

574.62

Л 36

В.С.Левин

**ПРОМЫСЛОВАЯ
БИОЛОГИЯ
МОРСКИХ ДОННЫХ
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
И ВОДОРОСЛЕЙ**



КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО РЫБОЛОВСТВУ

Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии

В.С.ЛЕВИН

ПРОМЫСЛОВАЯ
БИОЛОГИЯ
МОРСКИХ ДОННЫХ
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
И ВОДОРΟΣЛЕЙ

7274



ОЮ-92

Санкт-Петербург
1994

УДК 574.62

В.С.Левин. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей.— С.-Петербург: ПКФ «ОЮ-92», 1994.— 240 с.

Книга посвящена особенностям биологии и промыслового использования морских донных беспозвоночных животных и растений. Рассмотрены направления использования донных гидробионтов, биологические особенности важнейших групп, методы исследования донных организмов и среды их обитания, орудия и способы лова, динамика численности, основные проблемы регулирования и управления запасами.

Рассчитана на специалистов в области использования морских биологических ресурсов и охраны водной среды, научных работников, студентов рыбохозяйственных высших и средних учебных заведений.

Табл. 4, ил. 113, библиограф. 243 назв.

Рецензенты: канд. биол. наук *Н.И.Селин*, канд. технич. наук *В.А.Коробков*

Научное издание

Утверждено к печати

Камчатским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства и океанографии

Оригинал-макет выполнен в КамчатНИРО
с использованием системы «Ксерокс Вентура Паблишер» *В.Г.Степановым*

Книга издана при финансовом участии СП «Ринко»

ISBN 5-86197-005-X

© Содержание, В.С.Левин, 1994

© Оформление, ПКФ «ОЮ-92», 1994.

Отпечатано при содействии ПКФ «ОЮ-92» (оригинал-макеты, полиграфия)
191126, Санкт-Петербург, ул. Марата 72-12, тел. (812) 315-17-05, факс: (812) 164-91-75

Издательская лицензия № 062057 от 20 января 1992 г.

Ответственный за издание *Г.А.Мачинцев*

Подписано в печать 4.11.94, Формат 70x108¹/₁₆, Усл. печ. л. 21, Тираж 500 экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургской типографии № 1 ВО «Наука»
199034, СПб, 9 линия, д. 12.

Заказ № 3229

Введение

ПРОМЫСЛОВАЯ БИОЛОГИЯ: ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ

Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей — раздел науки, изучающий биологические особенности указанных организмов под углом зрения их промыслового использования. По своему положению среди других отраслей научного исследования промысловая биология — пограничная отрасль, использующая, помимо сведений, получаемых в рамках зоологии, альгологии, морской биологии, физиологии, этологии, экологии, также и достижения океанологии, техники, теории рыболовства, охраны окружающей среды и многих других разделов науки и видов деятельности.

Чем диктуется необходимость выделения такого специального раздела?

Несомненно, что биологическая информация, необходимая для обеспечения рыбохозяйственной деятельности, должна обладать определенной спецификой. Однако положение с научными знаниями о разных группах гидробионтов очень сильно различаются.

Биология водных организмов с давних времен имела сильный «рыбный крен», что обусловлено, наряду с другими обстоятельствами, и огромным экономическим значением использования ресурсов рыб. Прочной научной базой для рыбохозяйственной деятельности служит ихтиология; традиционно эта наука выделялась среди других разделов зоологии своей экологичностью и ориентацией на обеспечение нужд промысловой деятельности. На достаточно высоком уровне находится и промысловая биология морских млекопитающих.

Совсем иное положение сложилось с наукой о двух других очень важных в хозяйственном отношении группах организмов — донных беспозвоночных и водорослях. Посвященные биологии этих групп научные дисциплины — зоология беспозвоночных и альгология — по своей структуре и направленности не являются аналогами ихтиологии и в принципе недостаточны для удовлетворения соответствующих запросов хозяйственной деятельности.

Но, возможно, основные положения, выработанные для эксплуатации рыбных ресурсов, полностью применимы и для ресурсов донных организмов? К сожалению, это не так. Популяции промысловых донных беспозвоночных обладают особенностями принципиального характера, относящимися к пространственному распределению организмов, закономерностям воспроизводства и др. Эти особенности обуславливают необходимость специальных подходов к управлению ресурсами указанных организмов.

Определенное сомнение может вызвать целесообразность совместного рассмотрения организмов, относящихся к разным царствам живой природы — животным и растениям. Тем не менее такое объединение в рамках промысловой биологии вполне допустимо и даже необходимо, поскольку водные растения и прибрежные донные животные имеют очень много общего с точки зрения системы эксплуатации их запасов.

Каждый промысловый вид — элемент экосистемы, и на его численность и биомассу влияет прямо или косвенно множество факторов (рисунок). Поэтому для управления ресурсами эксплуатируемых популяций в идеале необходимы полные знания о строении и функционировании экосистемы района промысла, включающие как биотический, так и абиотический ее компоненты. Однако информация, которой обычно располагает наука, с одной стороны, недостаточна для обеспечения рыбохозяйственной практики, с другой же — избыточна, т.е. из-за трудности ее «перевода» на рыбохозяйственный язык она остается невостребованной.

Действительно, любой вид деятельности накладывает определенные ограничения не только на круг интересов, составляющих поле зрения специалистов, но и на весь их менталитет. (Например, для капитана судна, ведущего донное тралирование, сообщество донных прикрепленных организмов с богатейшей сопутствующей фауной — только «задевший грунт».) И в то же время многолетняя практика рыбохозяйственного дела показывает, что недостаток фундаментальных биологических и «фоновых» данных оборачивается в конечном счете значительными организационными и финансовыми потерями, а иногда приводит и к неустрашимым последствиям.

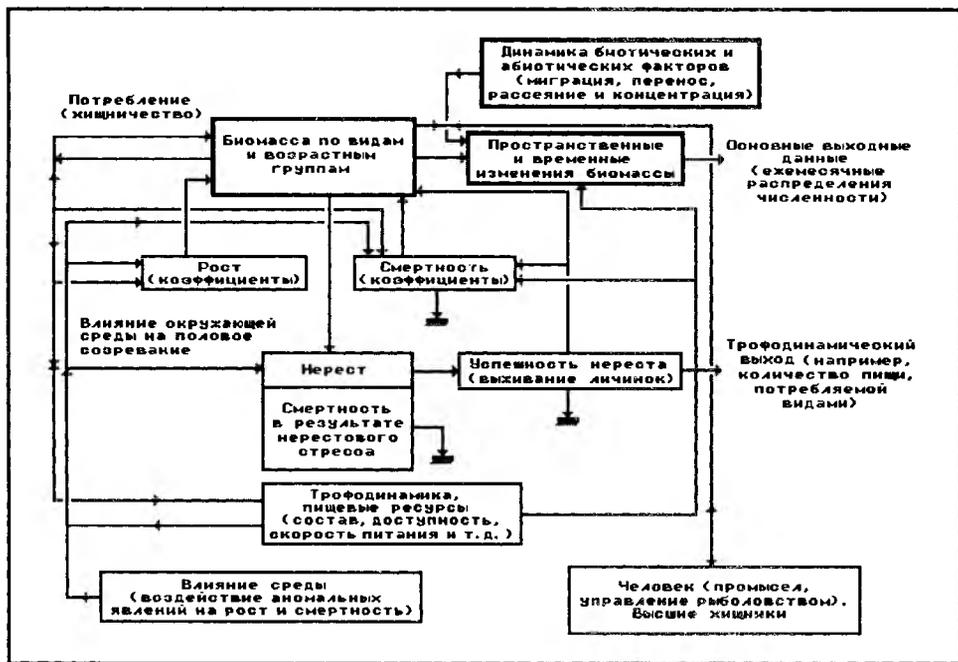


Схема основных процессов и взаимодействий в морской экосистеме (по: Левасту, Ларкинз, 1987)

Научной основой для организации и регулирования промысла служит информация о конкретных биологических особенностях организмов, на которые этот промысел ориентирован: их распределении и численности, питании, характере и сроках размножения, путях миграции и мн. др. Базовые сведения о биологических характеристиках морских промысловых видов накоплены за столетия в рамках зоологии, физиологии, экологии, этологии и других ветвей биологии. Ведь промысловые животные и растения — представители соответствующих таксономических групп со всеми присущими этим группам особенностями строения, образа жизни, питания, размножения и пр.

Однако помимо общебиологических сведений, необходимых, например, при организации нового промысла, необходима и специальная биологическая информация, удовлетворяющая требованиям рыбохозяйственной практики. Можно выделить две группы проблем, встающих при биологическом обеспечении промысловой деятельности и регулировании запасов.

Первая — это получение данных о биологических особенностях того или иного вида, наиболее важных с промысловой точки зрения. Структура необходимой информации зависит от многих факторов — цели работ, объекта, используемых орудий лова и др. и может быть весьма многообразна и детальна. Например, могут потребоваться данные о способах размножения, структуре жизненного цикла, поведенческой реакции на ту или иную окраску предмета, дистанции обнаружения приманки того или иного состава, и мн. др. Данные такого типа получают обычными для морской биологии методами как в полевых условиях, так и в лабораторных экспериментах.

Ко второй группе можно отнести информацию о состоянии тех или иных популяций в конкретных промысловых районах в определенный период времени, необходимую для мониторинга и текущего регулирования запасов. Это данные о размерном и половом составе, стадиях линьки, состоянии репродуктивной системы, степени накормленности и др. Указанная информация собирается исключительно в условиях экспедиций.

В содержательном плане принципиальной разницы между упомянутыми группами данных нет, однако с точки зрения организационной они значительно различаются. Базовые характерные биологические особенности видов исследуют обычно профессиональные биологи как из промысловых, так и (в нашей стране) академических организаций. Информацию второй группы могут собирать и относительно менее квалифицированные специалисты, работающие по четким инструкциям и методическим рекомендациям, и даже подготовленные члены экипажа промысловых судов.

Но одних биологических сведений, сколь бы полны и целенаправлены они ни были, недостаточно для организации и научно обоснованного режима эксплуатации запасов водных организмов. Как уже отмечалось, промысловая биология — пограничная отрасль науки, и работающему в этой области специалисту необходимы знания по таким вопросам, как определение количественных показателей и регулирование запасов промысловых

организмов, устройство орудий лова и их взаимодействие с промысловыми объектами и др. Эти сведения, относящиеся к донным организмам, разбросаны по огромному числу публикаций, многие из которых (ведомственные материалы, малотиражные иностранные региональные публикации и др.) труднодоступны; по некоторым важным вопросам информация вообще отсутствует.

Каждая серьезная область человеческой деятельности вырабатывает свою терминологию, часто отличающуюся от общеупотребительной. Промысловое использование морских организмов не исключение; здесь употребляется множество специальных промысловых терминов, в том числе и определяющих биологические понятия.

Происхождение этих терминов зачастую довольно интересно. В качестве примера приведу случаи, когда термин первоначально использовался для обозначения продукта, а затем переходил на организм или явление. Термин «келп» — широко распространенное американское название промысловых бурых водорослей, — первоначально означал золу из этих водорослей (она использовалась для получения соды). Второй пример — малайское слово «трепанг», означающее варено-сушеный продукт из голотурий, используется сейчас для обозначения самих промысловых голотурий (в русский язык этот термин пришел от китайских промышленников, импортирующих трепанг из России).

Иногда наблюдается несогласованность в понимании биологических промысловых терминов, используемых в разных странах. Например, в США практикуется деление промысловых двустворчатых моллюсков на несколько групп, в числе которых выделяется большая группа закапывающихся двустворчатых моллюсков, живущих преимущественно на литорали и доступных для ручного промысла. В англоязычной литературе они обозначаются общим термином *clams* (клемы) и подразделяются на группы — *softshell clams*, *hardshell clams*, *surf clams* и др., не имеющие устоявшихся русскоязычных эквивалентов. В литературе на русском языке (а иногда и на английском) понятие клем может использоваться и в более широком смысле — для обозначения всех двустворок, исключая устриц, мидий и гребешков.

С другой стороны, в тех же США распространено очень странное на взгляд зоолога (и не только зоолога) объединение двух таксономически совершенно различных групп — ракообразных и раковинных моллюсков — в единую промысловую группу *shellfish* — «раковинные, панцирные». Эта особенность англоязычной терминологии может привести к недоразумениям при чтении иностранной промысловой литературы и общении с иностранными специалистами.

Необходимо сделать существенную оговорку. Хотя темой настоящей книги являются промысловые, т.е. непосредственно добываемые человеком организмы, но многие рассмотренные в ней вопросы имеют прямое отношение к другой важнейшей категории морского бентоса — кормовым организмам, т.е. животным и растениям, которые поедаются промысловыми рыбами и беспозвоночными и, таким образом, используются человеком опосредованно. Граница между промысловыми и кормовыми организмами

очень условна. Многие виды беспозвоночных относятся к обеим группам, поскольку и добываются промыслом, и служат пищей для других животных, в том числе и промысловых, во взрослом состоянии, или, чаще, на стадии молоди. С другой стороны, некоторые объекты, традиционно квалифицируемые как кормовые, нередко по той или иной причине попадают в систему хозяйственного использования и становятся объектом промысла.

Не менее существенно и то, что при промысловых операциях и учетных съемках неизбежно собирается информация и о кормовом бентосе. Эти организмы в виде прилова попадают в промысловые орудия, в поле зрения наблюдателей подводных аппаратов и фототелекамер, регистрируются в желудках отловленных организмов и др. Большинство методов, используемых при определении запасов промысловых организмов в полной мере применимы и при учете кормовых. Таким образом, рамки научного обеспечения промысловой деятельности всегда несколько шире и в них попадают и многие другие организмы.

Основное внимание в книге уделено группам промысловых организмов, распространенным в морях России. В то же время сообщается и необходимая для общего понимания проблемы информация, относящаяся к другим группам. Поскольку, как уже отмечалось, в рыбохозяйственной и биологической литературе встречаются неоднозначные толкования иностранных терминов, в некоторых случаях в книге приводятся их значения на наиболее распространенном в рыбохозяйственной литературе иностранном языке — английском.

очень условна. Многие виды беспозвоночных относятся к обеим группам, поскольку и добываются промыслом, и служат пищей для других животных, в том числе и промысловых, во взрослом состоянии, или, чаще, на стадии молоди. С другой стороны, некоторые объекты, традиционно квалифицируемые как кормовые, нередко по той или иной причине попадают в систему хозяйственного использования и становятся объектом промысла.

Не менее существенно и то, что при промысловых операциях и учетных съемках неизбежно собирается информация и о кормовом бентосе. Эти организмы в виде прилова попадают в промысловые орудия, в поле зрения наблюдателей подводных аппаратов и фототелекамер, регистрируются в желудках отловленных организмов и др. Большинство методов, используемых при определении запасов промысловых организмов в полной мере применимы и при учете кормовых. Таким образом, рамки научного обеспечения промысловой деятельности всегда несколько шире и в них попадают и многие другие организмы.

Основное внимание в книге уделено группам промысловых организмов, распространенным в морях России. В то же время сообщается и необходимая для общего понимания проблемы информация, относящаяся к другим группам. Поскольку, как уже отмечалось, в рыбохозяйственной и биологической литературе встречаются неоднозначные толкования иностранных терминов, в некоторых случаях в книге приводятся их значения на наиболее распространенном в рыбохозяйственной литературе иностранном языке — английском.

литературе встречаются
случаях в книге приводятся их значения
литературе ино-

ПРОМЫСЛОВЫЕ ДОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

Промысловые донные организмы составляют весьма обширную по видовому составу и численности группу обитателей морей и океанов. В нее входит подавляющее большинство морских промысловых беспозвоночных (исключение составляют пелагические кальмары, эвфаузииды — криль и некоторые менее важные группы, такие как сцифоидные медузы) и все промысловые водные растения. Список видов, которые в той или иной мере используются человеком в его хозяйственной деятельности, практически необъятен, поэтому далее рассматриваются только группы, масштабы использования которых достаточно велики — сотни тонн и выше, или интересные в каких-либо других отношениях.

Живые существа, населяющие нашу планету, в том числе моря и океаны, очень разнообразны. Многие растения и животные, особенно массовые или/и имеющие хозяйственное значение, получили названия на местном языке — так называемые народные названия. Они удобны для бытового употребления, но непригодны для использования в науке, поскольку одно и то же животное или растение в разных странах и даже в разных регионах одной страны может иметь разные названия; часто одно и то же название применяется к самым разным видам.

Научная классификация организмов, основы которой разработал шведский биолог Карл Линней, и призвана обеспечить международное единство и стабильность их научных названий. Все многообразие живых организмов подразделяется на систематические (таксономические) группы разного ранга: царства, типы, классы, отряды (у растений — порядки), семейства, роды и виды. Иногда число соподчиненных группировок увеличивается введением дополнительных промежуточных подразделений: подтип, надсемейство, и др.

Основная таксономическая единица органического мира — вид. Организмы, относящиеся к определенному виду, имеют общие морфологические, физиологические и другие признаки, отличающие их от близкородственных видов того же рода. В свою очередь, виды одного рода характеризуются признаками, отличающими их от видов других родов, и т.д.

Все таксономические названия даются на латинском языке. Название вида состоит из двух латинских слов: первое (пишется с прописной буквы) —

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов.

название рода, второе (со строчной) — видовой эпитет (например, *Mytilus edulis* — мидия съедобная). Для примера приведено положение в системе промыслового брюхоногого моллюска северного (пятнистого) халиотиса, обитающего у западного побережья США и Канады:

Тип Моллюски — *Mollusca*

Класс Брюхоногие моллюски — *Gastropoda*

Подкласс Переднежаберные — *Prosobranchia*

Отряд Древние брюхоногие — *Archaeogastropoda*

Надсемейство Плевротомариacea — *Pleurotomariacea*

Семейство Халиотиды — *Haliotidae*

Род Халиотисы (Морские ушки, Абалони) — *Haliotis*

Вид Северный (пятнистый) абалони — *Haliotis kamtschatkana*

Этот пример демонстрирует сложности с употреблением видовых названий. Во-первых, данный вид в США называют северным халиотисом, а в Канаде — пятнистым. Во-вторых, видовой эпитет в народном названии (названиях) не соответствует значению латинского прилагательного. В-третьих, латинский эпитет, поскольку он выполняет чисто номенклатурные функции, может не соответствовать истинным характеристикам вида (в данном случае — «камчатский» халиотис не встречается на Камчатке; в этом регионе халиотисы вообще не живут).

Ниже приводится описание наиболее важных в промысловом отношении таксономических групп морских организмов.

А. Царство ЖИВОТНЫЕ — ANIMALIA

А1. Тип ГУБКИ — SPONGIA, или PORIFERA

Наиболее примитивные многоклеточные животные, у которых нет стабильной клеточной дифференциации и, соответственно, отсутствуют обособленные ткани и органы. Основную часть тела составляет бесструктурная мезогля, в которой располагаются скелетные образования органической или минеральной природы. Колониальные или одиночные организмы.

Размножаются половым и бесполом путем. Имеются гермафродитные и раздельнополые виды.

Прикрепляются к твердым субстратам, реже свободно лежат на грунте. Питаются, отфильтровывая из воды мелкие органические частицы.

А1.1. Класс Стекланные губки — *Hyalospongia* (рис. 1.1в,г)

Тело трубчатое или бокаловидное, часто с длинной ножкой. Скелет образован кремневыми трехосными (шестилучевыми) иглами. Размер до 50 см.

Промысловые виды: виды родов *Euplectella* и *Hyalonema*. Объем вылова неизвестен.

А1.2. Класс Обыкновенные губки — Demospongia

(рис.1.1а,б)

Тело цилиндрическое, бокаловидное, комковидное или иной формы. Скелет кремневый или спонгиновый. Размер до 1,5 м.

Промысловые виды: туалетные губки *Spongia spp.*, *Hippospongia communis* и др. Объем вылова около 300 т.

А2. Тип КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ — COELENTERATA

Низшие многоклеточные животные с радиально-симметричным телом, состоящим из двух слоев клеток. Характернейшая черта — наличие стрекательных клеток. Колониальные или одиночные организмы.

В жизненном цикле обычно чередование поколений — полипы и медузы. Размножение половое и бесполое. Развитие со свободноплавающей личинкой — планулой.

Полипы ведут неподвижный образ жизни. Питаются подвижной добычей, захватывая ее щупальцами и убивая стрекательными клетками.

А2.1. Класс Коралловые полипы — Anthozoa

Только полипоидные формы, нет чередования поколений. Скелет минеральный, органический или отсутствует. Одиночные или колониальные организмы.

Подкласс Восьмилучевые кораллы — Octocorallia

Полипы имеют 8 щупалец и 8 радиальных складок в пищеварительной полости (мезентериев). Только колониальные организмы. Форма коло-

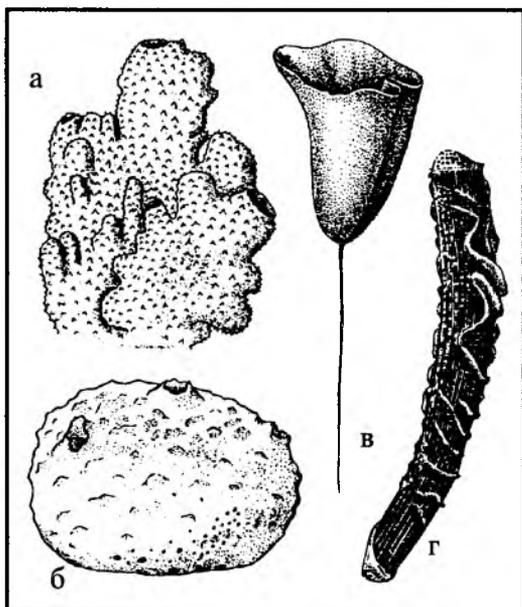


Рис. 1.1. Губки

Обыкновенные: а — *Ircinia fasciculata*;
б — *Hippospongia lachne*; стеклянные:
в — гиалонема *Hyalostilus dives*;
г — корзинка Венеры *Euplectella*

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

ний древовидно ветвящаяся, грибовидная, комковидная. Скелет роговой или известковый, обычно внутренний. Размер колоний до 3 м.

