. 1981. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. – М., Изд-во Моск. ун-та. 208 с.
- Чумаков А.К. 2011. Строительство в России современных судов ярусного лова донных рыб с целью развития круглогодичного прибрежного рыболовства в 200-мильной ИЭЗ России в Баренцевом море, выявления и вовлечения в промысел дополнительных, недоиспользуемых ресурсов... // Рыба и морепродукты, № 4 (56). С.10-13.
- An Age: Database of animal ageing and longevity (<http://genomics.senescence.info/species/>).
- Anisimova, N.A., Jørgensen, L.L., Lyubin, P.A. and Manushin, I.E. 2010. Mapping and monitoring of benthos in the Barents Sea and Svalbard waters: Results from the joint Russian - Norwegian benthic programme 2006-2008. IMR-PINRO Joint Report Series 1-2010. 114 pp.
- Anisimova N.A., Jørgensen L.L., Lyubin P.A., Manushin I.E. 2011. Benthos. In The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation, pp. 121-159. Ed. by T. Jakobsen and V. Ozhigin. Tapir Academic Press, Trondheim
- Bergman M.J.N. and Hup M. 1992. Direct effects of beam trawling on macrofauna in a sandy segment in the southern North Sea. ICES J. Mar. Sci. 49: 5–11.
- Bergman M.J.N. and Van Santbrink J.W. 2000. Fishing mortality of populations of megafauna in sandy sediments. In The Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats. Biological, Conservation and Socio-economic Issues (eds Kaiser, M. J. and de Groot, S. J.), Blackwell Science, Oxford. Pp. 49–68.
- Brattegard T., Holte T. 1997. Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. A tabulated Catalogue / Research Report for DN 1997-1. Directorate for Nature Management. 409 p.
- Brey T. 1999. A collection of empirical relations for use in ecological modeling // NAGA. The ICLARM Quarterly. Vol. 22 N. 3. P. 24-28.
- Bryazgin V.F. 1997. Diversity distribution and ecology of benthic amphipods (Amphipoda, Gammaridea) in the Barents Sea sublittoral. Polish Polar Research, 18(2), pp. 89-106.
- Buhl-Mortensen, L., Hodnesdal, H., Thorsnes, T. (Eds.), 2010. Til bunns i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten – ny kunnskap fra MAREANO for økosystembasert forvaltning. Norges geologiske undersøkelse. 127 p.
- Buhl-Mortensen L., Aglen A., Breen M., Buhl-Mortensen P., Ervik A., Husa V., Løkkeborg S., Røttingen I. and Stockhausen H.H. 2013. Impacts of fisheries and aquaculture on

sediments and benthic fauna: suggestions for new management approaches. Produced by The Institute of Marine Research's internal committee on the effects of fishing and aquaculture on sediments and seabed habitats. Nr.2. 72 pp.

- Christiansen S. 2013. Sustainability of MSC certified NE Arctic cod trawl fisheries. Impacts of demersal trawling on benthic habitats.
- De Groot S.J. 1984. The impact of bottom trawling on benthic fauna of the North Sea. *Ocean Management* 9: 177-190.
- Denisenko S.G. 2001. Long-term changes of zoobenthos biomass in the Barents Sea. Zoological sessions (Annual report 2000) // *Proceeding of the Zoological Institute Russian Academy of Sciences* 289. P. 59-66.
- Denisenko S.G. 2004. Structurally-functional characteristics of the Barents Sea zoobenthos // *Zoological sessions (Annual reports 2003) / Proc. Zool. Inst. RAS. Vol. 300. P. 43-52.*
- Denisenko S.G., Cochrane S., Carroll M.L., Embrow Ch., Dahle S. 2006. Zoobenthos distribution and vertical organic flux of organic carbon in the Barents Sea: preliminary results of 2003 expedition on R/V "Ivan Petrov" // *Proceedings. of the Zool. Institute RAS. Vol. 310. P. 35-45.*
- Dolgov A., Orlova E., Johannsen E., Bogstad B. 2013. Piscivorous fish. In *The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation*, pp. 466-484.
- Duplisea D.E., Jennings S., Warr K.J., Dinmore T.A. 2002. A size-based model of the impacts of bottom trawling on benthic community structure // *Can J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 59. P. 1785-1795.*
- Ereskovsky A.V. 1995. Materials of the faunistic study of the White and Barents Seas sponges. 5. Quantitative distribution // *Berliner geowiss. Abh. E16. P. 709-714.*
- FAO. 1983. Report of the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality) // *Fisheries Technical Report, No 289. - Rome: FAO.*
- Fauchald P., Filin A., Arneberg P., Bogstad B., Dolgov A., Kluge R., Kovacs K.M., Olseng C. D. 2009. Conclusions about state of the ecosystem в Stiansen, J.E., Korneev, O., Titov, O., Arneberg, P. (Eds.), Filin, A., Hansen, J.R., Høines, Å., Marasaev, S. (Co-eds.) 2009. Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – complete report. *IMR/PINRO Joint Report Series, 2009(3), P 270-279.*
- Fillinger L., Janussen D., Lundälv T., Richter C. 2013. Rapid glass sponge expansion after climate-induced Antarctic ice shelf collapse // *Current Biology, Vol. 23, Issue 14, pp. 1330-1334.*
- Gatti S. 2002. The role of sponges in high Antarctic carbon and silicon cycling — a modelling approach. PhD thesis, Bremen University // *Ber Polar Meeresforsch 434, Bremerhaven*
- Graham M. 1955. Effect of trawling on animals of the sea bed. // *Deep Sea Research* 3. P. 1-6.