A2.1.1. Отряд Горгонарии — *Gorgonaria* (рис. 1.2а,в)

Колонии древовидные. По оси залегает роговой стержень, иногда обызвествленный.

Промысловые виды: коралл красный, или благородный *Corallium rubrum*, черный *Euplexaura anthipathes*, плексаура *Plexaura homomalla* и др. Объем вылова неизвестен.

Подкласс Шестилучевые кораллы — *Hexacorallia*

Число щупалец и мезентериев кратно шести. Колониальные и одиночные формы. Скелет известковый или отсутствует. Размер колоний до нескольких метров.

A2.1.2. Отряд Актинии — *Actiniaria*

Скелет отсутствует. Одиночные, редко колониальные формы.

Промысловые виды: виды родов *Anthopleura*, *Cnidopus* и др. Объем вылова неизвестен.

A2.1.3. Отряд Мадрепоровые — *Madreporaria* (рис. 1.2б)

Скелет известковый, массивный. Форма колоний чрезвычайно многообразна.

Промысловые виды: большое число видов рифостроящих кораллов. Объем вылова неизвестен.

A3. Тип КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ — ANNELIDA

Тело обычно удлиненное, цилиндрическое или несколько сплющенное, состоит из большого количества (до нескольких сотен) сегментов. На переднем конце тела имеется головная лопасть, на заднем — анальная. Сегментация захватывает не только внешнее строение, но и внутренние органы.

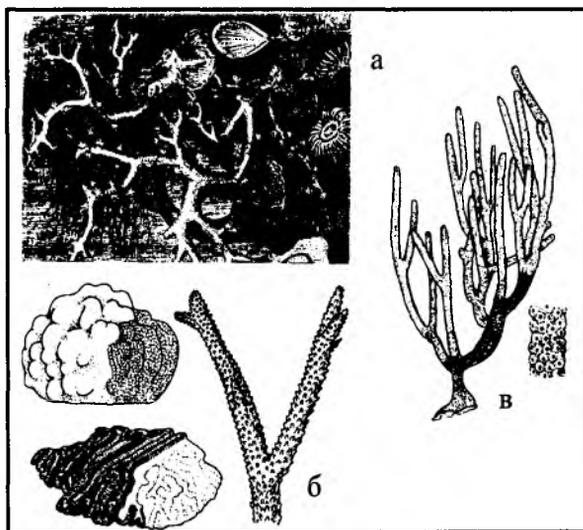


Рис. 1.2. Кишечнополостные

а — благородный коралл *Corallium rubrum* (по: Жизнь животных, 1902); б — madreporные кораллы; в — горгонария *Plexaura homomalla*

Размножаются половым и бесполом путем. Развитие с несколькими личиночными стадиями (трохофора, метатрохофора) или прямое.

А3.1. Класс Многощетинковые — Polychaeta

На каждом сегменте имеется по одной паре боковых выростов — пароподий, несущих многочисленные щетинки. Развитие с очень характерной личинкой трохофорой. Образ жизни очень многообразен — имеются свободноподвижные, закапывающиеся, прикрепленные формы. Питание также разнообразно — от хищничества до фильтрации органических частиц из толщи воды.

Промысловые виды: тихоокеанский палоло *Eunice viridis*, пескожил *Arenicola marina* и др. Добывается около 1 тыс. т.

А4. Тип ЧЛЕНИСТОНОГИЕ — ARTHROPODA

Конечности состоят из нескольких члеников. Тело покрыто кутикулой из хитина; обычно оно подразделяется на голову, грудь и брюшко.

Подтип ЖАБРОДЫШАШИЕ — BRANCHIATA

А4.1. Класс Ракообразные — Crustacea

Конечности исходно двуветвистые, имеется две пары антенн. Хитиновый скелет обычно обызвестлен. Рост сопровождается линьками. Дышат жабрами.

Развитие с метаморфозом, включающем свободноплавающие личинки, или прямое.

В большинстве свободноживущие, реже прикрепленные формы. Питание многообразное.

Подкласс Челюстеногие — Maxillopoda

А4.1.1. Отряд Усоногие — Cirripedia

Тело заключено в известковый домик из отдельных пластинок. Прикрепляются к субстрату подошвой (морские желуди) или мясистым стебельком (морские уточки).

Развитие с метаморфозом; личинки науплиус и циприсовидная.

Прикрепляются к любому твердому субстрату — камням, раковинам моллюсков, панцирям ракообразных, кускам древесины, судам, гидротехническим сооружениям. Питаются, отлавливая видоизмененными конечностями — усоножками, мелкие пищевые частицы из толщи воды.

Промысловые виды: многочисленные виды семейства *Lepadidae*, некоторые *Balanidae*. Объем вылова неизвестен.

Подкласс Высшие ракообразные — Malacostraca

А4.1.2. Отряд Ротоногие ракообразные, или Раки-богомолы — Stomatopoda (рис. 1.3)

Тело с очень длинным хорошо развитым брюшком, часто расширяющимся к хвостовому концу. Голова подразделена на два отдела: сегменты глаз и антенны свободные, а остальные сегменты головы слиты с грудными, образуя челюстегрудь, покрытую карапаксом. Вторая пара ходильных конечностей преобразована в ловчие ноги; последний членик, вооруженный длинными острыми шипами, способен быстро прижиматься к предпоследнему, захватывая и удерживая жертву.

Живут чаще в норах. Питаются разнообразными живыми организмами.

Промысловые виды: обыкновенный рак-богомол *Squilla mantis* (3500 т), прочие виды родов *Squilla*, *Oratosquilla* и др. (500 т).

А4.1.3. Отряд Десятиногие ракообразные — Decapoda

Тело удлинненное, округлое или более или менее многоугольное. Задний край спинного покрова головы охватывает сверху и с боков полностью или частично грудной отдел, образуя головогрудный щит, или карапакс. Ходильные ноги, как правило, одноветвистые; передняя пара часто развита особенно сильно и вооружена клешнями. Размеры иногда очень крупные (до 1,5 м в размахе ног).

В большинстве раздельнополы, реже гермафродиты. Яйца обычно вынашиваются под брюшком самки. Развитие с метаморфозом, полный цикл включает до 5-7 личиночных стадий, основные из которых науплиус, зоэа, мизидная стадия (мизис) и декаподитная стадия. В разных группах вылупление из яйца происходит на разных стадиях; некоторые виды, вообще не имеют пелагической личинки — практически весь цикл развития они проходят на брюшных ножках самки.

Ведут подвижный образ жизни, передвигаясь по дну, закапываясь в грунт или плавая в толще или придонном слое воды. Питаются мелкими беспозвоночными и различными животными и растительными остатками.

Общий вылов 4 млн. т.

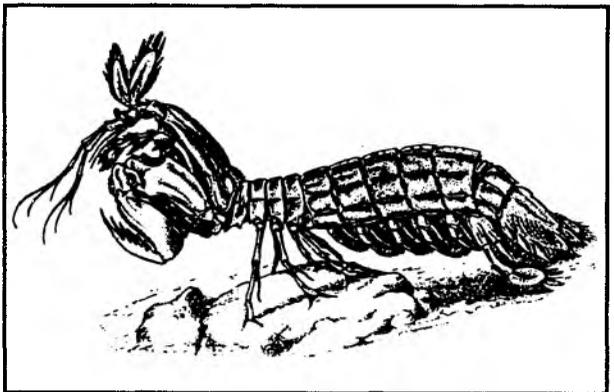


Рис. 1.3. Японский рак-богомол *Oratosquilla oratoria*

Подотряд Плавающие — Natantia

Тело обычно заметно сплющено с боков. Брюшные ножки очень хорошо развиты и выполняют гребную функцию. Сочленение между карпусом и проподусом (3-й и 4-й членики) ходильных ног осуществляется в одной точке.

Раздельнополые виды и протерандрические гермафродиты (особь вначале функционирует как самец, а затем превращается в самку).

Ведут плавающий образ жизни, постоянно обитают у дна или совершают вертикальные миграции. Питаются разнообразной растительной и животной пищей.

Общий вылов 2,5 млн. т.

Надсемейство Низшие, или Пенеидные креветки — Penaeidea

А4.1.3.1. Семейство Пенеиды — Penaeidea (рис. 1.4а)

3-я пара ходильных ног вооружена клешнями. Брюшко обычно без резкого изгиба.

Развитие с полным набором личиночных стадий. Из яйца выходит личинка науплиус.

Промысловые виды: креветка китайская *Penaeus chinensis* (250 тыс. т), банановая *P. merguensis* (75 тыс. т), коричневая *P. aztecus* (65 тыс. т), тигровая гигантская *P. monodon* (55 тыс. т) и мн. др.

Надсемейство Высшие, или Каридные креветки — Caridea

3-я пара ходильных ног без клешней. Брюшко обычно с резким изгибом.

Развитие с укороченным метаморфозом. Из яйца выходит личинка протозоа.

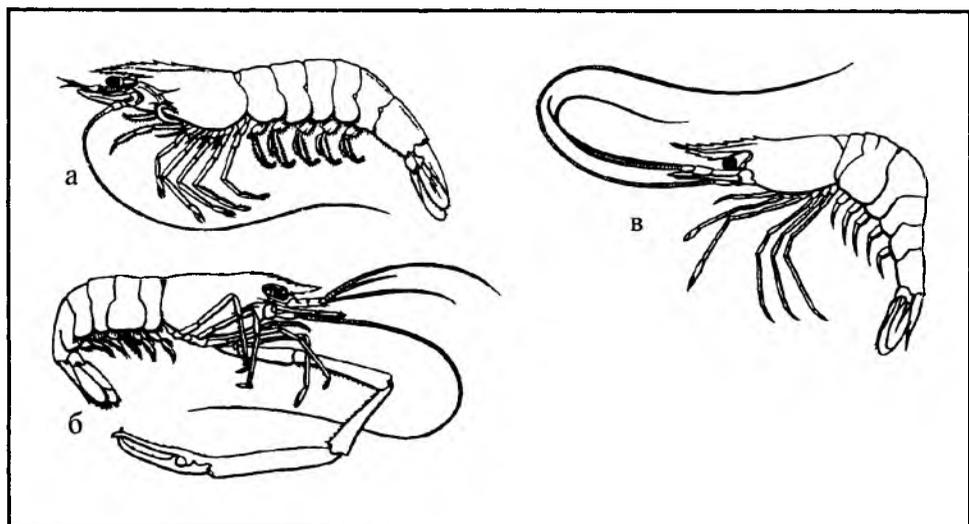


Рис. 1.4. Креветки

а — *Penaeus aztecus*; б — *Brachycarpus biunguiculatus*; в — *Palaemonetes kadiakensis*

A4.1.3.2. Семейство Палемониды — Palaemonidae (рис. 1.4б)

Карпус (5-й членик) второй пары ходильных ног цельный. Первая пара ходильных ног всегда с хорошо развитыми клешнями.

Промысловые виды: различные виды родов *Palaemon*, *Leander* и др. (общий объем вылова 12 тыс. т).

A4.1.3.3. Семейство Пандалиды — Pandalidae

Карпус второй пары ходильных ног подразделен на два или более вторичных членика.

Промысловые виды: шримс северный *Pandalus borealis* (165 тыс. т), гребенчатый *P. hypsinotus* и мн. др.

A4.1.3.4. Семейство Крангониды — Crangonidae

Первая пара ходильных ног оканчивается ложной клешней.

Промысловые виды: песчаный шримс *Crangon crangon* (30 тыс. т) и мн. др.

Подотряд Ползающие — Reptantia

Тело вытянутое или укороченное. Сочленение между карпусом и проподусом ходильных ног осуществляется в двух противоположных точках. Брюшные ножки развиты слабо или отсутствуют.

Общий вылов (кроме галатеид) 1,25 млн. т.

Раздел Лангусты — Palinura

A4.1.3.5. Семейство Палинуриды — Palinuridae

Брюшко прямое, симметричное. Тело часто несколько сжато сверху вниз. Рострум маленький или отсутствует. Клешни на ходильных ногах обычно отсутствуют.

Развитие с укороченным метаморфозом. Из яйца выходит мизидная личинка своеобразного строения (филлозома).

Обычно обитают в укрытиях. В период нереста совершают миграции на десятки и сотни километров, двигаясь длинными цепочками. Питаются различными мелкими беспозвоночными.

Промысловые виды: лангуст пятнистый *Palinurus argus* (33 тыс. т), западно-австралийский *P. cygnus* (11 тыс. т), капский *Jasus lalandii* (6 тыс. т), зеленый *J. verreauxi* (5 тыс. т), и др.

Раздел Раки — Astacura

A4.1.3.6. Семейство Гомариды — Homaridae (рис. 1.5)

Брюшко прямое, симметричное. Тело почти цилиндрическое. Рострум хорошо развит. Ходильные ноги с клешнями.

Развитие с укороченным метаморфозом. Из яйца выходит мизидная личинка.

Свободноподвижный (омары) или закапывающийся (норвежские омары) образ жизни. Хищники, питаются преимущественно моллюсками.

Промысловые виды: омар американский *Homarus americanus* (62 тыс. т), европейский *H. gammarus* (2 тыс. т), норвежский *Nephrops norvegicus* (62 тыс. т).

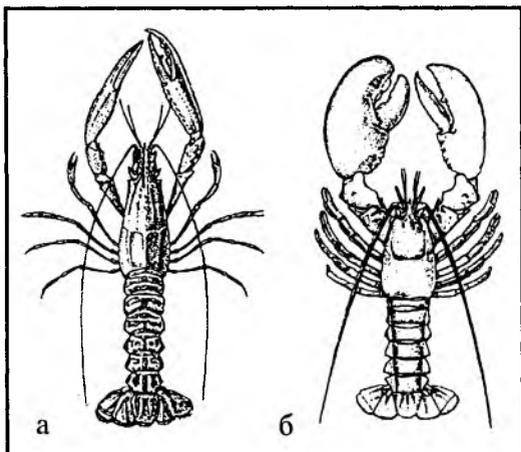


Рис. 1.5. Омары

а — норвежский *Nephrops norvegicus*;
б — американский *Homarus americanus*

Раздел Неполнохвостые ракообразные — Anomura

Тело укороченное, в большинстве случаев округлое или многоугольное, редко вытянутое. Брюшко несколько редуцировано, асимметричное; редко прямое и симметричное.

А4.1.3.7. Семейство Галатеиды — Galatheidae (рис. 1.6)

Тело удлиненное. Брюшко вытянутое, симметричное, более или менее подогнуто под головогрудь. Карапакс хорошо развит, его поверхность с поперечными морщинами. Первая пара ходильных ног с хорошо развитыми клешнями. Глазные стебельки короткие и толстые. Окраска разнообразная, обычно преобладают красноватые тона. Размер до 7 см, чаще 1-2 см.

В основном донные животные, не способные плавать на большие расстояния. Встречаются на разных типах грунта, в тропиках часто среди губок и кораллов. Питаются остатками животных и растений или детритом.

Промысловые виды: многочисленные виды родов *Galathea*, *Munida*, *Cervimunida* (общий вылов 15 тыс. т).

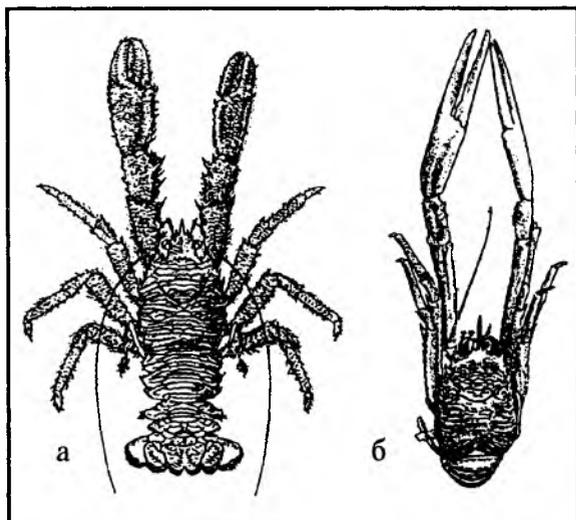


Рис. 1.6. Галатеиды

а — *Galathea strigosa*;
б — *Cervimunida princeps*

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

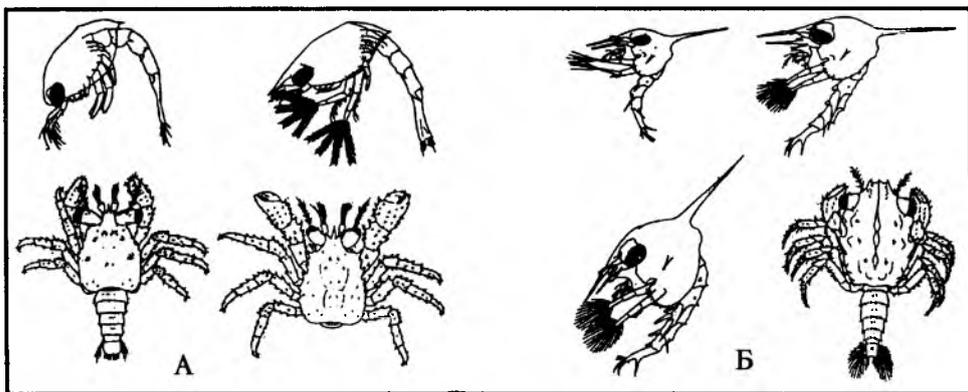


Рис. 1.7. Развитие крабоидов и крабов

А — синий краб *Paralithodes platypus* (по: Kurata, 1956); Б — волосатый краб *Erimacrus isenbeckii* (по: Kurata, 1963)

А4.1.3.8. Семейство Литоиды, или Крабоиды — Lithodidae

Тело укороченное, округлое или многоугольное. Брюшко уплощенное, несколько асимметричное, почти полностью подогнуто под головогрудь.

Развитие с так называемой галатеидной личинкой, отличительным признаком которой является длинный оттянутый конец заднего края карапакса (рис. 1.7). Декаподитная личиночная стадия носит название глаукотэ.

Ведут свободноподвижный образ жизни. Многие виды совершают сезонные миграции. Всеядны, питаются моллюсками, иглокожими, ракообразными, трупами рыб; находят в их желудках и растительные остатки.

Род Дальневосточные промысловые, или королевские крабы — *Paralithodes* (рис. 1.8)

Второй (самый крупный) сегмент брюшка покрыт пятью пластинками, ясно разграниченными швами.

Промысловые виды: краб камчатский *Paralithodes camtschatica*, синий *P. platypus*, колючий *P. brevipes* (общий вылов 55 тыс. т).

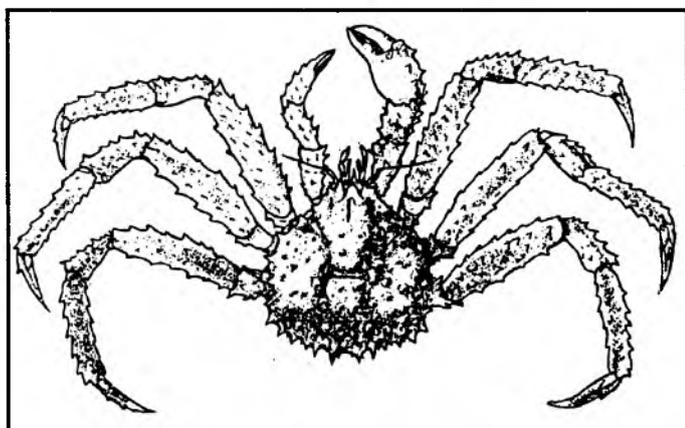


Рис. 1.8. Камчатский краб *Paralithodes camtschatica*

Род Обыкновенные крабоиды — *Lithodes*

Самый крупный сегмент брюшка покрыт тремя или одной общей пластинками.

Промысловые виды: атлантический *L. antarcticus* (2300 т), равноши-
пый *L. aequispina*, коуэзи *L. couesi*, пальмовый вор *Birgus latro* и мн. др.

Раздел Настоящие крабы — *Brachyura*

Тело укороченное, округлое или многоугольное. Брюшко маленькое, симметричное, полностью подогнуто под головогрудь.

Карапакс личинок зоеа несет длинные шипы: спинной, боковые и ро-
стральный (см. рис. 1.7.). Декаподитная стадия носит название мегалопа.

Ведут свободноподвижный образ жизни. Всеядны.

А4.1.3.9. Семейство Крабы-пауки — *Majidae* (рис. 1.9)

Карапакс уплощенный, грушевидный или с перехватом. Верхняя по-
верхность карапакса плавно переходит в боковые поверхности.

Промысловые виды: краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio*, бэрди
Ch. bairdi, ангулятус *Ch. angulatus* (общий вылов 1 млн. т) и др.

А4.1.3.10. Семейство Крабы-плавунцы — *Portunidae*

Членики 5-й пары ходильных ног уплощены, последний членик пре-
вращен в веслообразную лопасть.

Промысловые виды: краб-плавунец голубой *Callinectes sapidus*
(100 тыс. т), песчаный *Portunus pelagicus* (35 тыс. т), газами
P. trituberculatus (35 тыс. т), ильный *Scylla serrata* (11 тыс. т).

А4.1.3.11. Семейство Овальные крабы — *Cancridae*

Карапакс овальный. Лоб с несколькими зубцами, один из которых
центральный.

Промысловые виды: краб овальный обыкновенный *Cancer pagurus*
(29 тыс. т), дандженесский *C. magister* (23 тыс. т) и др.

А4.1.3.12. Семейство Прибрежные крабы — *Grapsidae*

Карапакс с изогнутыми или параллельными боковыми краями. Лоб-
ный край широкий. Брюшко 7-члениковое у обоих полов. Внутренние
усики укладываются перпендикулярно или под углом к продольной оси тела.

Промысловые виды: многочисленные виды рода *Hemigrapsus* и др.
Объем вылова неизвестен.

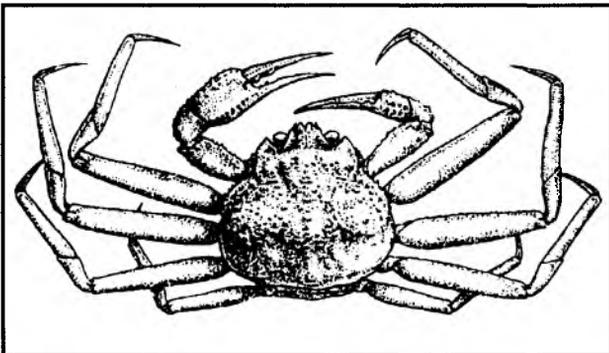


Рис. 1.9. Краб-стригун опи-
лио *Chionoecetes opilio*

А4.1.3.13. Семейство Волосатые крабы — Atelecyclidae

Карапакс круглый, овальный или многоугольный. Верхняя поверхность карапакса резко отграничена от боковых, покрыта гранулами и щетинками. Внутренние усики укладываются параллельно продольной оси тела.

Промысловые виды: волосатый четырехугольный *Erimacrus isenbeckii*, волосатый пятиугольный *Telmessus cheiragonus*. Объем вылова неизвестен.

Подтип ХЕЛИЦЕРОВЫЕ — CHELICERATA

А4.2. Класс Мечехвосты — Xiphosura

Передние конечности представлены клешнями — челюстями (хелицерами). Тело широкое, уплощенное, состоит из слитной головогруды и подвижно сочлененного с ней брюшка, заканчивающегося хвостовым шипом.

Раздельнополы. Яйца откладывают в песок. Развитие с укороченным метаморфозом, включающим «трилобитную» личинку.

Обитают на песчаном грунте на мелководье. Питаются различными мелкими животными и их остатками.

Промысловые виды: *Limulus polyphemus* (300 т) и др.

А5. Тип МОЛЛЮСКИ — MOLLUSCA

Тело несегментировано, в общем случае состоит из головы, туловища и ноги — мускулистого выроста брюшной стенки тела. Основание туловища окружено кожной складкой — мантией. На спинной стороне тела в большинстве случаев имеется выделяемая мантией раковина.

Развитие с метаморфозом, реже прямое. Свободноподвижные, закапывающиеся, прикрепленные и плавающие формы. Питание очень многообразное. Общий вылов 7,5 млн. т.

А5.1. Класс Панцирные, или Хитоны — Polyplacophora, или Loricata

Тело овальное, сверху выпуклое, снизу уплощенное. Раковина состоит из 8 щитков, подвижно сочлененных между собой. Длина до 40 см.

Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом, включающим плавающую личинку трохофору.

Ведут малоподвижный образ жизни. Питаются обрастанием на твердых субстратах.

Промысловые виды: хитон обыкновенный *Chiton tuberculatus*, криптохитон Стеллера *Cryptochiton stelleri*, лепидозона Альбрехта и др. Объем вылова неизвестен.

А5.2. Класс Брюхоногие — Gastropoda

Тело асимметричное, заключено в цельную раковину, обычно закрученную. Часто имеется роговая или известковая крышечка, закрывающая вход в раковину после втягивания в нее моллюска. Размеры до 60 см.

Имеются как раздельнополые формы, так и гермафродиты. Оплодотворение у большинства видов внутреннее. Развитие с метаморфозом, включающим свободноплавающую личинку велигер (парусник), или прямое — развитие происходит внутри яйца, обычно в составе яйцевой капсулы (рис. 1.10.).

Образ жизни свободноподвижный, реже закапывающийся. Питаются животными и растениями, их остатками, детритом с поверхности различных субстратов.

Общий вылов 100 тыс. т.

Подкласс Переднежаберные — Prosobranchia

Раковина у большинства видов хорошо развита. Имеются настоящие жабры — ктении, лежащие впереди сердца.

A5.2.1. Отряд Древние брюхоногие, или Двупредсердные — Archaeogastropoda, или Diotocardia

В расположении внутренних органов сохраняется двусторонняя симметрия. Раковина спирально-завитая или колпачковидная.

A5.2.1.1. Семейство Халиотиды, или Морские ушки, или Абалони — Haliotidae

Раковина уховидной формы. Вдоль завитка раковина пронизана рядом круглых отверстий. Раковина изнутри имеет хорошо развитый слой перламутра. Способны вырабатывать жемчуг. Размер до 25 см.

Яйца откладываются в воду. Развитие с метаморфозом, включающим плавающие личинки трохофору и велигер (рис. 1.10.).

Ведут малоподвижный образ жизни. Питаются обрастанием на твердых субстратах.

Промысловые виды: морское ушко красное *Haliotis ruber* (7 тыс. т.), большое *H. gigantea* (4 тыс. т) и др.

A5.2.1.2. Семейство Морские блюдечки — Tecturidae

Раковина колпачковидная, симметричная. Имеется только одно предсердие. Первичные жабры редуцированы. Размер до 6 см.

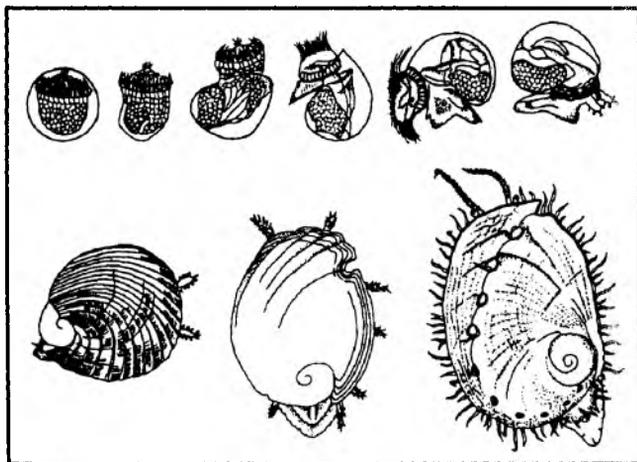


Рис. 1.10. Развитие абалони *Haliotis discus* (по: Motiell, 1978)

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом, включающим личиночную стадию велигер.

Ведут малоподвижный образ жизни. Питаются обрастанием на твердых субстратах.

Промысловые виды: пателлы *Patella coerulea*, *P. vulgata*, *P. pontica*, акмея бледная *Acmaea pallida*, нотоакмея цветная *Notoacmea concinna* и мн. др. Объем вылова неизвестен.

А5.2.1.3. Семейство Волчки, или Трохида — Trochidae

Раковина кубаревидная или башневидная. Перламутровый слой хорошо развит. Правый ктенидий редуцирован. Крышечка роговая, округлая. Размер до 30 см.

Оплодотворение наружное, встречается псевдокопуляция. Иногда откладывают яйца в кладки. Развитие с метаморфозом.

Питаются мелкими водорослями и детритом. Промысловые виды: трохус нильский *Trochus niloticus*, адриатический *T. adriaticus* и мн. др.

А5.2.1.4. Семейство Турбиниды — Turbinidae

Раковина коническая, кубаревидная или башневидная, массивная. Перламутровый слой хорошо развит. Последний оборот значительно превосходит остальные. Крышечка обызвествленная, круглая, овальная или полукруглая, выпуклая или плоская. Размеры до 30 см.

Питаются обрастанием на твердых субстратах. Промысловые виды: турбо-башенка *Turbo cornutus* (13 тыс. т) и др.

А5.2.2. Отряд Мезогастроподы — Mesogastropoda

Раковина обычно спирально закручена. Имеется одно предсердие и одна почка. Развита наружные жабры, образующиеся на нижней поверхности мантии. Обычно имеется крышечка.

А5.2.2.1. Семейство Литториниды — Littorinidae

Раковина овально-коническая, овальная или почти шаровидная, довольно массивная. Крышечка роговая, округло-овальная, со смещенным ядром и небольшим числом оборотов спирали. Размеры до 5 см.

Обитают в основном в приливо-отливной зоне. Питаются обрастанием на твердых субстратах, детритом.

Промысловые виды: обыкновенная литторина *Littorina littorea* (4 тыс. т), прочие литторины (1 тыс. т).

А5.2.2.2. Семейство Ципреиды, или Фарфоровые улитки — Cypraeidae

А5.2.2.3. Семейство Стромбиды — Strombidae

А5.2.2.4. Семейство Шлемовидные улитки — Cassididae

Указанные семейства распространены преимущественно в тропиках и являются там объектами интенсивного промысла.

А5.2.3. Отряд Стеноглоссы — Stenoglossa

Раковина чаще веретеновидная, ее поверхность гладкая или несет различные выросты. Перламутр не развит. Имеется втяжной хобот, в который

иногда открываются протоки дополнительных слюнных желез, с помощью которых просверливаются раковины двустворчатых моллюсков.

Хищники, питаются моллюсками, полихетами и другими беспозвоночными, иногда более крупными, чем сам моллюск.

А5.2.3.1. Семейство Мурициды — Muricidae (рис. 1.11б)

Раковина грушевидная или веретенновидная, часто с буграми или шипами. Крышечка роговая, неправильно-овальная или удлинненно-коническая, с концевым ядром. Размер до 25 см. Питаются различными мелкими животными. Промысловые виды: рапана *Rapana venosa*, различные виды рода *Murex*. Объем вылова неизвестен.

А5.2.3.2. Семейство Букциниды, или Трубачи — Buccinidae (рис. 1.11а)

Раковина веретенновидная с более или менее оттянутым сифональным выростом. Устье грушевидное или овальное. Крышечка с боковым или почти центральным ядром.

Хищники, питаются двустворчатыми моллюсками, полихетами, иглокожими и другими беспозвоночными.

Промысловые виды: трубач *Buccinum undatum* (14 тыс. т) и другие букциниды (3 тыс. т).

А5.2.3.3. Семейство Оливиды — Olividae

А5.2.3.4. Семейство Митриды — Mytridae

А5.2.3.5. Семейство Теребриды — Terebridae

А5.2.3.6. Семейство Кониды — Conidae

Указанные семейства распространены в тропиках; интенсивно добываются в основном для целей коллекционирования.

А5.3. Класс Пластинчатожаберные, или Двустворчатые — Lamellibranchia, или Bivalvia

Тело заключено в раковину, состоящую из двух створок — левой и правой. Створки соединены эластичной связкой — лигаментом, и особыми выступами, или зубами, образующими так называемый замок. Тело

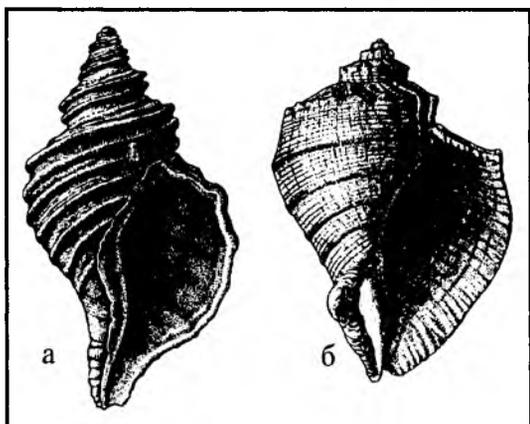


Рис. 1.11. Брюхоногие моллюски

а — нептунея лирата *Neptunea lyrata*;
б — рапана Томаса *Rapana thomasiana*

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

состоит из туловища и ноги, голова редуцирована. Тело покрыто мантией, края которой, срастаясь, образуют отверстия входного и выходного сифонов; в некоторых группах сифоны вытягиваются в мощные мускулистые или длинные подвижные трубки. Имеются крупные пластинчатые жабры. Максимальный размер до 1,5 м, масса свыше 250 кг.

Раздельнополы. Оплодотворение наружное, половые продукты выбрасываются в воду. Развитие с метаморфозом, включающим стадии трохофора и велигер.

Свободнолежащие, закапывающиеся или прикрепленные формы. Питаются отфильтровывая пищевые частицы из воды или, реже, собирая их подвижным сифоном с поверхности грунта.

Ряд видов двустворок, в первую очередь устрицы, мидии и гребешки, в очень значительных количествах выращиваются на плантациях; приводимые ниже объемы вылова включают как добычу моллюсков с естественных поселений, так и искусственно выращенных.

Общий вылов 4,9 млн. т.

Надотряд Первичножаберные — Protobranchia

Жабры в форме стерженьков, усаженных двумя рядами округлых или треугольных листков. Замок раковины исходно состоит из одинаковых пластинок. Нога с расширенной ползательной подошвой. Ротовые лопасти очень хорошо развиты.

Ведут закапывающийся образ жизни. Питаются, собирая ротовыми лопастями осажденный на поверхности дна детрит.

А5.3.1. Отряд Нукулида — Nuculida

А5.3.1.1. Семейство Нукулиды, или Леды — Nuculanidae

Раковина удлиненная, равностворчатая, неравносторонняя. Зубы замка в виде изогнутых под углом пластинок, многочисленные, образуют два ряда — передний и задний.

Промысловые виды: арктическая португалия *Portlandia arctica* и мн. др. Объем вылова неизвестен.

Надотряд Настоящие пластинчатожаберные — Autobranchia

Жабры имеют пластинчатое строение. Форма и строение раковины весьма многообразны.

Образ жизни разнообразный. По типу питания в основном фильтраторы, реже собирают детрит с поверхности дна.

А5.3.2. Отряд Митилида — Mytilida

Подотряд Мителиины — Mytileina

Перламутровый слой развит слабо или не развит.

А5.3.2.1. Семейство Арциды — Arcidae

Раковина удлинённая, трапецевидная. Поверхность створок неровная, покрыта неравномерными радиальными ребрами. Лигамент наружный. Зубы на замочном крае однородные, мелкие.

Способны хорошо ползать, но обычно неподвижно прикрепляются к твёрдым субстратам.

Промысловые виды: арка Боукарда *Arca boucardi* и др. (общий вылов 75 тыс. т).

А5.3.2.2. Семейство Остриды — Ostreidae (рис. 1.12)

Раковина неправильной формы, обычно складчатая или слоистая. Левая створка более выпукла, правая уплощена. Зубов нет. Лигамент внутренний. Один мускул-замыкатель. Размер до 40 см.

Прочно прирастает левой створкой к твёрдому субстрату. Образует плотные скопления — устричные банки и устричники.

Промысловые виды: устрица гигантская *Crassostrea gigas* (700 тыс. т), американская *C. virginica* (200 тыс. т), европейская *Ostrea edulis* (13 тыс. т), новозеландская *O. lutaria* (7 тыс. т), португальская *C. angulata* (7 тыс. т) и др. (160 тыс. т). Общий вылов 1,1 млн. т.

А5.3.2.3. Семейство Митилиды — Mytilidae (рис. 1.13)

Раковина удлинённая, равностворчатая, обычно спереди сужена или заострена, реже овальная. Макушки раковины приближены к переднему концу или совпадают с ним. Зубы отсутствуют. Лигамент внутренний. Передний мускул-замыкатель больше заднего. Размер до 20 см.

Прикрепляются к твёрдому субстрату нитями — биссусом, или заглубляются одним концом в рыхлый грунт.

Промысловые виды: мидия съедобная *Mytilus edulis* (500 тыс. т), средиземноморская *M. galloprovincialis* (100 тыс. т), зеленая *M. smaragdinus* (27 тыс. т), корейская *M. crassitesta* (20 тыс. т), новозеландская *M. canaliculus* (18 тыс. т), чилийская *M. chilensis* (10 тыс. т), Грея *Crenomytilus grayanus*, модиолус длиннощетинистый *Modiolus difficilis* и др. (450 тыс. т). Общий вылов 1,2 млн. т.

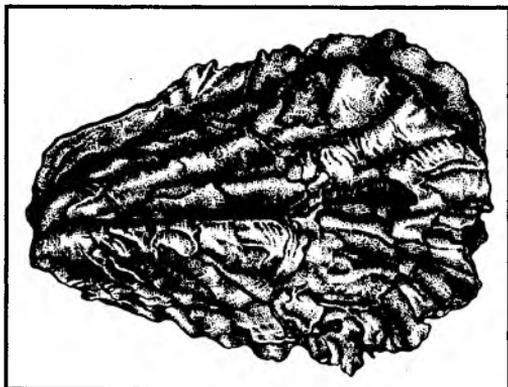
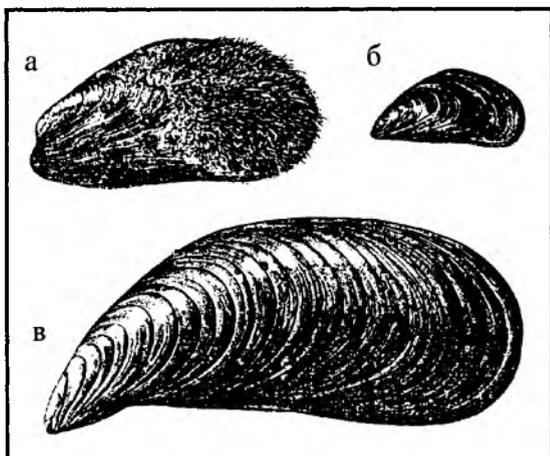


Рис. 1.12. Гигантская устрица *Crassostrea gigas*

Рис. 1.13. Митилиды

а — длиннощетинистый модиолус *Modiolus difficilis*; б — съедобная мидия *Mytilus edulis*; в — мидия Грея *Crenomytilus grayanus*



A5.3.2.4. Семейство Анадариды — Anadaridae

Раковина овально-трапецевидная. Створки выпуклые, покрыты широкими радиальными ребрами. Лигамент наружный. Замочный край с непрерывным рядом многочисленных однородных зубов. Размер до 15 см.

Закапываются в рыхлый грунт, выставляя на поверхность часть раковины.

Промысловые виды: анадара *Anadara granosa* (100 тыс. т), «могай» *A. subcrenata* (10 тыс. т), и др.

Подотряд Птериины — Pteriinae

Перламутровый слой развит чрезвычайно сильно. Способны образовывать жемчуг высокого качества.

A5.3.2.5. Семейство Птерииды, или Жемчужницы — Pteriidae

Раковина уплощенная, округлая, с прямым замковым краем, имеющим сзади уховидный или клиновидный выступ. Зубы замка не развиты. Размеры до 30 см.

Прикрепляются биссусом к твердым субстратам или заякориваются в мягком грунте.

Промысловые виды: жемчужница *Pinctada margaritifera*, другие виды родов *Pinctada* и *Pteria*. Объем вылова неизвестен (вылов жемчужниц в статистических сводках включают в объем добычи створок моллюсков, составляющий около 6 тыс. т).

A5.3.3. Отряд Пектинида — Pectinida

A5.3.3.1. Семейство Пектиниды — Pectinidae (рис. 1.14)

Раковина округлая, равностворчатая или одна створка (левая или правая) более выпукла. Створки обычно с радиальными ребрами. Верхний край прямой, образует спереди и сзади выступы — ушки. Лигамент внутренний. Один мускул-замыкатель. Размер до 20 см.

Свободно лежат на грунте, слегка закапываясь в него, или прикрепляются биссусом к твердым субстратам.

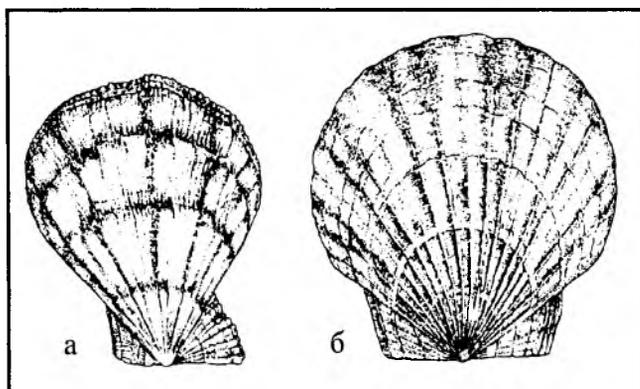


Рис. 1.14. Гребешки

а — Свифта *Swiftopecten swifti*; б — приморский *Mizuhopecten yessoensis*

Промысловые виды: гребешок приморский *Mizuhopecten yessoensis* (450 тыс. т), Магеллана *Placopecten magellanicus* (190 тыс. т), калико *Argopecten gibbus* (120 тыс. т), большой *Pecten maximus* (15 тыс. т), королевский *Chlamys opercularis* (15 тыс. т), исландский *Ch. islandica* (10 тыс. т), пурпурный *Argopecten purpuratus* (8 тыс. т), Свифта *Swiftopecten swifti* и др. (35 тыс. т). Общий вылов 800 тыс. т.

А5.3.4. Отряд Люцинида — Lucinida

Раковина равносторчатая, округлая, треугольная или овальная. Замок с двумя или тремя главными зубами в каждой створке, иногда зубы отсутствуют.

А5.3.4.1. Семейство Астартиды — Astartidae

Раковина от треугольно-округлой до прямоугольной. Замок с тремя зубами в каждой створке. Лигament наружный. Размер до 5 см.