- Hansson M., Lindegarth M., Valentinssona D., Ulmestrand M. 1998. Effects of shrimp-trawling on abundance of benthic macro-fauna in a Swedish Fjord // *Marine Benthos Dynamics: Environmental and Fisheries Impacts*. Abstracts book of ICES Symposium. – Crete:
- Joint Report Series 1-2012, 39 pp. (http://www.imr.no/publikasjoner/andre_publicasjoner/imr-pinro_samarbeidsrapporter/2012/en)
- Kaiser, M.J. & de Groot, S.J. 2000. Effects of fishing on non-target species and habitats. Biological, conservation and socio-economic issues. Oxford, UK, Blackwell Science. 399 pp.
- Lindeboom, H.J. & de Groot, S.J. 1998. IMPACT-II: The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. NIOZ- Report 1998-1/ RIVO-DLO Report C003/98. Den Burg, Texel, Netherlands, Netherlands Institute for Sea Research. 404 pp.
- Løkkeborg S. 2005. Impacts of trawling and scallop dredging on benthic habitats and communities. FAO fisheries technical paper 472, 69 p.
- Loring D.H., Naes K., Dahle S., Matishov G.G., Ilyin G. 1995. Arsenic, trace metals, and organic microcontamination in sediments from the Pechora Sea, Russia // *Marine Geology*. Vol. 2. P. 153-167.
- Lyubin P., Anisimova N., Manushin I. 2011. Long-term effects on benthos of the use of bottom fishing gears // *In The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation*, pp. 768-775. Ed. by T. Jakobsen and V. Ozhigin. Tapir Academic Press, Trondheim
- Peterson C.H., Sommerson H.C., Fegley S.R. 1987. Ecological consequences of mechanical harvesting of clams. – *Fish. Bull.* 85(2): 281-289.
- Rijnsdorp A.D., Leeuwen P.I. 1996. Changes in growth of North Sea plaice since 1950 in relation to density, eutrophication, beam-trawl effort, and temperature // *ICES Journal of Marine Sciences*. Vol. 53. P. 1199-1213.
- Piraino S., Fanelli S., Boero F. 2002. Variability of species? roles in marine communities: change of paradigms for conservation priorities // *Marine Biology*. Vol. 140. P. 1067-1074.
- Russkikh A.A., Dingsør G.E., 2011. Haddock. *In The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation*, pp. 271-280. Ed. by T. Jakobsen and V. Ozhigin. Tapir Academic Press, Trondheim
- Slagstad D., Stokke S. 1994. Simulering av stroemfelt, hydrografi, isdekke og primaerproduksjon I det Nrbilige Barentshav. *Fisken-Havet-Norway Havforskhihgsinstituttet* 9. 47 pp.
- Teixidó N., Garrabou J., Gutt J., Arntz W. E. 2004. Recovery in Antarctic benthos after iceberg disturbance: trends in benthic composition, abundance and growth forms // *Mar Ecol Prog Ser* Vol. 278: P. 1–16.
- Sundet J.H. Haneskjell – Iceland scallops // *Fisken og Havet*, 2008. Særnummer 2. Institute of Marine Research. P. 177.

- Vold A., Breen M., Hansen K., Vincent B., Zachariassen K., 2009. Report from a cruise onboard RV G. O. Sars 22.11 – 03.12.2008: Comparing the impact of two bottom trawls. Toktrapport/Havforskningsinstituttet/ISSN 1503-6294/Nr.7. 59 pp. (http://www.imr.no/filarkiv/2009/11/toktrapport_07_09.pdf/nb-no)
- Wassmann P., Reigstad M., Haug T., Rudels B., Carroll M., Hop H., Gabrielsen G., Falk-Petersen S., Denisenko S.G., Arashkevich E., Slagstad D., Pavlova O. 2006. Food webs and carbon flux in the Barents Sea // Progress in Oceanography. Vol. 71. P. 232–287.
- Yaragina N.A., Algen A., Sokolov K.M. 2011. Cod in the Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation, pp. 225-270. Ed. by T. Jakobsen and V. Ozhigin. Tapir Academic Press, Trondheim.