Промысловые виды: северная астарта *Astarte borealis* и др. Объем вылова неизвестен.

А5.3.4.2. Семейство Гиателлиды — Hyatellidae (рис. 1.15а)

Раковина прямоугольная или овальная, с большим или меньшим зиянием спереди и сзади. Лигament наружный. На каждой створке по два маленьких зуба или зубы отсутствуют. Тело иногда значительно превосходит размеры раковины. Размер створок до 18 см.

Ведут прикрепленный, сверлящий или закапывающийся образ жизни. Фильтраторы.

Промысловые виды: панопия *Panopea generosa* (3 тыс. т) и другие виды родов *Panopaea* и *Panopea*.

А5.3.5. Отряд Венериды — Venerida

А5.3.5.1. Семейство Кардииды, или Сердцевидки — Cardiidae

Ракушка треугольная или треугольно-овальная. Лигament наружный. Замочный край изогнут. Каждая створка имеет по два средних зуба, передний и задний боковые зубы. Размер до 12 см.

Закапываются в поверхностный слой грунта. Фильтраторы.

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

Промысловые виды: сердцевидка съедобная *Cerastoderma edule* (35 тыс. т), волосатая *Clinocardium ciliatum*, гренландский серрипес *Serripes groenlandicus* и мн. др.

А5.3.5.2. Семейство Теллиниды — Tellinidae

Раковина округлая или удлинненно овальная, иногда изогнутая в вертикальной плоскости. Створки тонкие, часто окрашенные изнутри. Сифоны имеют вид разделенных длинных трубок.

Закапываются в поверхностный слой грунта. Питаются, собирая подвижным сифоном осажденный детрит с поверхности грунта.

Промысловые виды: макома известковая *Macoma calcarea*, балтийская *M. balthica*, перонидия желтая *Peronidia lutea* и др. Объем вылова неизвестен.

А5.3.5.3. Семейство Арктициды — Arcticidae

Раковина удлиненная. Замок сложный, зубы хорошо развиты. Размер до 12 см.

Ведут закапывающийся образ жизни. Фильтраторы. Промысловые виды: исландская циприна *Arctica islandica* (170 тыс. т.) и др.

А5.3.5.4. Семейство Венериды — Veneridae (рис. 1.15б)

Раковина округлая, в большинстве с концентрической скульптурой. Лигамент наружный. Зубов по три на каждой створке. Закапываются в поверхностный слой грунта. Фильтраторы. Промысловые виды: петушок японский *Venerupis japonica* (160 тыс. т), прототака *Protothaca thaca* (40 тыс. т), мерценария *Mercenaria mercenaria* (30 тыс. т), гигантский саксидомус *Saxidomus giganteus* (10 тыс. т) и др.

А5.3.5.5. Семейство Тридакниды — Tridacnidae

Раковина округлая или треугольно-округлая, очень массивная. Край обычно волнисто изогнут. Поверхность раковины гладкая или покрыта высокими складчатыми выростами. Размеры до 1,5 м.

Ведут неподвижный образ жизни, прикрепляясь биссусом, замуровываясь в полости кораллита или свободно лежа на грунте. Питаются фильтрацией органических частиц из воды и за счет симбионтных зооксантелл, развивающихся в тканях мантии.

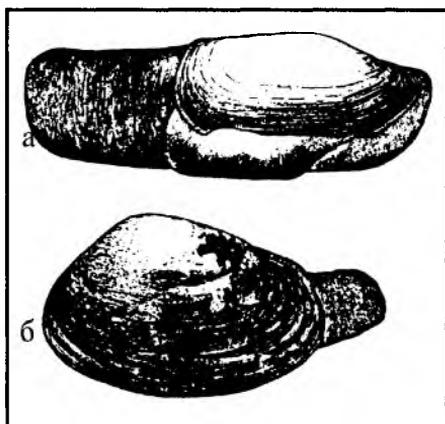


Рис. 1.15. Клемы

а — *Panope abrupta*; б — *Tresus nuttallii*

Промысловые виды: несколько видов родов *Tridacna* и *Gyroporus*. Объем вылова неизвестен.

А5.3.5.6. Семейство Солениды, или Морские черенки — *Solenidae*

Раковина очень сильно удлинённая, черенкообразная, с зияющими передним и задним краями. Лигамент наружный. Замок с одним маленьким зубом. Размер до 15 см.

Закапываются глубоко в грунт. Фильтраторы. Промысловые виды: виды род *Solen* (общий вылов 140 тыс. т).

А5.3.5.7. Семейство Мактриды — *Mastridae*

Раковина овально-треугольная. Лигамент наружный слабый, внутренний хорошо развит. На замке два крупных сходящихся кверху зуба. Размер до 15 см.

Закапываются в верхний слой грунта. Фильтраторы. Промысловые виды: ракушка мелководная *Spisula solidissima* (150 тыс. т), белая ракушка *S. sachalinensis* (15 тыс. т) и др.

А5.3.5.8. Семейство Мииды — *Myidae*

Раковина удлинённая, с грубыми линиями нарастания, зияет сзади. Замочный край без зубов. Имеется мощный выступ (хондрофор), отходящий от замкового края, который служит для крепления лигамента. Сифоны мощные, их длина в вытянутом состоянии может достигать 0,5 м. Размер до 15 см.

Закапываются глубоко в грунт. Фильтраторы. Промысловые виды: ракушка мягкая *Mya arenaria* (20 тыс. т) и др.

А5.4. Класс Головоногие — *Cephalopoda*

Тело двусторонне-симметричное, с отчетливым разделением на голову и туловище. Нога превращена в 8 или 10 щупалец, окружающих рот, и воронку; 8 щупалец, снабженных по всей внутренней поверхности присосками, называются руками. Туловище со всех сторон одето мантией, которая прирастает к нему на спинной стороне и отделено мантийной полостью на брюшной. В мантийной полости находятся жабры. Имеется внутренний скелет в виде хрящевой головной капсулы и, в большинстве групп, хитиновой или кальцинированной скелетной пластинкой. Глотка вооружена мощными хитиновыми челюстями в форме клюва попугая. Имеются прекрасно развитые глаза.

Оплодотворение внутреннее. Роль копулятивного органа играет одна (реже две) видоизмененные руки, называемые гектокотилиями. Яйца прикрепляются ко дну гроздьями или шнурами. Развитие прямое, реже с метаморфозом.

Образ жизни от донного до пелагического. Активные хищники, питаются различными беспозвоночными (включая головоногих) и рыбами.

А5.4.1. Отряд Сепиида, или Каракатицы — *Sepiida* (рис. 1.16а)

Конечностей 10 — четыре пары рук и пара щупалец, вооруженных только присосками. Стебли щупалец втяжные. Плавники овальные или почковидные, располагаются близ заднего конца тела или протягиваются

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

вдоль всей мантии в виде боковой каймы, но не соединяются между собой. Раковина чаще в виде известковой пластины с перегородками. Максимальные размеры: длина мантии 50 см, масса 10-12 кг;

Ведут донный образ жизни. Подстерегают добычу, затаиваясь на дне и маскируясь.

Промысловые виды: обыкновенная каракатица *Sepia officinalis* (15 тыс. т); другие виды семейств *Sepiidae* и *Sepiolidae* (общий вылов 19 тыс. т).

А5.4.2. Отряд Тейтида, или Кальмары — *Teutida* (рис. 1.16б)

Конечностей 10. Стебли щупалец не втяжные. Плавники располагаются в задней половине тела, реже вдоль всей мантии и соединяются вдоль средней линии или близ заднего конца. Раковина в виде тонкой хрящевой стреловидной пластинки — гладиуса. Максимальные размеры: длина мантии 1-2,5 м, масса 300 кг.

Нектонные, реже придонные животные. Основные объемы вылова составляют нектонные кальмары. Придонных видов немного — командорский кальмар *Beryteuthis magister* и некоторые другие. Объем их вылова неизвестен.

А5.4.3. Отряд Восьминогие, или осьминоги — *Octopoda* (рис. 1.16в)

Конечностей 8. Руки обычно соединены перепонкой — умбреллой. Плавников нет или они короткие, весловидные. Гладиус обычно редуцирован или отсутствует. Максимальные размеры: общая длина 4,5-5 м, масса 50 кг.

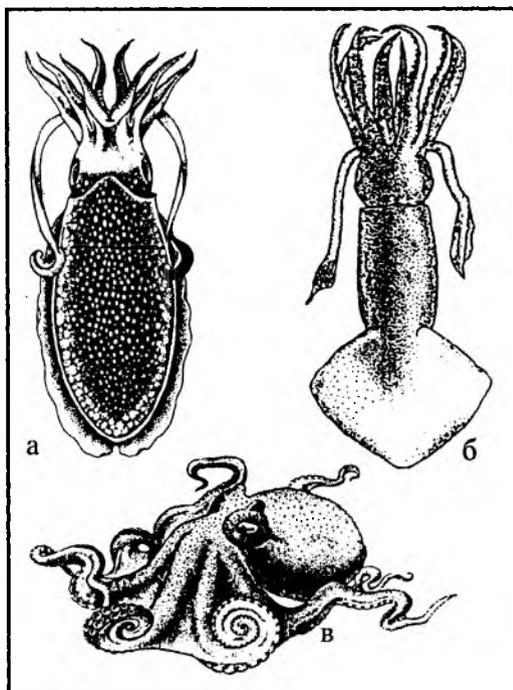


Рис. 1.16. Головоногие моллюски

а — японская каракатица *Sepiella japonica*; б — командорский кальмар *Beryteuthis magister*; в — гигантский осьминог *Octopus dofleini*

Донные животные. Часто используют естественные или специально оборудованные укрытия.

Промысловые виды: осьминог обыкновенный *Octopus vulgaris* (21 тыс. т), мускусный *Eledone spp.* (3 тыс. т) и другие виды (215 тыс. т).

А6. Тип ИГЛОКОЖИЕ — ECHINODERMATA

Тело звездообразное, округлое или вытянутое. Характерна исходная пятилучевая симметрия. Имеется внутренний известковый скелет, который в некоторых группах достигает очень сильного развития. Присутствует особая амбулакральная (водносудистая) система. Двигаются преимущественно с помощью амбулакральных ножек, снабженных присосками.

Развитие с метаморфозом, обычно имеется плавающая стадия.

Как подвижные, так и неподвижные и прикрепленные формы. Живут обычно на поверхности грунта, реже закапываются. Состав пищи и способ питания варьируют в разных группах.

А6.1. Класс Голотурии — Holothuroidea

Тело бочонковидное, цилиндрическое или червеобразное, часто с уплощенной брюшной поверхностью. Стенка тела мягкая, толстая, по его внутренней поверхности проходят пять мышечных лент. Скелет в виде микроскопических телец разной формы, залегающих в коже, редко из крупных пластинок. Поверхность гладкая или покрыта мягкими выростами. Амбулакральные ножки вытянуты пятью продольными рядами. На переднем конце тела располагается рот, окруженный венчиком из 10-30 щупалец. Особенностью химического состава является присутствие соединений с выраженной биологической активностью — тритерпеновых гликозидов.

Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом, включающим свободноплавающую личинку, или укороченное (рис. 1.17). У некоторых видов встречается бесполое размножение делением тела.

Живут на поверхности грунта, в укрытиях и закапываются. Питаются, собирая щупальцами грунт или заглатывая осевшие на распушенные щупальца органические частицы.

А6.1.1. Отряд Щитовиднощупальцевые — *Aspidochirotida* (рис. 1.18б)

Щупальца с ветвлениями, образующими поперечный щиток. Размер до 1 м.

При нересте иногда наблюдается попарное сближение особей противоположного пола — так называемая псевдокопуляция. Развитие с полным метаморфозом, включающим плавающие стадии диплеврула, аурикулярия и долиолярия.

Ведут подвижный образ жизни, питаются осевшей на грунт органикой.

Промысловые виды: дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (10 тыс. т) и др.

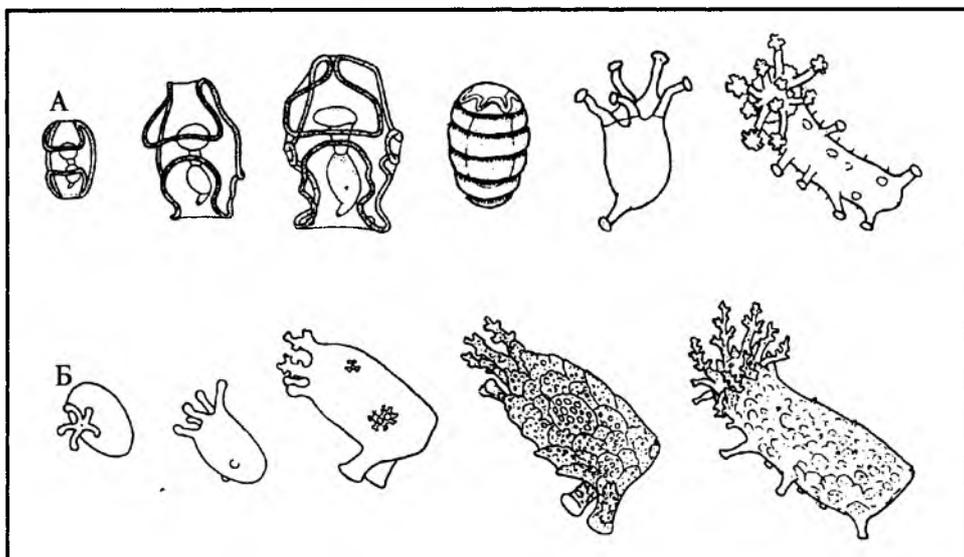


Рис. 1.17. Развитие голотурий (ориг.)

А — дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus*; Б — японская кукумария *Cucumaria japonica*

Аб.1.2. Отряд Древовиднощупальцевые — Dendrochirotida (рис. 1.18а)

Щупальца с многочисленными ветвлениями. Размер до 40 см.

Развитие часто с укороченным метаморфозом, без стадии плавающей личинки; функцию расселения выполняют яйца, плотность которых ниже плотности воды.

Ведут мало- и неподвижный образ жизни, собирая осевший на щупальца сестон.

Промысловые виды: японская кукумария *Cucumaria japonica*. Объем вылова неизвестен.

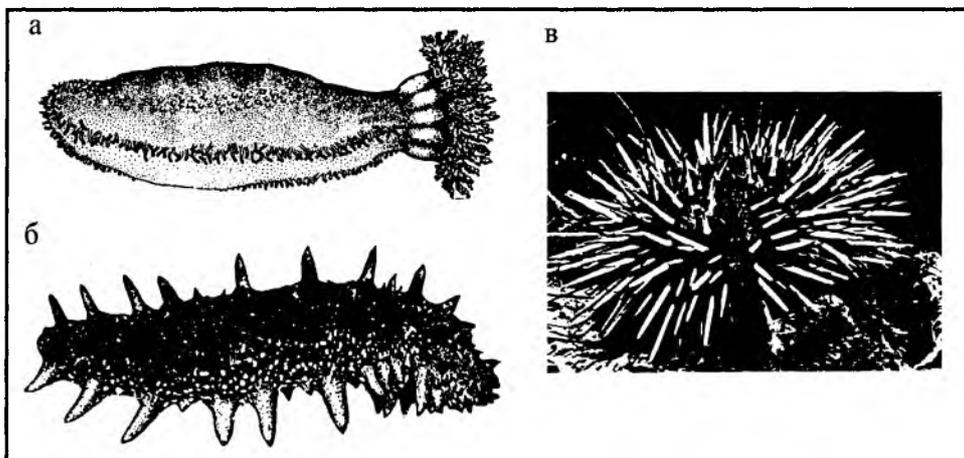


Рис. 1.18. Иголкожие

а — японская кукумария *Cucumaria japonica*; б — дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus*; в — морской еж *Strongylocentrotus intermedius*

А6.2. Класс Морские ежи — Echinoidea

Тело сферическое, округлое или уплощенное, покрыто панцирем (скорлупой) из соединенных между собой пластинок. На поверхности панциря могут располагаться иглы разного размера, бугорки, гранулы и особые хватательные органы — педицеллярии. Ротовое отверстие располагается в центре брюшной стороны, реже смещено к ее краю. Имеется сложный жевательный аппарат с пятью крупными зубами.

Развитие с полным метаморфозом. Обитают на поверхности грунта, в различных убежищах, в том числе и высверливаемых в твердых субстратах, закапываются. Питаются растениями, различными органическими остатками, взвешенными в воде мелкими частицами.

Подкласс Правильные морские ежи — Regularia

Тело полусферическое, с хорошо выраженной пятилучевой симметрией. Ротовое и анальное отверстия располагаются в центре верхней и нижней сторон панциря. Диаметр скорлупы до 10 см.

А6.2.1. Отряд Сводчатоzubые — Camarodonta (рис. 1.18в)

Зубы снабжены внутренним килем. Пирамидки, из которых состоит зуб, замкнуты в виде свода.

Обитают на поверхности грунта. Питаются водными растениями и соскребая детрит и мелкие организмы с поверхности субстрата.

Промысловые виды: чилийский морской еж *Loxechinus alba* (22 тыс. т), виды семейства Strongylocentrotidae (общий вылов 55 тыс. т) и др.

А7. Тип ХОРДОВЫЕ — CHORDATA

Имеется скелет, представленный спинной струной, или хордой.

Подтип ОБОЛОЧНИКИ, или ЛИЧИНОЧНОХОРДОВЫЕ — TUNICATA, или UROCHORDATA

Тело различной формы, одето оболочкой — туникой из вещества, по составу близкого к целлюлозе. Одиночные и колониальные формы. Размер до 20 м, обычно значительно меньше.

Развитие со сложным метаморфозом, включающим личинку, обладающую хордой, которая исчезает при превращении во взрослое животное.

Донные прикрепленные и пелагические формы. Питаются в основном взвешенным органическим веществом.

А7.1. Класс Асцидии — Ascidia (рис. 1.19)

Тело мешковидное, в верхней части имеет два трубчатых сифона — ротовой и клоакальный. Туника хрящобразной или студенистой консистенции, ее толщина может достигать 2-3 см. Одиночные и колониальные организмы. Размер до 50 см.

А6.2. Класс Морские ежи — Echinoidea

Тело сферическое, округлое или уплощенное, покрыто панцирем (скорлупой) из соединенных между собой пластинок. На поверхности панциря могут располагаться иглы разного размера, бугорки, гранулы и особые хватательные органы — педицеллярии. Ротовое отверстие располагается в центре брюшной стороны, реже смещено к ее краю. Имеется сложный жевательный аппарат с пятью крупными зубами.

Развитие с полным метаморфозом. Обитают на поверхности грунта, в различных убежищах, в том числе и высверливаемых в твердых субстратах, закапываются. Питаются растениями, различными органическими остатками, взвешенными в воде мелкими частицами.

Подкласс Правильные морские ежи — Regularia

Тело полусферическое, с хорошо выраженной пятилучевой симметрией. Ротовое и анальное отверстия располагаются в центре верхней и нижней сторон панциря. Диаметр скорлупы до 10 см.

А6.2.1. Отряд Сводчатозубые — Camarodonta (рис. 1.18в)

Зубы снабжены внутренним килем. Пирамидки, из которых состоит зуб, замкнуты в виде свода.

Обитают на поверхности грунта. Питаются водными растениями и скребая детрит и мелкие организмы с поверхности субстрата.

Промысловые виды: чилийский морской еж *Loxechinus alba* (22 тыс. т), виды семейства Strongylocentrotidae (общий вылов 55 тыс. т) и др.

А7. Тип ХОРДОВЫЕ — CHORDATA

Имеется скелет, представленный спинной струной, или хордой.

Подтип ОБОЛОЧНИКИ, или ЛИЧИНОЧНОХОРДОВЫЕ — TUNICATA, или UROCHORDATA

Тело различной формы, одето оболочкой — туникой из вещества, по составу близкого к целлюлозе. Одиночные и колониальные формы. Размер до 20 м, обычно значительно меньше.

Развитие со сложным метаморфозом, включающим личинку, обладающую хордой, которая исчезает при превращении во взрослое животное.

Донные прикрепленные и пелагические формы. Питаются в основном взвешенным органическим веществом.

А7.1. Класс Асцидии — Ascidia (рис. 1.19)

Тело мешковидное, в верхней части имеет два трубчатых сифона — ротовой и клоакальный. Туника хрящобразной или студенистой консистенции, ее толщина может достигать 2-3 см. Одиночные и колониальные организмы. Размер до 50 см.

1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов

Рис. 1.19. Бугорчатая асцидия *Halocynthia roretzi*



Размножение половое и бесполое. Гермафродиты. Оплодотворение происходит в жаберной полости, реже снаружи.

Только прикрепленные формы. Промысловые виды: чилийская асцидия *Pyura chilensis* (4 тыс. т) бугорчатая асцидия *Halocynthia roretzi* (6 тыс. т) и др. Общий вылов 20 тыс. т.

Б. Царство РАСТЕНИЯ – PLANTAE

Б1. Экологическая группа ВОДОРОСЛИ – ALGAE

Очень обширная сборная (неоднородная по таксономическому составу) группа низших споровых растений. Имеются как микроскопические формы, обитающие в толще воды и на дне, так и крупные донные растения — водоросли-макрофиты. Форма чрезвычайно сильно варьирует; в наиболее общем виде тело состоит из слоевища (простого, разветвленного, цилиндрического, пластинчатого и др.), черешка и подошвы или корневидных выростов — ризоидов.

Размножаются вегетативным, половым (гаметами) и бесполом (жгутиковыми зооспорами) путем. Для полового размножения характерно чередование жизненных форм развития — продуцирующих гаметы (гаметофит) и продуцирующих споры (спорофит); эти формы очень часто различаются и размерами.

Б1.1. Отдел ЗЕЛЕНЫЕ ВОДОРОСЛИ – CHLOROPHYTA

Морфологически чрезвычайно многообразная группа, включающая как одноклеточные, так и многоклеточные формы. Содержат пигменты хлорофилл, каротин и ксантофилл. Окраска светло-зеленая. Размер до 40 см.

Присутствуют все три вида размножения. Спорофит и гаметофит макроскопические. Специальные органы размножения отсутствуют (рис. 1.20).

Обитают в основном на мелководье — на литорали и в самой верхней сублиторали.

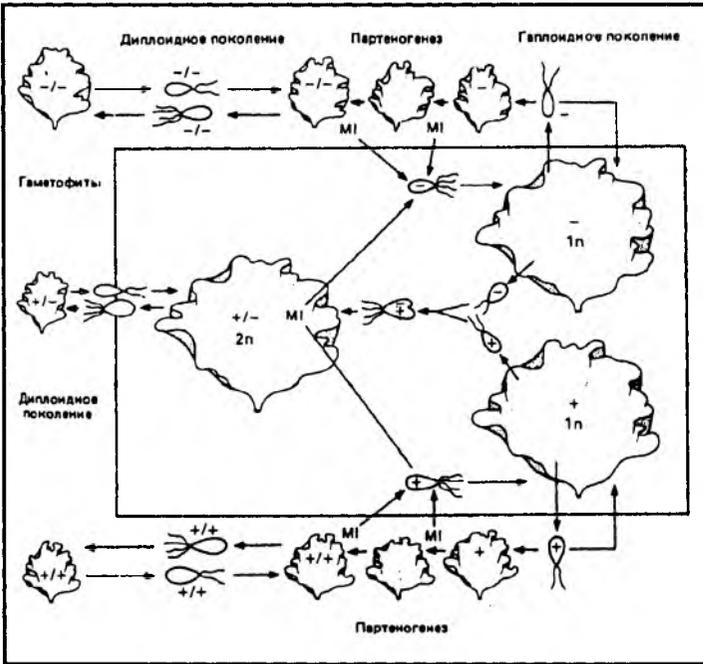


Рис. 1.20. Жизненный цикл зеленой водоросли *Ulva sp.* (по: Саут, Уиттик, 1990)

Б1.1.1. Класс Улотриковые – Ulotrichophyceae (рис. 1.21)

Слоевище нитчатое или пластинчатое тканевое. Промысловые виды: ульвы, энтероморфы (семейство *Ulvales*) и др.

Б1.1.2. Класс Сифоновые (Siphonophyceae)

Слоевище не имеет клеточного строения. Промысловые виды: кодидум (семейство *Codiaceae*) и др.

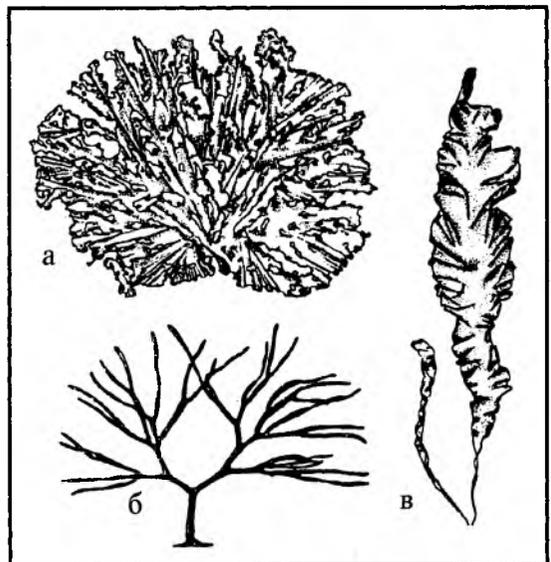


Рис. 1.21. Зеленые водоросли
 а — ульва *Ulva fenestrata*; б — кодидум *Codium jezoense*; в — энтероморфа *Enteromorpha linza*

Б1.2. Отдел БУРЫЕ ВОДОРΟΣЛИ – РНАЕОРНУТА

Слоевище пластинчатое, простое или разветвленное. Характерно наличие пигмента фукоксантина. Содержат крахмал ламинарин и сахарный спирт маннит, а также соли альгиновой кислоты. Окраска от оливково-желтой до темно-коричневой. Размер до 50 м.

Обитают от литорали до глубины 100, в исключительных случаях до 200 м, но в основном на 5-15 м.

Присутствуют все три вида размножения. Одна из форм развития (чаще — гаметофит) может иметь микроскопические размеры. Образование спор и гамет происходит в специальных вместилищах (рис. 1.22).

Обитают в основном на мелководье — на литорали и в самой верхней сублиторали.

Б1.2.1. Класс Фэзооспоровые – Phaezoosporophyceae

(рис. 1.23)

Спорофиты и гаметофиты существуют как самостоятельные формы развития.

Промысловые виды: хордариин (семейство *Chordariaceae*), диктиоты (*Dictyotales*), ламинарии, агарумы (*Laminariaceae*), артрогамусы (*Arthrothamnaceae*), лессонии, макроцистисы, нереоцистисы (*Lessoniaceae*), аларии (*Alariaceae*).

Б1.2.2. Класс Циклоспоровые – Cyclosporophyceae

Гаметофиты развиваются в слоевище спорофита в виде слоя, выстилающего особые углубления — концептакулы.

Промысловые виды: фукусы (семейство *Fucaceae*), цистозира (*Cystoseiraceae*), саргассы (*Sargassaceae*) и др.

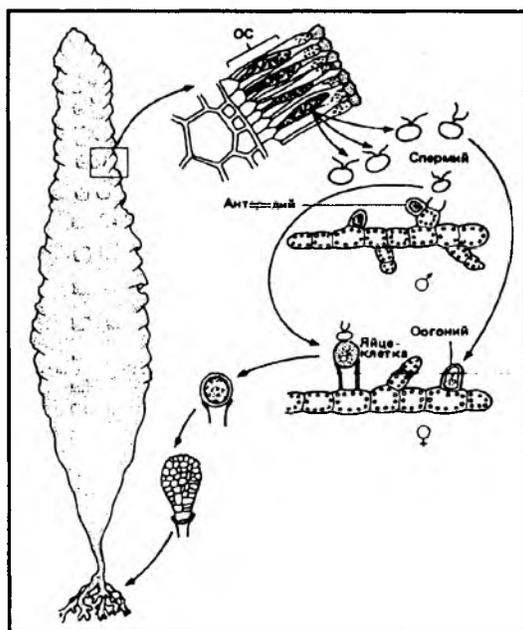


Рис. 1.22. Жизненный цикл бурой водоросли *Laminaria sp.* (по: Саут, Уиттик, 1990)

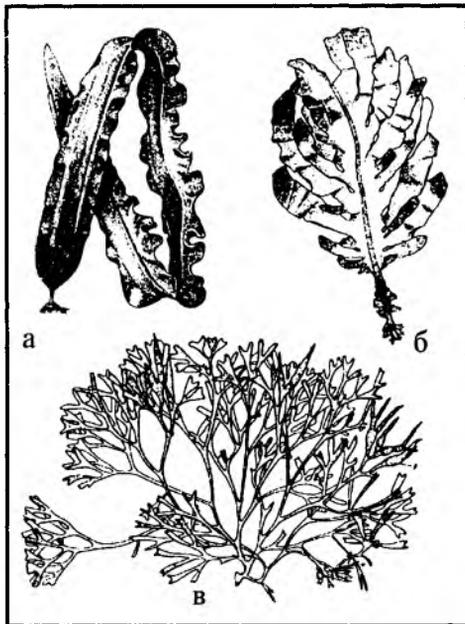


Рис. 1.23. Бурые водоросли

а — японская ламинария *Laminaria japonica*; б — ундария *Undaria pinnatifida*; в — пельвеция Райта *Pelvetia wrightii*

Б.1.3. Отдел КРАСНЫЕ ВОДОРΟΣЛИ — RHODOPHYTA

Форма тела весьма разнообразна — нитевидная, пластинчатая, пленочная, корковидная, кораллоподобная и др. Содержат пигменты хлорофилл, каротин, ксантофил и специфические пигменты фикоэритрин и фикоцианин. Окраска от ярко-красной до голубовато-зеленой и желтой. Размеры от нескольких сантиметров до метра.

Присутствуют бесполой и половой способы размножения. Цикл развития чрезвычайно сложен и многообразен. Имеют очень своеобразное строение женского органа размножения — оогония. Споры и гаметы лишены жгутиков, и подвижная стадия в цикле развития отсутствует (рис. 1.24).

Обитают на глубине до 100-200 м, чаще до 40 м.

Б1.3.1. Класс Бангиевые — Bangiophyceae

Морские представители включают многоклеточные нитчатые и пластинчатые формы.

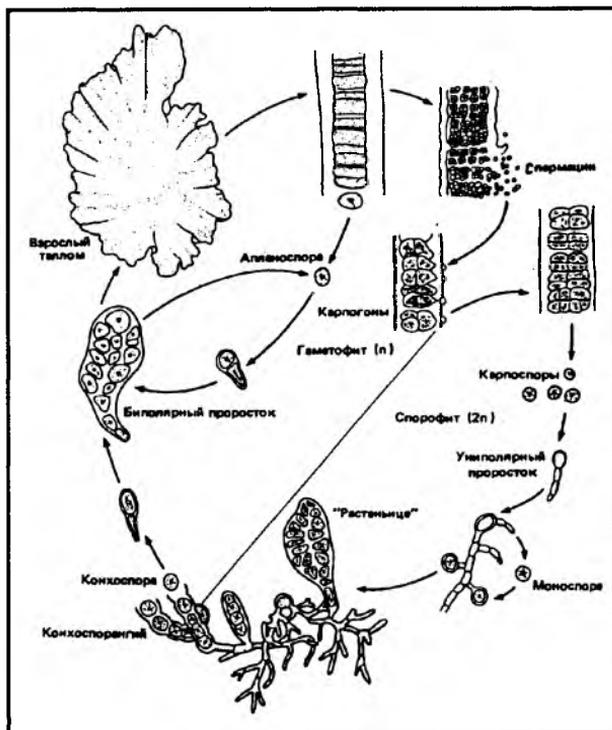
Промысловые виды: порфира *Porphyra spp.* и др.

Б1.3.2. Класс Флоридеевые — Florideophyceae (рис. 1.25)

Слоевище образовано системой разветвленных нитей. Мужские и женские органы размножения представляют собой специальные образования.

Промысловые виды: анфельции, филлофоры (семейство *Phyllophoraceae*), грацилярии (*Gracilariaceae*), гигартины, хондрусы (*Gigartinaceae*) и др.

Рис. 1.24. Жизненный цикл красной водоросли *Porphyra* sp. (по: Саут, Уиттик, 1990)



В2. Экологическая группа Морские травы

Высшие цветковые растения, приспособившиеся к жизни в морской среде.

Размножение вегетативное — дочерними побегами, и половое. При половом размножении образуются генеративные побеги с соцветиями. Опыление происходит в воде.

Объем вылова неизвестен.

В2.1. Класс Лилиопсиды, или Однодольные — Liliopsidae, или Monocotyledones

Подкласс Алисматиды — Alismatidae

В2.1.1. Семейство Водокрасовые — Hydrocharitaceae

Многолетние, реже однолетние растения. Строение очень многообразно.

Промысловые виды: талассия черепаховая *Thalassia testudinum* и др.

В2.1.2. Семейство Взморниковые — Zosteraceae (рис. 1.26)

Листья длинные, линейные. Корневища длинные горизонтальные. Цветы образуются на длинных репродуктивных побегах. Для химического состава характерно присутствие полисахарида зостерина.

Промысловые виды: зостера морская *Zostera marina*, азиатская *Z. asiatica*, филлоспадикс *Phyllospadix* spp. и др.

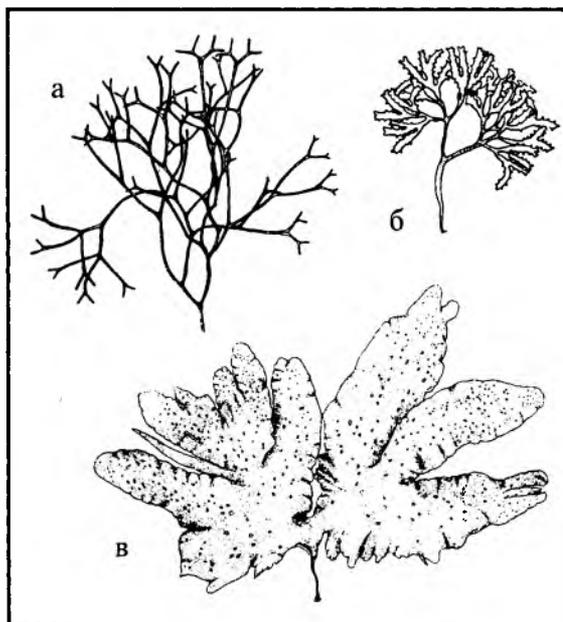


Рис. 1.25. Красные водоросли

а — анфельция *Ahnfeltia tobuchiensis*;
б — хондрус *Chondrus pinnulatus*; в —
родимения *Rhodymenia pertusa*

Б.2.1.3. Семейство Посидониевые — Posidoniaceae

Побеги двух типов: короткие прямостоячие и стелющиеся. Корневище мощное, ползучее. Цветки собраны в сложные колосья и располагаются на коротких цветоносах.

Промысловые виды: посидония океанская *Posidonia oceanica*, южная *P. australis*.

* * *

Ознакомление с приведенным перечнем промысловых групп животных и растений (а он далеко не полон) вызывает вопрос: существуют ли общие биологические особенности, свойственные именно группе промысловых видов и отличающие их от непромысловых? Как будет показано ниже, причины, обуславливающие вовлечение того или иного организма в сферу хозяйственного внимания человека, очень различны; соответственно, многообразны и их биологические характеристики. По-видимому, наиболее общими биологическими особенностями промысловых организмов являются следующие.

а. **Крупные размеры.** Все без исключения донные промысловые животные и растения относятся к мегалобентосу, их размер не меньше одного сантиметра, размер некоторых животных (ракообразные, голотурии) превышает метр, а масса достигает нескольких килограмм;

б. **Высокая общая численность и биомасса.** Значение этого показателя понятно — только высокие общие величины запаса могут обеспечить стабильный промысел;

в. **Способность образовывать скопления.** Высокая общая численность является необходимым, но не достаточным условием крупномасштабного промысла. Виды даже весьма высокочисленные, но разреженные не могут

Рис. 1.26. Зостера

а — карликовая *Zostera nana*; б — морская *Z. marina*;
в — азиатская *Z. asiatica*



обеспечить развитого промысла из-за экономических ограничений, поэтому промысел донных организмов всегда базируется на их скоплениях; определенное исключение могут представлять объекты местных промыслов, для которых экономические критерии часто не играют преобладающей роли.

К перечисленным характерным особенностям можно было бы добавить высокую устойчивость популяций этих организмов к резкому снижению численности, вызываемому промыслом; однако представляется, что эта особенность вторична — высокая численность сама по себе указывает на то, что данный вид процветает и, следовательно, имеет хорошо развитые компенсаторные механизмы.

2. Использование донных организмов

2.1. Направления использования

Принципиальная особенность хозяйственного использования морского бентоса состоит в огромном разнообразии донных организмов. Промысел этих объектов, существенно уступая рыбному по объемам вылова, несравненно превосходит его по многообразию. Действительно, рыбы — только один класс типа позвоночных, тогда как промысловые донные организмы относятся к нескольким десяткам классов растительного и животного царств. Чрезвычайное своеобразие химического состава, механических характеристик, биологических особенностей донных животных и растений определяет и огромное многообразие способов их использования.

А. Использование целых организмов, их частей и продуктов из них

а. **Пищевые продукты.** Большинство добываемых донных животных и водорослей не только съедобны, но обладают очень высокими вкусовыми качествами. Все морские организмы низкокалорийны и имеют очень благоприятный для здоровья человека состав липидов (высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, прежде всего эйкозапентаеновой). Водоросли содержат необходимый для организма набор минеральных веществ и витаминов, продукты из них являются эффективными энтеросорбентами токсических металлов и радионуклидов. Многие морские организмы употребляются в пищу сырыми или при минимальной кулинарной обработке.

б. **Сырье для промышленной переработки.** Это наиболее масштабная и очень широкая область применения донных организмов. Различные получаемые из них химические соединения используются в пищевой, текстильной, кожевенной, лакокрасочной и многих других отраслях промышленности.

в. **Биологически активные вещества и медицинские препараты.** Это направление использования гидробионтов близко примыкает к предыдущему и в некоторых случаях их трудно разделить. Как уже отмечалось, донные организмы содержат обширный спектр химических соединений, имеющих выраженное биологическое действие на организм человека. Такие вещества оказывают оздоравливающее воздействие как при введении этих организмов в диету (лечебное питание), так и, в более сильной степени, при изготовлении из них специальных препаратов, находящихся применение в медицине и ветеринарии. Особую ценность представляют соединения, способствующие детоксикации организма человека, и радиопротекторы.

г. **Корм для домашних и сельскохозяйственных животных.** Морские животные и растения используются в качестве корма в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве. Морские растения могут скармливаться крупному рогатому скоту непосредственно. Большинство других организмов целиком или в виде отходов идет на изготовление добавок к корму, входит в состав рыбной муки и аналогичных продуктов; раковины моллюсков добавляются в корм для птиц.

д. **Приманка.** Довольно большие количества морских беспозвоночных используются в качестве приманки при спортивном и коммерческом промысле. Моллюски, ракообразные и представители других групп применяются для наживления крючковых снастей и помещаются в ловушки при промысле как хищных беспозвоночных (моллюски трубачи, кальмары), так и рыб.

е. **Поделки, украшения, сувениры.** Это не очень масштабное, но весьма важное направление использование беспозвоночных и продуктов их жизнедеятельности. Наиболее известные виды такой продукции — кораллы и жемчуг. Однако спектр использования беспозвоночных гораздо шире — раковины брюхоногих и головоногих моллюсков и изделия из них, гладиус головоногих моллюсков и др. Множество видов беспозво-

ночных, особенно добываемых местными промыслами, используется для изготовления самых разнообразных поделок и сувениров.

ж. Образцы для коллекций, учебных заведений и музеев. Для любительского коллекционирования используются в основном раковины брюхоногих, реже — двусторчатых моллюсков, кораллы и некоторые другие объекты. Коллекционирование моллюсков относится к числу очень масштабных и развитых, цены на некоторые виды раковин весьма высоки. Сбор образцов для музеев, школ, вузов и для продажи населению также представляет собой устойчивое направление промысловой деятельности.

з. Удобрения. В настоящее время добыча донных животных специально для использования в качестве удобрений мало распространена, на эти цели идут в основном отходы переработки и добытые в ходе промысла сопутствующие виды. Широко используются для удобрения водоросли — как непосредственно, так и для производства продажных удобрений.

и. Океанская энергетика. Морские растения могут использоваться для энергетических нужд. Существуют два пути получения энергоносителей из водорослей — в процессе переработки биомассы и непосредственно в процессе жизнедеятельности организмов. Лучшими энергетическими характеристиками обладают бурые водоросли. Технология их переработки для целей энергетики только отрабатывается, но уже имеются успешные примеры использования для получения биогаза гигантской водоросли макроцистис. В основе переработки биомассы лежит процесс разложения целлюлозоподобных веществ микроорганизмами. Получаемый метан можно непосредственно использовать в качестве горючего или перерабатывать в этанол.

В последние годы все более интенсивно развивается комплексное использование добытых гидробионтов, при котором один и тот же организм используется в нескольких направлениях. Например, при переработке крабов мясо идет на изготовление консервов, панцирь — для получения хитина и хитозана, находящих широкое применение в различных отраслях производства, из печени получают комплекс ценных протеолитических ферментов.

Б. Использование живых организмов

Перечисленные направления используют мертвых гидробионтов, части их тела и ткани. Значительно менее масштабно, но, тем не менее, достаточно существенное значение имеет добыча объектов, которые используются живыми (сюда не относится вылов и временное содержание в живом виде объектов, предназначенных для дальнейшего употребления, например, в пищу). Основные направления такого использования следующие.

а. Аквариумы, учебные заведения, научные лаборатории. В настоящее время любая более или менее развитая страна располагает одним или несколькими морскими аквариумами, очень велико и количество морских любительских аквариумов. Хотя владельцы аквариумов стремятся создать наилучшие условия содержания гидробионтов, продолжительность их

жизни очень невелика и аквариумы нуждаются в постоянном пополнении. Поэтому промысел организмов для демонстрации в аквариумах и для кормления содержащихся в них животных хорошо развит.

Довольно значительное количество объектов используются при обучении школьников и студентов и для экспериментов в научных лабораториях. Некоторые беспозвоночные представляют собой уникальные объекты таких исследований — например, кальмары и головожаберные моллюски обладают гигантскими нейронами, незаменимыми в экспериментах по нейрофизиологии; развивающиеся яйца морских ежей — один из ценнейших объектов биологии развития и молекулярной биологии, и др. Существуют мощные фирмы, каталоги в которых включают сотни видов разнообразных морских беспозвоночных и растений, которые по требованию поставляются в любых количествах в любую точку планеты.

б. Производители для искусственного разведения. Искусственное культивирование морских организмов (марикультура) основана на выращивании до товарных параметров организмов, полученных от производителей, также содержащихся в искусственных условиях. Однако некоторые технологические схемы искусственного культивирования, особенно при экстенсивной марикультуре, предусматривают поставку производителей из естественных популяций; подобная необходимость возникает и в тех случаях, когда по какой-то причине (эпизоотия, технические неполадки системы) требуется замена родительского поголовья. В таких случаях отлов производителей осуществляется соответствующим промыслом — общего типа или специализированным.

в. Объекты спортивного промысла. Особенность спортивного (любительского) промысла заключается в том, что нередко основная его цель состоит не в использовании объекта (хотя в большинстве случаев он тем или иным образом утилизируется), а собственно в процессе добычи. Среди беспозвоночных нет таких суперпривлекательных объектов любительского спорта, как меч-рыбы или тунцы, тем не менее существует множество любителей промысла закапывающихся двустворок, осьминогов, лангустов, ведущих его в основном с целью получения удовольствия.

г. Использование частей тела живых организмов. В «сухопутной» практике такой способ хозяйственного использования применяется только к домашним животным (доение, стрижка шерсти, взятие крови для сывороток и др.), применительно же к донным беспозвоночным он существует, хотя и очень ограничен. В некоторых тропических странах после выдавливания кишечника голотурий (который считается деликатесным продуктом) животных выпускают; выпускают мечехвостов после взятия у них крови; обрезают части растущих колониальных организмов — мадрепоровых кораллов, горгонарий.

В. Промысел без целей использования добытых объектов

Наконец, последнее весьма специфичное направление промысла — добыча организмов, которые вообще не предназначены для использования; цель такого промысла — уничтожение нежелательных организмов. Объектами такого промысла является очень разнородный набор видов,

тем или иным образом препятствующих хозяйственной деятельности человека или угрожающих его здоровью и жизни. Вылавливаются организмы, обрастающие и повреждающие построенные человеком сооружения и устройства; хищники, потребляющие полезных для человека животных (наиболее известный пример такого рода — уничтожающая кораллы морская звезда *Acanthaster planci* — «терновый венец», на промысел которой с целью уничтожения затрачивались и затрачиваются очень значительные усилия и средства); организмы, препятствующие судоходству (например, развивающиеся в узких или мелководных проходах водные растения) и др.

Ниже кратко охарактеризованы основные направления использования отдельных групп донных гидробионтов.

А. Животные

Губки

Используют скелет после соответствующей обработки, заключающейся в удалении мягких тканей. Обыкновенные губки применяют для мытья и технических целей (изготовление фильтров, как шлифовочный и полировочный материал и др.). Ажурные причудливые скелеты стеклянных губок идут на украшения и сувениры.

Кишечнополостные

Красный (или благородный) и черный кораллы используют для изготовления украшений; в азиатских странах черный коралл применяют в лечебных целях. Мадрепоровые кораллы добывают местные жители для использования в качестве строительных материалов, получения извести, а также для продажи на украшения и сувениры. Во всех указанных случаях используют скелет после удаления мягких тканей. Актиний в некоторых странах употребляют в пищу.

В последние десятилетия развился новый промысел горгонарии плексауры как сырья для получения простагландинов — химических соединений с очень широким и необычным спектром биологической активности, используемых для получения ряда ценнейших фармакологических препаратов. Сырьем является все тело коралла, которое после экстрагирования подвергают дальнейшей переработке.

Кольчатые черви

Несколько видов, в первую очередь тихоокеанский палоло, употребляют в пищу. Многие виды, особенно пескожил, используют для наживки.

Ракообразные

Практически все ракообразные, добываемые крупномасштабным или местным промыслом (морские уточки, раки-богомолы, омары, лангусты, креветки, галатеиды, крабиды, крабы) являются пищевыми объектами и используются либо свежими непосредственно для приготовления различных блюд, либо для изготовления консервов и пресервов; в некоторых странах их потребляют сырыми. В пищу употребляют у крупных животных

мускулатуру тела и конечностей, у мелких (креветки, галатеиды) в основном ткани брюшка, составляющие часто не более 10% общей массы тела.

Из панцирей ракообразных производят хитозан — соединение, очень важное для ряда отраслей промышленности.

У мечехвостов используется кровь, из которой готовят уникальный препарат — амебоцитный лизат (см. ниже).

Моллюски

Основное направления использования всех моллюсков — пищевое. Наибольшее их количество потребляют в свежем и сыром виде, изготавливают также консервы и другие виды продукции. В разных группах в пищу используют следующие части тела: у крупных видов брюхоногих — ногу, мелких потребляют целиком или после удаления внутренних органов; у двустворчатых — мускулы-замыкатели, сифон, половую железу; у головоногих — все тело после удаления внутренностей и скелетную пластинку.

У многих видов брюхоногих и двустворчатых моллюсков раковину используют для получения перламутра, промышленных изделий (пуговицы, пряжки) и различных украшений и сувениров. Некоторые виды двустворчатых и очень небольшое число видов брюхоногих дают жемчуг.

Отдельные группы моллюсков имеют и иное применение. У головоногих используют чернильную жидкость; измельченная скелетная пластинка каракатицы находит применение в медицине.

Иглокожие

У голотурий в пищу употребляют стенку тела, состоящую преимущественно из коллагена; реже мышечные ленты и внутренние органы. Используют голотурий в сыром виде или, чаще, для приготовления сушеного полуфабриката — трепанга, очень ценного продукта, обладающего высокими вкусовыми и фармакологическими качествами и пользующегося большим спросом в азиатских странах.

У морских ежей в пищу используют только зрелые гонады; их потребляют в сыром виде или подвергают обработке — солят, коптят, готовят консервы.

Асцидии

Внутренние органы используют в пищу в сыром или копченом виде.

Б. Растения

Водоросли

Зеленые водоросли. Добываются для пищевых целей. Ульвовые («морской салат») используются преимущественно в сыром виде.

Бурые водоросли. Ламинариевые («морскую капусту») употребляют в пищу как в сыром виде, так и для приготовления различных блюд. Служат сырьем для получения солей альгиновой кислоты — альгинатов, имеющих чрезвычайно широкое применение — в пищевой, парфюмерной и фармацевтической промышленности, при производстве пластмасс, синтетических волокон, смазочных материалов, сварочных электродов и др.

Важное значение имеет шестиатомный спирт маннит, употребляющийся в фармацевтике, лакокрасочной, бумажной и других отраслях промышленности. Используются для приготовления кормовой муки, кормовых добавок.

Красные водоросли. Употребляются в пищу в виде салатов, приправ, супов. Служат для получения фикоколлоидов. Наиболее ценен из них агар, потребляемый пищевой и медицинской промышленностью. Известно около 30 видов агароносов, в нашей стране для этих целей используется анфельция. Важное значение имеют и фикоколлоиды каррагинин и агароид, добываемые у нас из филлофоры.

Морские травы

Используются как набивочный, упаковочный и термоизолирующий материал, как кормовая добавка. Зостерин применяют как стабилизатор суспензий и эмульсий, загуститель и студнеобразователь, предохранительное от образования накипи средство и др.

2.2. Особенности хозяйственного использования донных организмов

Одна из важнейших особенностей промыслового использования донных организмов — отмеченное выше чрезвычайно многообразие самих этих организмов и их технoхимических характеристик. Другая особенность заключается в очень большой древности многих промыслов донных животных и растений и многовековых традициях их переработки и применения. Наконец, для промысловых донных животных и растений характерен большой удельный вес их использования для химических и фармакологических целей.

В тех регионах, где промыслы имеют очень давнюю историю, особенно в странах Азии, использование донных гидробионтов связано с целым рядом традиций, в основе которых лежат религиозные и мифологические представления. В странах Запада положение иное, но, поскольку экспорт многих видов гидробионтов ориентирован на Восток, такое положение приходится учитывать при промысле и переработке нерыбных морепродуктов.

Национальные особенности и многолетние традиции накладывают отпечаток и на ориентацию промыслового использования тех или иных видов, и на их сопоставительную коммерческую ценность. В одних странах деликатесными считаются продукты, которые в других имеют ограниченный спрос или вообще считаются несъедобными. Кроме таких крайних случаев можно привести множество примеров регионально ограниченного внимания к определенным объектам или продуктам из них. Например, в европейских странах в огромных количествах используются устрицы и мидии, а промысел закапывающихся моллюсков развит очень слабо. В США же закапывающиеся моллюски (клемы в узком смысле) пользуются большой популярностью и их добыча на литорали после отлива может

считаться национальным занятием. (У американцев существует поговорка: «When the tide's out, the table is set — Когда вода уходит, стол готов».)

Существует и национальная специфика использования сходных или даже одних и тех же видов. Например, сушеный или приготовленный иным способом кожно-мускульный мешок голотурий — трепанг — пользуется большой популярностью в странах Востока. Популярность эта вполне оправдана — трепанг содержит тритерпеновые гликозиды, почти идентичные гликозидам знаменитого жень-шеня, и оказывает выраженное биологическое действие. На тихоокеанском побережье США и в Канаде также существует промысел голотурий, но при этом самое ценное — кожно-мускульный мешок — выбрасывают, а используют в пищу пять узких полосок продольных мышц.

Приходится считаться и с тем, что некоторые устойчивые воззрения потребителей несомненно ошибочны. Например, ни на чем не основано широко распространенное на востоке мнение о высочайшей фармакологической ценности «голубого» трепанга (трепанг-альбинос). К этому же ряду относятся очень высокие требования к внешнему виду продукта, в некоторых случаях совершенно явно не связанные с какими-либо значимыми характеристиками. Так, легкое повреждение кончиков «шипов» сушеного трепанга существенно снижают его рыночную стоимость. Большое коммерческое значение имеют и такие никак не связанные с объективными качествами параметры, как окраска, и некоторые другие.

В отношении стабильности хозяйственного интереса к донным гидробионтам все промыслы можно разделить на три группы.

Первую, самую большую, составляют традиционные промыслы, имеющие многовековую или по крайней мере многолетнюю историю и сохраняющие свое значение и в настоящее время.

Вторую составляют промыслы традиционные, но потерявшие свое значение либо полностью, либо в значительной степени. Такое снижение хозяйственного интереса может вызываться либо подрывом запасов, либо, чаще, появлением новых материалов и технологий или изменением моды (туалетные губки, брюхоногие моллюски мурексы, используемые для получения пурпура). В некоторых случаях интерес к объекту не снижается, но теряет значение какой-то ранее очень важный аспект их использования (использование чернильной жидкости каракатиц в качестве туши).

Наконец, третью группу, самую небольшую, составляют новые промыслы, возникшие из-за появления интереса к новым нетрадиционным объектам. Характерный пример — «простагландиновый бум», который начался в 70-х годах после того, как выяснилось, что обитающий в Вест-Индии горгониевый коралл *Plexaura homomalla* — прекрасный источник получения простагландинов. Немедленно возник довольно интенсивный промысел этого организма, который никогда до этого не привлекал никакого внимания.

Бывают также случаи, когда возобновляется добыча ранее промышленного организма, но с совершенно другими, новыми целями. Прекрасная иллюстрация — промысел мечехвостов. В тех странах, где водятся эти животные, их издавна довольно интенсивно добывали для использования

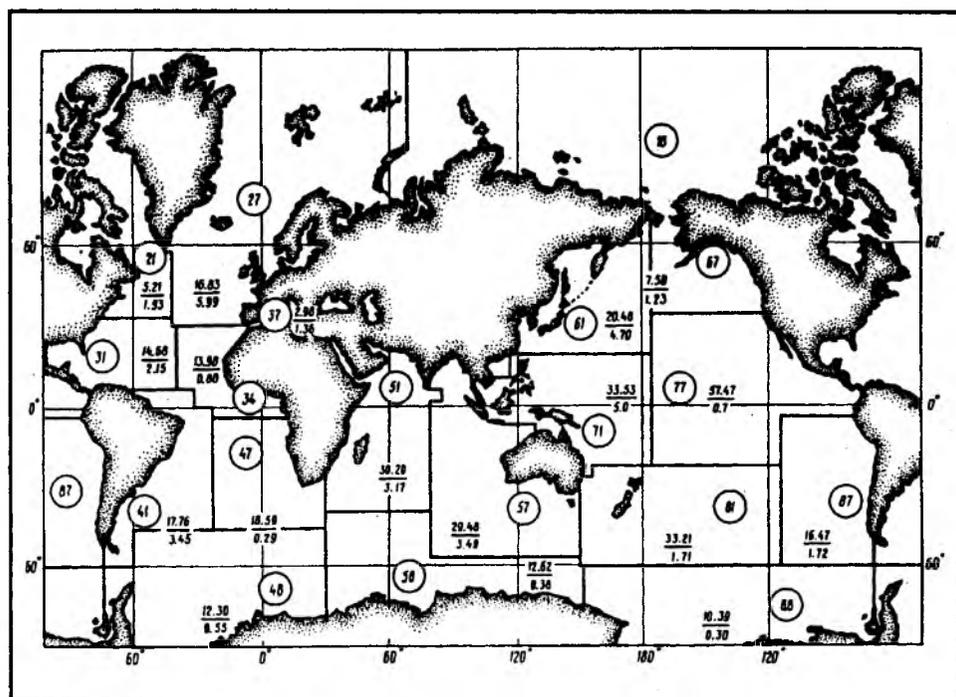


Рис. 1.27. Районы ФАО (обозначены арабскими цифрами) и их площадь, млн. км² (по: Моисеев, 1989)

Над чертой — общая площадь, под чертой — площадь, занятая глубинами 0-1000 м.

в качестве удобрений и приманки для рыб и брюхоногих моллюсков. Так, только в США в начале века ежегодно добывали до 1 млн. особей. Затем этот промысел из-за подрыва запасов и по экономических причинам значительно снизился.

В 70-х годах рыбохозяйственный интерес к мечехвостам неожиданно возродился. Причиной явилось научное открытие — выяснилось, что кровь мечехвостов обладает уникальной особенностью коагулировать в присутствии некоторых бактериальных эндотоксинов. Из нее был выделен амебоцитный лизат [англ. аббревиатура LAL — *Limulus amoebocyte lysate*], который используется как фактор определения пирогенности для тестирования фармакологических препаратов, контроля чистоты воды в клинических лабораториях, выявления некоторых тяжелых заболеваний. В настоящее время в США добывается около 1,2 млн. мечехвостов, из них для приготовления LAL — около 160 тыс.

Специфика использования беспозвоночных и водорослей в качестве деликатесных и лечебных продуктов питания, для производства биомедицинских препаратов и разнообразных химических соединений обуславливает очень высокие требования к их физиологическому состоянию. Многие теххимические характеристики сырья из донных организмов подвержены сильнейшим сезонным колебаниям, поэтому отсутствие или игнорирование информации о динамике сезонных процессов зачастую приводит к очень серьезным коммерческим потерям.

В последние годы при оценке экономической эффективности и даже самой возможности организации промысла тех или иных донных животных и растений все чаще приходится принимать во внимание наличие и интенсивность загрязненности соответствующей акватории. Как уже отмечалось, многие гидробионты являются продуцентами биологически активных веществ, и требования к качеству среды обитания этих организмов часто весьма высоки. На химический состав донных организмов оказывает существенное влияние целый ряд факторов. Многие донные животные и особенно растения энергично накапливают тяжелые металлы и другие химические компоненты поллютантов из окружающей среды. В результате этого их использование для пищевых и промышленных целей может представлять опасность для здоровья или снижать товарные характеристики и, соответственно, коммерческую ценность организмов, добываемых в загрязненных водах.

2.3. Распределение вылова

Промысел морских организмов распределен в Мировом океане в видовом и количественном отношении неравномерно. Это связано, с одной стороны, с глобальными закономерностями распределения жизни в океане, а с другой — с комплексом социальных, экономических, технологических и политических факторов. С учетом всех этих соображений международная продовольственная и сельскохозяйственная организация ФАО подразделила океан на рыбохозяйственные зоны (рис 1.27).

Величины вылова рыбы и нерыбных объектов регистрируются статистическими органами отдельных стран и ФАО, издающей ежегодники рыболовной статистики. К сожалению, достоверность статистических сведений не всегда высока и не одинакова для разных стран и разных объектов промысла. Наиболее точно отражаются сведения по организмам, по которым имеются международные соглашения или являющимся объектом крупномасштабного государственного промысла. Значительно менее точно отражается, а иногда и вовсе не документируется вылов объектов местных промыслов, особенно тех из них, которые не поступают на рынок, а используются на месте.

Объемы вылова в разные годы, естественно, не остаются постоянными, но общие тенденции и соотношение объектов сохраняются. По сведениям ФАО (Мировые уловы..., 1991) мировой среднегодовой вылов донных беспозвоночных и водорослей в среднем составляет (тыс. т):

2. Использование донных организмов

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ	12 000
Ракообразные	4 000
Креветки, шримсы	2 500
Крабы и крабоиды	1 000
Лангусты, омары	250
Галатеиды	15
Моллюски	7 500
Мидии	1 200
Устрицы	1 100
Гребешки	800
Прочие двустворчатые	1 800
Брюхоногие	100
Иглокожие	100
Оболочники	20
ВОДОРОСЛИ	4 000
Бурые	2 500
Красные	1 200
Зеленые	15

Помимо указанных наиболее крупных групп в заметных количествах добываются также губки, кишечнополостные (коралловые полипы), кольчатые черви и некоторые другие.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ И СРЕДЫ ИХ ОБИТАНИЯ

Для рациональной эксплуатации ресурсов донных животных и растений, обеспечения их самовоспроизводства и эффективного промысла необходима обширная информация, касающаяся различных аспектов биологии промысловых организмов и характеристик среды их обитания.

Основное качество, которым должна обладать информация, используемая в промысловых целях — достоверность. Разумеется, она необходима во всех сферах человеческой деятельности, требующих информационного обеспечения, но в данном случае проверка качества информации выполняется благодаря большому числу пользователей в очень широких масштабах, и ее недостаточная достоверность очень быстро и наглядно проявляется.

На достоверность биологической информации влияет множество субъективных и объективных факторов, некоторые из которых можно устранить надлежащим подбором технических средств и методов их использования, другие же принципиально неустраняемы. К числу последних относится необходимость делать заключение о характеристиках всех изучаемых организмов по данным, относящимся только к некоторым из них.

Объектом биологического исследования может быть вся совокупность особей одного или нескольких видов в определенном районе, или совокупность особей, обладающих некоторыми заданными признаками (например, определенного размера, пола, стадии размножения и др.). Обследование всей такой совокупности (**генеральной совокупности** [англ. *population*]) в подавляющем большинстве случаев невозможно, и вынужденно ограничиваются получением информации о ее части, называемой **выборочной совокупностью**, или **выборкой** [*sample*]. Выборка должна достаточно полно отражать структуру генеральной совокупности, т. е. быть представительной (репрезентативной).

Выборку характеризуют, отбирая **пробы** [*sampling unit*], представляющие собой первичные учетные единицы; сумма проб и образует выборку. Размер проб зависит от используемого орудия лова (в широком значении этого термина). Пробы должны быть дискретны и не должны перекрываться. Вопрос о необходимой величине пробы — один из важнейших для обеспечения статистической достоверности исследования.

Проба — не всегда материальный объект: при использовании многих методов исследования проба как таковая не отбирается, а информацию о

выборке получают, регистрируя тем или иным способом (визуальным, фотосъемкой и др.) интересующую характеристику особей в дискретных учетных единицах, соответствующих пробе.

Классифицировать виды работ и обеспечивающие их методы очень непросто хотя бы потому, что одна и та же целевая проблема может решаться с использованием разных методов или их комплекса; с другой же стороны один метод может использоваться для решения нескольких различных задач. В частности, методы, которыми исследуется биология донных промысловых видов и среда их обитания часто очень близки или даже совпадают. И дело не только в том, что любой живой организм настолько «притерт» к условиям среды, что их раздельное рассмотрение затруднительно. Крайне специфичные (конечно, с точки зрения сухопутного вида, каким является человек) условия обитания донных организмов диктует и очень специфичный набор приемов и средств получения информации. По сравнению с «сухопутной» биологией удельный вес технических трудностей приближения исследователя к объекту исследования (или приближения объекта к исследователю) здесь очень велик и информация достается очень дорого — и в прямом, и в переносном смысле. Поэтому большинство средств, разработанных для получения информации о характере дна океана и его населения, имеют комплексный, универсальный характер.

Исходя из прагматических соображений удобно выделить две группы работ. Первую составляют исследования, в которых значительные усилия направляются на отбор проб. Поскольку пробы после соответствующей фиксации могут храниться в принципе неограниченно долго и доступны для обработки любым исследователем, полевой и камеральный этапы работ могут быть разделены значительным промежутком времени. Работы второй группы выполняются преимущественно *in situ* или по крайней мере на живом материале; сюда же относятся полевые эксперименты (например, мечение). Такое деление достаточно условно: например, отбор проб может проводиться и в ходе работ второй группы, однако он носит здесь эпизодический характер, не составляя основу работ.

Методы работ целесообразно рассматривать исходя из двух критериев: средства обеспечения и направления исследований.

1. Средства обеспечения исследований

1.1. Научно-исследовательские и промысловые экспедиции

Основной способ сбора биологической информации для рыбохозяйственных целей — экспедиционные работы на специализированных исследовательских и промысловых судах. Находящиеся на судне научные работники проводят биологический анализ собранного материала, фиксируют пробы, регистрируют результаты наблюдений и др. Для

некоторых видов работ используют технические средства, требующие специальных профессиональных знаний и навыков.

Достоинство экспедиционных работ состоит в возможности охватить исследованиями большой регион, хорошие условия для работы персонала, возможность участия в работе специалистов разного профиля и проведения комплексных исследований. В промысловых рейсах условия для научной работы хуже, но их преимущество — очень большое количество обрабатываемого материала и возможность получения информации непосредственно о промысловых уловах.

1.2. Подводные средства

Это очень разнородная группа методов и обеспечивающих их технических средств, объединенных общей особенностью — они позволяют осуществлять прямое наблюдение, т.е. оперируют зрительной информацией. Выделение технических средств подводного наблюдения в особую группу на основе характера получаемой информации не является произвольным, поскольку отражает специфичность и важность зрительного канала передачи информации (Аронов, 1986).

Как уже отмечалось, группа подводных технических средств очень разнообразна. К ней относится водолазное снаряжение, подводные аппараты — обитаемые и необитаемые, подводные телевизионные установки, различные типы подводных фотографических устройств, подводные лаборатории, наблюдательные камеры и др. (рис 2.1).

1.2.1. Водолазные методы

Использование водолазной техники в научных целях имеет длительную историю. Уже первые водолазы приносили определенную информацию о водных обитателях, правда, часто не достоверную и даже фантастическую. Первым профессиональным биологом, совершившим водолазное погружение, был зоолог из Сорбонны А.Мильн-Эдвардс (1844 г.). Он и следовавшие его примеру ученые применяли единственный существующий тогда вид снаряжения — вентилируемое с подачей воздуха по шлангу с поверхности [англ. hard-hat]. В 30-е годы исследователи начали применять автономное снаряжение — кислородные аппараты.

Однако и шланговое снаряжение и, тем более, кислородные аппараты требовали профессиональной подготовки и не были пригодны для использования любителями. Только появление в 1943 г. акваланга [англ. аббревиатура SCUBA — self contained underwater breathing apparatus] изменило ситуацию. Простота, надежность и безопасность акваланга сделали его незаменимым для работ в верхней сублиторали. (За рубежом для обозначения прибрежного мелководья до глубины около 50 м получил широкое распространение термин «зона SCUBA».)

В нашей стране впервые водолазное снаряжение для исследовательских целей было применено Е.Рутенбергом (1930) и А.И.Савиловым

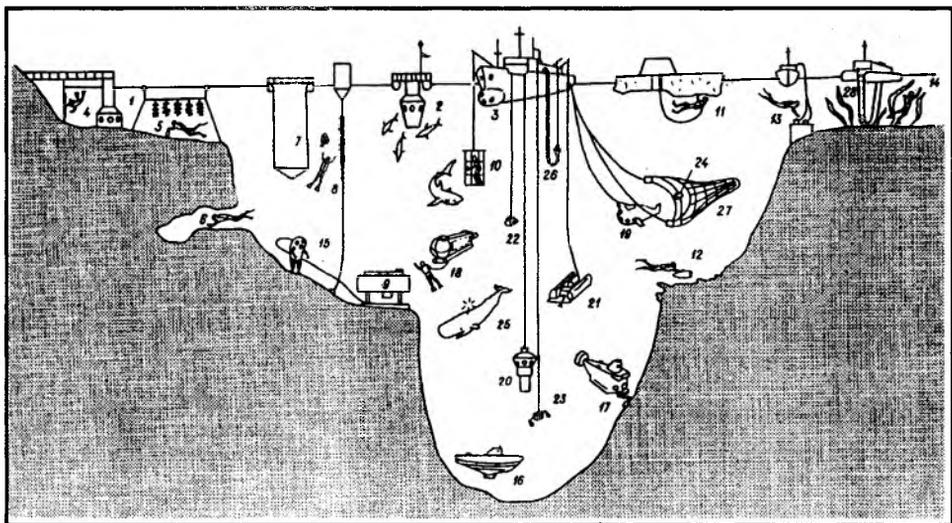


Рис. 2.1. Основные методы подводных исследований (ориг.)

1 — стационарная, 2 и 3 — подвижные подводные наблюдательные камеры с выходом на поверхность; 4, 8 — наблюдение за обрастанием гидротехнических сооружений; 5 — осмотр подводных плантаций; 6 — осмотр пещер; 7, 10 — наблюдения за плавающими организмами; 9 — подводная лаборатория; 11 — работы подо льдом; 12 — работа с подводным буксировщиком; 13 — отбор проб грунта; 14 — работа в зарослях водорослей; 15 — жесткий подводный скафандр; 16 — батискаф; 17 — отбор проб подводным обитаемым аппаратом (ПОА); 18 — ПОА с водолазным отсеком; 19 — буксируемый ПОА; 20 — привязной ПОА (гидростат); 21-24 — подводные фото-, кино- и телеустановки; 25 — телеметрическое устройство, закрепленное на животном; 26-28 — орудия лова

(1939). Широкое использование акваланга начато экспедициями Зоологического института (Скарлато и др., 1964).

Сейчас акваланг прочно вошел в арсенал научного снаряжения морского биолога; водолазную технику используют для выполнения самостоятельных исследований и в сочетании с другими методами. Использование водолазных методов при количественном учете донных организмов рассмотрено в разделе 2.3.5.3.1, при промысле — в главе 4 (раздел 2.3).

1.2.2. Подводная фотография, кино- и видеосъемка, телевидение

Подводная фотография занимает особое место в ряду средств исследования жизни в море. Она нашла широкое применение в работах самого разного плана, в некоторых случаях выполняя вспомогательные функции, тогда как в других — основные. Фотография явилась базой для таких современных средств наблюдения, как телевизионные и видео-; они в значительной мере обязаны подводной фотографии своими успехами и, несмотря на различия технического характера, их использование не имеет принципиальных отличий от использования фотоаппаратуры. (Поэтому многое из того, что сказано ниже о фотометодах, можно отнести и к кино-, теле- и видеометодам.)

Очень широко используются в практике подводных исследований морского бентоса дистанционно управляемые и автоматические фотокамеры. Они могут опускаться на подвеске, размещаться на буксируемых по дну «санях» (рис. 2.2), на устройствах для отбора проб грунта, на стационарных и подвижных орудиях лова, стационарно устанавливаться на грунте (Holme, 1971; Джус, 1972; Rhoads, 1974; Заферман, 1974; Holme, Burrett, 1977; Patil et al., 1977; Юкша, 1979; Gulliksen, 1980; Pearson, 1981, и мн. др.).

Съемка дна может проводиться вертикально или наклонно к поверхности, т.е. перспективно, под углом 30-35° к вертикали. Плановую (вертикальную) съемку применяют в основном при стереоскопическом фотографировании поверхности дна, так как одиночные плановые фотографии дна невыразительны и трудно дешифрируются (Зенкевич, 1979). Однако при количественном учете хорошо различимых на поверхности дна крупных объектов плановая моноскопическая съемка дает хорошие результаты. При плановой съемке в поле зрения фотокамеры обычно помещают груз-разведчик, соприкосновение которого с дном вызывает срабатывание фотокамеры.

Обладая целым рядом очевидных достоинств, особенно проявляющихся при увеличении глубины работ, автоматическая фотосъемка лишена основного преимущества ручной — прицельности. Поэтому на мелководье наибольшее распространение получили ручные камеры, непосредственно управляемые водолазом.

Большие возможности при биологических исследованиях имеет стереоскопическая съемка, как плановая, так и перспективная. Особенно велики ее преимущества при изучении объектов с выраженным трехмерным распределением, таких как скопления рыб, но очень хорошие результаты она дает и при съемках дна (Заферман, 1970, 1972, 1975; Зенкевич, 1979; Dill et al., 1981; Kiley, Brown, 1983). При стереосъемке удастся рассмотреть на поверхности дна значительно больше деталей, чем при моноскопической фотографии. Относительно недавно появилась стереоаппаратура, доступная для использования водолазами (Кудряшев, 1979). Монофотография обладает более ограниченными возможностями по сравнению со сте-

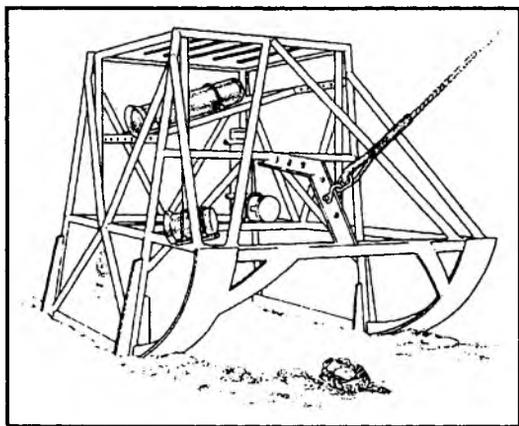


Рис. 2.2. Подводная фотоустановка на буксируемых по дну салазках (по Wigley et al., 1975)

рео-, однако простота, дешевизна, надежность и удобство работы объективными камерами обеспечили их широкое распространение.

Использование под водой цветной фотографии имеет особое значение. Передача цвета необходима для облегчения визуального выделения объекта на субстрате, видовой идентификации и решения других задач. Цветная фотография предъявляет повышенные требования к качеству искусственного освещения, но эти технические трудности в настоящее время успешно преодолеваются.

Подводную фотографию применяют как средство фиксации и хранения визуальной информации практически во всех областях морской биологии и рыбохозяйственных исследований. Вот некоторые примеры решаемых с помощью этого метода задач:

- Съемка сложных по структуре и богатых в видовом и количественном отношении сообществ организмов — населения расчлененных прибрежных биотопов, коралловых рифов, сообществ обрастания. Высокое качество современных фотоснимков позволяет проводить точную количественную оценку организмов. Фотоснимок имеет преимущество перед собранной пробой, сколь бы полной и не травмирующей организмы она ни была, поскольку позволяет выяснить пространственные отношения организмов в сообществе, поведение, пищевые взаимоотношения. Представители многих групп макробентоса — моллюсков, ракообразных, иглокожих достаточно надежно идентифицируются на фотографиях, особенно цветных. Более того, иногда виды, сходные по внешнему виду, сильно различаются по образу жизни, что позволяет идентифицировать их на снимке даже легче, чем по фиксированным образцам;

- Исследование очень кратковременных (например, нападение хищника на жертву) или, напротив, очень длительных (рост сидячих организмов) процессов. Удастся получать снимки одного и того же участка дна даже с промежутком в несколько лет, позволяющие судить о динамике изменения донных сообществ;

- Использование макросъемки, позволяющей исследовать тонкую структуру среды обитания бентоса (например, получение профильных фотоснимков верхнего слоя грунта;

- Получение информации в условиях, когда взятие массовых проб невозможно или нежелательно — морские заповедники, очень редкие виды, период нереста и пр.

Один из наиболее важных для решения рыбохозяйственных проблем аспектов применения автоматических фотокамер — установка их в зоне действия орудий лова или на самих орудиях. Такие камеры позволяют фиксировать число животных в зоне облова и в самой орудии, получать документальные характеристики объектов лова при их взаимодействии с орудием, корректировать конструкцию отдельных элементов орудия. Конкретные способы использования такой аппаратуры зависят от специфики решаемой задачи. Так, при определении коэффициента уловистости донного трала по отношению к креветке автоматическая фотокамера крепится на специальной фальшподборе, натянутой между траловыми досками (Серебров, 1986) или между сетными крыльями в устье трала.

При исследовании морского дна и его обитателей все большее применение находят видео системы. Из многих конструкций таких устройств внимания заслуживают опускаемые видео системы для плановых съемок дна DV-1 (глубина погружения 80 м) и DV-2 (300 м), и буксируемая видеоустановка TOV-1 (глубина погружения 80 м).

Важная отличительная черта подводного телевидения — его значительно более высокая по сравнению с локаторами бокового обзора разрешающая способность; в то же время по этому показателю телевидение уступает визуальным средствам и фотографии.

В состав аппаратуры стандартной подводной телевизионной станции входят передающая подводная телевизионная камера, подводные светильники, видеоконтрольное устройство, блок питания (Шимьянский, 1983). Подводный блок либо подвешивается к судну на кабель-тросе, либо буксируется за ним. В нашей стране распространение получили подводные телевизионные установки АПТ-2П и ПТУ, буксируемые телевизионные системы Кайман 1 и 2 (Гольдин и др., 1990).

Имеются и малогабаритные водолазные телевизионные системы, которые используются в носимом варианте или укрепляются на шлеме, такие как отечественная водолазная телекамера УФ-9. Успехи видеотехники позволили создать ряд малогабаритных подводных видеосистем со специальными или бытовыми видеокамерами в герметичных боксах, таких как подводная видеокамера Handycam производства японской фирмы Сони (рис. 2.3).

Подводные теле-, видео- и фотоустройства используют и в сочетании с другими подводными средствами, устанавливаются на орудиях лова и пр. В последние годы все большее распространение получают телевизионные устройства с видеозаписью изображения; они устанавливаются на ПОО, портативные теле- и видеокамеры применяются водолазами.

В современных дистанционно управляемых средствах подводного наблюдения нового поколения использованы новейшие достижения техники и технологии. Это, как правило, комбинированные устройства, предусматривающие возможность использования всех основных способов регистрации изображения. Такие системы, обеспечивающие управляемые опера-

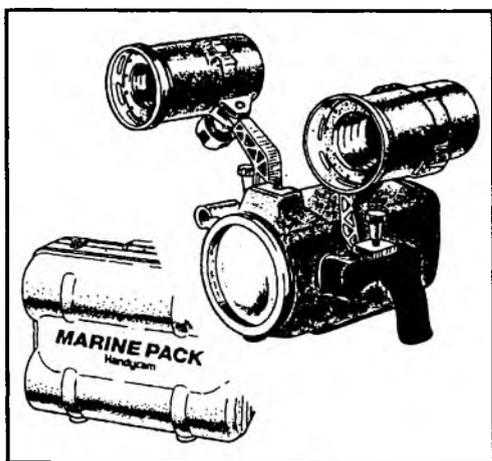


Рис. 2.3. Ручная подводная видеокамера Handycam

тором собственные перемещения, выходят за рамки собственно средств наблюдения и являются подводными аппаратами (см. ниже).

Во многих случаях предпочтительно совместное использование нескольких типов средств подводного наблюдения, позволяющее наиболее эффективно реализовать их преимущества. Например, хорошие результаты дает комбинация подводной теле- и кинокамеры. В этом случае имеется возможность повысить информативность съемки, фиксируя на кинопленке только те кадры, в которых присутствуют учитываемые организмы (разумеется, количество «пустых» кадров необходимо принимать во внимание при расчете плотности поселения).

1.2.3. Подводные аппараты

1.2.3.1. Обитаемые аппараты

Подводные обитаемые аппараты (ПОА) дают возможность непосредственно наблюдать за животными в их естественной среде обитания. Оптимальное использование различных режимов работы аппарата, оснащение и дооборудование его разнообразными техническими средствами, в первую очередь аппаратурой для фотографирования и видеозаписи, комбинирование работы ПОА с другими способами исследования дает возможность выполнять сложные специальные задачи (Сагалевиц, 1987). Важный вид биологических исследований из ПОА — проведение долговременных наблюдений за поведением животных. Такие наблюдения обычно ведутся при зависании аппарата, после посадки на грунт либо, если возможно, при следовании аппарата за объектом наблюдения.

Из иллюминатора ПОА хорошо видны донные животные размером крупнее 4-5 см, а при покладке на грунт и более мелкие. Крупные ракообразные и иглокожие могут быть визуально определены до рода, иногда, если наблюдатель достаточно опытен и знаком с фауной района погружения — до вида.

1.2.3.2. Необитаемые аппараты

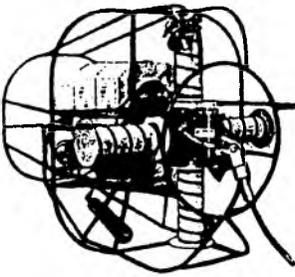
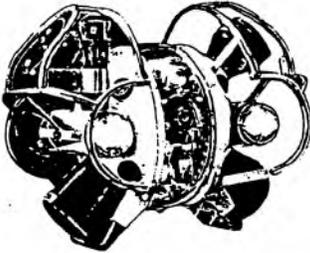
Подводные телеуправляемые аппараты [англ. аббревиатура ROV — remote operated vehicle] относятся к наиболее перспективным техническим средствам обеспечения работы человека под водой. Они отличаются высокой эффективностью, сравнительно низкой стоимостью и высоким уровнем безопасности (поскольку оператор управляет аппаратом с обеспечивающего судна). Существует множество моделей таких аппаратов, включая подводных роботов, способных выполнять сложнейшие специальные подводные операции. При изучении промысловых организмов используют относительно простые аппараты, предназначенные только для выполнения подводных наблюдений.

В состав комплекса входит подводный блок (собственно аппарат), представляющий собой несущую конструкцию с установленной на ней аппаратурой и устройствами, обеспечивающим перемещение; кабель, связывающий

аппарат с судном; видеоконтрольное и управляющее устройства (обычно компьютер и «джойстик», обеспечивающий перемещения в трех плоскостях).

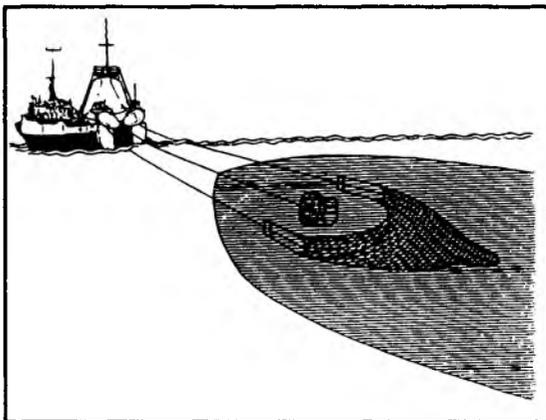
Такие аппараты работают в подвешенном или буксируемом режимах. Они обеспечивают выполнение широкого спектра работ, позволяя вести наблюдение за морскими организмами и орудиями лова. Наиболее известными телеуправляемыми аппаратами этого класса являются Ocean Rover и Hyball (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Техническая характеристика телеуправляемых аппаратов

	Ocean Rover МК-3	Hyball
Характеристика		
Габариты, мм	2000 × 1400 × 1425	535 × 650 × 565
Вес, кг в воде в воздухе	65 300	4,5 41
Глубина, м	350	300
Скорость, узлы	0,5-5 (буксировка)	2,5
Светильники	1 × 250 вт	2 × 100 вт; на шасси камеры 2 × 75 вт
Оборудование основное	Цветная видеокамера Автопилот Подводный микрофон	
дополнительное	Вторая видеокамера; бесшумная Кинокамера Гидролокатор	
Основное назначение	Наблюдения за орудиями лова	Универсальный
Принципиальные технические особенности	Роторные двигатели	Угол поворота камеры 360° в вертикальной плоскости

Указанные аппараты обеспечивают поиск и наблюдение за промысловыми организмами, фиксацию результатов наблюдений и другие операции. Ocean Rover, в отличие от других конструкций, представляет собой буксируемый аппарат, который специально приспособлен для наблюдений за работой подводных орудий лова (рис. 2.4).

Рис. 2.4. Схема зоны возможного обзора движущегося трала буксируемым телеуправляемым аппаратом Ocean Rover



В практике рыбохозяйственных исследований используются и другие типы подводных аппаратов, такие как MiniROVER МК-1, SeaOtter, Hydrobot 1000, Seaclops 500, Orpheus и др.

1.2.3.3. Другие подводные методы

Подводные лаборатории (такие как «Преко́нтинент», «Силаб», «Черномор» и др.) не нашли широкого применения в практике подводных биологических исследований из-за дороговизны, сложности и низкого уровня безопасности. К числу отечественных средств, которые применялись при наблюдениях за поведением промысловых объектов в естественных условиях и при контакте со стационарными орудиями лова, относится надувная подводная лаборатория «Спрут» (Муравьев, Ярвик, 1983).

1.3. Прочие технические средства

Аэрокосмические и гидроакустические средства в рыбохозяйственных исследованиях донных гидробионтов используются только с целью определения пространственного распределения и величины запаса, поэтому они рассматриваются в разделе 2.3.

2. Направления исследований

2.1. Регистрация основных биологических характеристик собранных организмов (биологический анализ)

Один из наиболее широко распространенных видов рыбохозяйственных исследований — биологический анализ. Он выполняется непосредственно на судне участвующими в экспедиции научными сотрудниками после разборки улова, собранного промысловыми или специальными исследовательскими орудиями. В общем случае выполняют промеры,

взвешивание, определение пола и физиологического состояния организмов, отбирают и фиксируют для дальнейшего анализа целых животных или их органы и ткани.

Состав и структура регистрируемой информации зависит от целей исследовательской работы и вида организма. Для обеспечения сопоставимости результатов биоанализа все процедуры проводят по стандартной методике, оговариваемой в специальных инструкциях. Объем анализируемого материала зависит от видовой принадлежности организмов и целей работы. Общим требованием является максимальная репрезентативность (представительность) собираемого материала, т.е. анализируемые особи должны отражать состояние популяции в районе отбора проб.

2.1.1. Видовая принадлежность

Поскольку список основных промысловых видов относительно невелик и в него входят только хорошо известные массовые организмы, определение их систематической принадлежности обычно не представляет затруднений. Тем не менее нередки случаи, когда из-за неправильного определения обесценивается научная информация или наносится коммерческий ущерб добывающим или/и перерабатывающим организациям.

Видовая принадлежность организма устанавливается по диагностическим признакам, которые представляют собой наиболее яркие, бросающиеся в глаза или вообще легко определяемые его особенности. Непосредственно определение проводят по определительным ключам, которые могут быть двух типов: дихотомические и политомические. Примеры определительных ключей приводятся ниже.

А. Политомический ключ

Определительная таблица видов рода *Nalotia* (фрагмент)

Признак	Вид		
	<i>N. rufescens</i>	<i>N. corrugata</i>	<i>N. fulgens</i>
Число отверстий на раковине	3-4	2-4	5-7
Форма отверстий на раковине	Овальные	Круглые	Круглые
Окраска раковины	Темно-красная	Темно-зеленая	Оливко-зеленая
Скульптура раковины	Грубо волнистая	Неправильно морщинистая	Правильные спиральные ребра
Край раковины	С красным ободком	Пятнистый, грубый	Коричневый, грубый

Признак	Вид		
	<i>H. rufescens</i>	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>
Окраска тела	Черная	Черная	Оливково-зеленая

Б. Дихотомический ключ

Определительная таблица видов рода *Paralithodes*

- 1 (2). На кардиальной области карапакса три пары шипов. Верхняя сторона рострума несет непарный крупный шип. Скафоцерит в виде простого острого шипа *P. camtschatica*
- 2 (1). На кардиальной области карапакса две пары шипов. Рострум более короткий и без крупного непарного шипа на верхней стороне. Скафоцерит ветвистый.
- 3 (4). Скафоцерит в виде двуветвистого шипа. Кончик рострума острый *P. platypus*
- 4 (3). Скафоцерит в виде четырехветвистого шипа. Кончик рострума тупой, часто булавовидно вздутый *P. brevipes*

Для определения промысловых организмов обычно имеются упрощенные таблицы, доступные для использования неспециалистами; в них включены только виды, которые могут встретиться в данном регионе. Обычно в качестве диагностических признаков используются морфологические особенности (строение тела), меньшее значение имеют размер и окраска, еще реже анализируются другие особенности. Основные морфологические диагностические признаки важнейших групп промысловых организмов следующие:

Ракообразные

Креветки: форма тела; строение и относительные размеры рострума; строение ходильных ног; строение спинной поверхности брюшка.

Лангусты: форма и строение поверхности карапакса; строение антенн и антеннул; строение ходильных ног.

Омары: те же признаки плюс наличие глаз и степень их пигментирования; форма чешуйки антенны (скафоцерита).

Галатеиды: строение глазного стебелька; степень пигментирования глаз; форма рострума; строение поверхности карапакса.

Настоящие крабы: форма, относительные размеры, строение поверхности и вооружение лобной части карапакса; форма рострума, скафоцерита.

Крабиды: те же признаки плюс строение щитков абдомена.

Моллюски

Брюхоногие

Халиотисы: общая форма раковины; число и степень приподнятости отверстий раковины; скульптура поверхности раковины; строение края раковины; окраска раковины и тела.

Моллюски с витой раковиной: число оборотов, скульптура поверхности, форма устья раковины, сифонального выроста, крышечки (если имеется).

Двустворчатые: общая форма и скульптура поверхности раковины; строение периостракума (если имеется); строение замка; окраска внутренней поверхности раковины.

Головоногие: общая форма тела; строение плавников (если имеются); наличие щупалец; расположение и строение присосок; строение внутренней раковины; рельеф кожи; строение глаз.

2.1.2. Количественные показатели улова

По возможности регистрируются уловы всех промысловых операций используемых на данном промысле орудий. Большинство видов промысловых беспозвоночных имеют довольно крупные размеры и их учитывают в штуках; число организмов мелких видов (креветки) и молоди крупных определяют пересчетом по результатам взвешивания. При промысле водорослей в зависимости от величины улова и добываемого объекта используют подсчет, взвешивание или улов выражают в единицах объема.

2.1.3. Морфометрические показатели

Для большинства промысловых объектов основной вид морфометрического анализа — измерение; взвешивание используют как дополнительный метод. При обработке мелких животных (креветки) взвешивание является основным источником получения информации о размерах; его также используют для видов с очень изменчивой формой тела (например, голотурии).

При небольшом количестве организмов в улове последний анализируют полностью; если это невозможно, берется выборка. Например, для креветок рекомендуется анализировать не менее 100 экз.; при больших уловах проводят массовый промер (300-500 экз.). При наличии в улове большого количества молоди фиксируют 100-200 экз. для камеральной обработки. Крабов при массовых уловах берут от 100 (при однородном улове) до 500 (при наличии нескольких размерных групп) экземпляров (Руководство..., 1979).

Измерения проводят линейкой или штангенциркулем. В последние годы для этой цели все чаще используют индикационные штангенциркули с записью показаний на ленту.

Для разных групп промысловых беспозвоночных выработана собственная система измерений:

Ракообразные

Креветки, омары, лангусты, галатеиды: общая длина — от конца рострума до конца тельсона; промысловая длина — от заднего края глазничной впадины до конца тельсона; длина карапакса — от заднего края глазничной впадины до заднего края карапакса.

Крабы, крабиды: длина и ширина карапакса; длина и ширина меруса (самого длинного членика) третьей пары ходильных ног; длина, высота и ширина правой клешни у самцов.

Моллюски

Брюхоногие

Халиотисы: длина, ширина и высота раковины.

Моллюски с витой раковиной: высота и максимальный диаметр раковины; высота последнего оборота; высота и ширина устья; длина сифонального выроста; ширина сифонального канала.

Двустворчатые: длина, ширина и высота раковины (определяются как стороны прямоугольника, в которые вписан контур раковины).

Головоногие

Все головоногие: общая длина — расстояние от заднего конца тела до конца самой длинной руки или вытянутых щупалец.

Кальмары, каракатицы со свободным передним краем мантии: длина мантии по спинной стороне от конца хвостового плавника до конца спинного выступа.

Каракатицы, у которых голова срастается с мантией: расстояние от заднего конца тела до середины затылочной ленты.

Осьминоги: расстояние от заднего конца тела до линии, соединяющей центры глаз.

Иглокожие

Морские ежи: максимальный диаметр скорлупы.

Голотурии: общая длина и поперечник тела в сокращенном состоянии (данные измерений очень мало показательны, предпочтительнее взвешивание).

Водоросли

Крупные ламинариевые: общая длина; длина и ширина пластины.

Фукусовые: общая длина; длина и толщина боковых ветвей; количество их порядков.

Мелкие водоросли взвешивают.

Морские травы: длина листьев; масса листьев и корневища (раздельно).

Взвешивание большинства организмов производят индивидуально. У мелких животных (многие креветки) взвешивают определенное число особей и пересчетом определяют среднюю массу.

Точность измерений и взвешивания и, соответственно, используемые для этого инструменты определяются преимущественно размерами анализируемых животных (требуемая точность тем ниже, чем выше размеры и масса).

2.1.4. Пол

Большинство промысловых беспозвоночных раздельнополы, в некоторых группах (креветки) наблюдается смена пола. Донных беспозвоночных, пол у которых по внешним признакам неразличим, относительно немного (например, некоторые брюхоногие и все двустворчатые моллюски); у большинства же видов половой диморфизм в большей или меньшей степени выражен.

Ракообразные. Пол определяется без затруднений при внешнем осмотре.

Креветки. В связи со сменой пола кроме самцов и самок выделяют переходные особи. Морфологически особи разного пола различаются строением внутренней ветви (эндоподита) первой пары брюшных ножек: у самцов он имеет вид вилки, у переходных особей один из отростков частично редуцирован, у самок эндоподит одноветвистый. Стернальные шипы, располагающиеся по средней линии брюшных щитков, у самок и ранних переходных особей высокие и острые, а позже редуцируются до тупых выступов.

Крабиды. У самцов брюшко узкое, щитки его расположены симметрично; у самок брюшко широкое и щитки на левой стороне значительно крупнее.

Настоящие крабы. У самцов передние брюшные ножки полностью или частично преобразованы в органы для переноса сперматофоров.

Брюхоногие моллюски. У важных в промысловом отношении букцинид самцы внешне отличимы от самок по наличию крупного совокупительного органа.

Двустворчатые моллюски. Пол определяют по окраске гонад, в затруднительных случаях — просмотром под микроскопом мазков гонад. Вне сезона нереста точное определение возможно только с использованием гистологических методов.

Головоногие моллюски. Самцы отличаются особым устройством одной или нескольких рук, которые выполняют функцию копулятивного органа и служат для переноса сперматофоров в мантийную полость самки (рис. 2.5). В типичном случае гектокотилизированная рука расширяется и теряет на конце присоски.

Иглокожие. При внешнем осмотре пол в принципе определим: у морских ежей — по строению генитальных пластинок, у голотурий — по строению генитальных папилл, однако использование этих признаков практически доступно только специалистам.

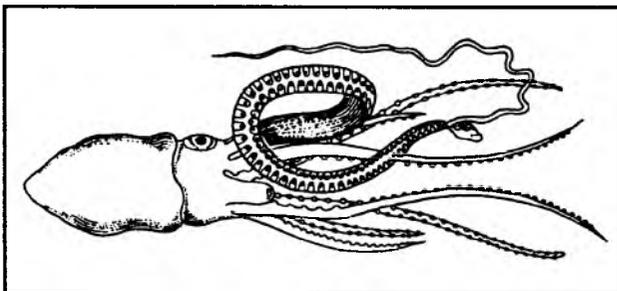


Рис. 2.5. Самец осьминога *Ocythoe catenulata* с гектокотилизированной рукой (по: Догель, 1981)

Во всех случаях, когда внешний половой диморфизм слабо или вообще не выражен, пол определяют после вскрытия по внешнему виду гонад. Эта процедура очень проста в нерестовый период, но в остальное время года ее использование затруднено или невозможно.

У морских макрофитов определение пола (и других характеристик, связанных с размножением) в подавляющем большинстве случаев может выполнить только специалист.

2.1.5. Плодовитость и состояние репродуктивной системы

Плодовитость характеризуют количеством половых клеток у одной особи (обычно только у самок). У большинства видов подсчет ведут в гонадах, у ракообразных подсчитывают наружную икру.

О состоянии (степени зрелости) половых продуктов в некоторых группах беспозвоночных с определенной точностью можно судить по внешним признакам гонад — окраске, консистенции, относительной массе. Для облегчения определения стадии зрелости в полевых условиях разработаны специальные шкалы. У ракообразных, имеющих наружную икру, процедура определения стадии зрелости по внешним признакам упрощается. Так, для крабов выработано следующее подразделение стадий зрелости по внешним признакам:

1 стадия. Брюшко самки плоское. На брюшных ножках отсутствует икра.

2 стадия. Брюшко самки выпуклое. На брюшных ножках прикреплена икра оранжевого (крабы-стригуны, равношипый, волосатый) или фиолетового (крабы камчатский, синий, колючий) цвета. Панцирь чистый.

3 стадия. Икра на брюшных ножках самки темно-оранжевого или бурого цвета. Через оболочки икринок просматриваются черные глаза развивающихся эмбрионов (стадия «глазка»). Панцирь обычно покрыт обрастанием.

4 стадия. На брюшных ножках самки заметны пустые оболочки от икринок, из которых вышли личинки. Панцирь темный.

В США (Аляска) используется иная система характеристики степени зрелости крабов (Manual..., 1993). Оцениваются (в баллах) три основных показателя состояния яиц: окраска, состояние и величина кладки. Подразделяют следующие типы зрелости самок:

Незрелые. Крабы-стригуны — брюшко плоское; щетинки на плеоподах чистые. Королевские крабы — щетинки на плеоподах золотистые, чистые.

Зрелые самки без яиц. Крабы-стригуны — брюшко выпуклое, с чистыми плеоподами и щетинками. Королевские крабы — с 1993 г. эта стадия не выделяется.

Крабы с различным количеством и окраской яиц, не имеющих глазка.
Крабы с различным количеством и окраской яиц с глазком.

Крабы с различным количеством и окраской мертвых яиц. Яйца темные. (Этот тип встречается редко).

Зрелые самки с пустыми яйцевыми капсулами. Обычно на щетинках плеопод имеются нитчатые структуры, чаще темные.

Широко распространен для характеристики репродуктивного состояния животных метод определения относительной массы (или других количественных параметров) половых желез — гонадного индекса. Существует много вариантов определения этого показателя: отношение массы гонад к общей массе тела, к массе тела без гонад, объема гонад к массе тела и др. Достоинство метода в его простоте и оперативности, что позволяет обработать за короткое время большую выборку.

Использование шкал зрелости половых продуктов по внешним признакам и определение гонадного индекса не вызывает затруднений и как экспресс-метод эти способы могут использоваться. Однако они дают удовлетворительные результаты далеко не для всех видов и не на всех стадиях гонадного цикла, а в некоторых случаях приводят к грубым ошибкам. Достоверную информацию можно получить только на основании микроскопического исследования. Поэтому в экспедиционных условиях необходимо отбирать образцы гонад для последующей камеральной обработки.

2.1.6. Возраст

Исследования, связанные с информацией о возрасте организмов, делятся на две методически принципиально различающиеся группы — определение индивидуального возраста и анализ возрастной структуры популяции.

Индивидуальный возраст. В принципе для определения возраста могут использоваться любые характеристики организма — морфологические, физиологические, поведенческие и др., поскольку все они направленно изменяются в ходе индивидуальной жизни организма, однако на практике для этих целей используют только достаточно узкий набор морфологических характеристик.

Определение индивидуального возраста основано на сезонной периодичности роста животных, которая фиксируется в так называемых регистрирующих структурах — образованиях, сохраняющих возрастные изменения в течение жизни особи. У промысловых беспозвоночных наиболее удобные для определения возраста структуры имеют раковинные моллюски. Возраст некоторых видов легко определяется подсчетом годовых колец нарастания на раковине, в других случаях возраст определяют на препаратах — подшлифованных спилах раковины. Регистрирующие структуры имеются и в некоторых других группах — гладиус (рудиментарная раковина) кальмаров, апикальные пластинки панцирей морских ежей, и др.).

В большинстве же групп беспозвоночных регистрирующих структур либо нет, либо они неудобны для использования, и о возрасте организма приходится судить по косвенным показателям, чаще всего по размеру.

Для большинства видов установлены соотношения размеров организма с его возрастом, определенным или прямым наблюдением в течение нескольких лет за ростом меченных или имеющих индивидуальные отличия особей в аквариуме или на грунте, или по результатам размерно-частотного анализа (см. ниже). В этом случае точное определение индивидуального возраста невозможно, и возраст определяется только с большей или меньшей вероятностью.

Возрастная структура. Для выполнения целого ряда важных в рыбохозяйственном плане исследований, в частности, продукционных, необходима информация не об индивидуальном возрасте, а о соотношении в популяции числа особей разного возраста, т.е. о возрастной структуре популяции. Для получения такой информации необходимо выполнить промеры или взвешивание как можно большего числа особей, собранных в одном месте и в одно время. Анализ размерно-частотной структуры в случае хорошей выраженности на гистограмме возрастных когорт проводится визуально; при их плохой выраженности используется метод «вероятностной бумаги» (Максимович, Погребов, 1986) или специальные компьютерные программы. Метод применим только для организмов с однократным и относительно непродолжительным нерестом.

2.1.7. Состав пищи

О составе пищи судят по результатам количественного и качественного анализа содержимого пищеварительного тракта (желудка, если он имеется, или кишечника). Это весьма кропотливая и трудоемкая работа, выполнение которой в экспедиционных условиях затруднительно, и обычно ее проводят в стационаре. На судне отпрепаровывают пищеварительный тракт у определенного количества животных, взвешиванием определяют общую его массу или/и массу пищевого комка. Затем пищевые комки от стандартной выборки особей фиксируют для дальнейшей обработки.

Результаты исследований питания могут зависеть от метода, используемого в работе. Так, при изучении хищничества трески на крабе-стригуне *Chionoecetes opilio* (Robichaud et al., 1991), было установлено, что результаты анализа содержимого желудка трески существенно варьировали в зависимости от того, выполнялся ли учет по массе остатков крабов или по их количеству.

2.1.8. Специальные виды биологического анализа

Помимо перечисленных стандартных видов анализа для некоторых групп промыслового бентоса в анализ включаются специфические для этой группы процедуры. Так, применительно к ракообразным одна из наиболее важных в промысловом отношении задач — определение стадии линьки.

Поскольку линочное состояние — показатель, очень важный для оперативного регулирования и контроля за промыслом, классификация линочных категорий включается в нормативные инструкции. В нашей стране принята следующая классификация:

Креветки — две стадии:

- а) панцирь мягкий;
- б) панцирь твердый (нормальный).

Крабы и крабоиды — четыре стадии:

1 стадия (ранняя послелиночная). Самцы полиняли несколько дней назад, панцирь чистый, мягкий, при нажатии на членики конечностей они легко без хруста сжимаются;

2 стадия (поздняя послелиночная). Панцирь чистый, прочнее и несколько темнее, чем у животных на предыдущей стадии, при сжатии члеников панцирь ломается с хрустом;

3 стадия (нормальная). Панцирь достиг максимальной прочности, на его поверхности могут отмечаться организмы-обрастатели, нижняя сторона тела заметно исчерчена и местами почернела, когти на ходильных ногах притуплены, большой членик ног выдерживает вес тела животного при подъеме его за членик на изгиб;

4 стадия (предлиночная). Поверхность панциря покрыта обрастателями, нижняя сторона исчерчена, панцирь довольно эластичен. У животных, не линявших более года (старых или больных) обрастание очень интенсивное, панцирь часто поврежден.

В США (Аляска) используют несколько иную шкалу линочного состояния крабов (Manual..., 1993)

0 — предлиночные и линяющие крабы. Мембраны между сегментами ног розового цвета, имеют тенденцию к вздутию.

1 — панцирь мягкий и гибкий.

2 — панцирь твердый, чистый, верхняя сторона имеет окраску от кирпично-красной до желто-коричневой (иногда встречается зеленоватая окраска).

3 — панцирь твердый, окраска спинной стороны обычно желтовато-коричневая, брюшной — желтая с многочисленными царапинами, иглы панциря острые и блестящие, обрастание иногда присутствует.

4 — панцирь твердый, окраска спинной стороны от желтовато-коричневой до темно коричневой, брюшной желтая с многочисленными царапинами и темными пятнами, иглы с закругленными концами, обрастание почти всегда присутствует (крупные баланусы и мшанки).

5 — характерные черты предыдущей стадии развиваются, крупные обрастатели почти полностью покрывают поверхность тела.

Важная проблема регулирования запаса промысловых организмов — выяснения его популяционной структуры. Внутрипопуляционные группировки выделяют, используя методы генетики или другие приемы, например, анализ состава паразитов. Для промысловых беспозвоночных и тем более водорослей эти методы только начинают использоваться.

2.1.9. Представление результатов биологического анализа

Данные, полученные исследователем, заносят в рабочий журнал или на специальные бланки для последующей обработки. Поскольку работа выполняется часто в непригодных для этого условиях, обычно на палубе судна, ее удобнее проводить вдвоем или/и использовать средства «малой механизации», в частности, диктофоны.

Полученные в море результаты обрабатывают обычно после завершения экспедиционного сезона. Такая двухступенчатая организация работ является традиционной и до недавнего времени единственной. Однако в последние годы появились средства, облегчающие и ускоряющие обработку результатов биологического анализа.

Значительный интерес представляет разработанная Б.Г.Ивановым и Д.А.Столяренко (1990) компьютерная программа PANDALUS, ориентированная на исследования креветок и дающая возможность сохранить и обработать следующие биологические данные: промысловая длина, длина

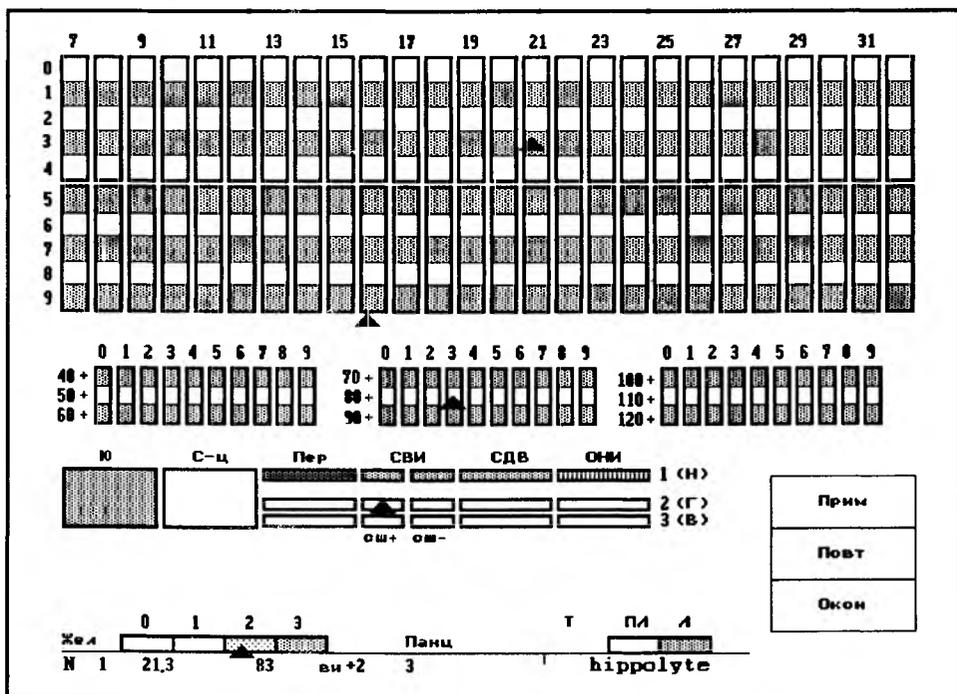


Рис. 2.6. Меню на экране дисплея компьютера при вводе данных биологического анализа по программе PANDALUS (по: Иванов, Столяренко, 1990)

Шкалы сверху вниз: длина карапакса; промысловая длина; характеристика пола, указания на наличие наружной или внутренней икры, степени ее развития, наличие или отсутствия стернальных шипов. Положения курсора на рисунке соответствуют особи со следующими параметрами: длина карапакса 21,3 мм, промысловая длина 83 мм, самка со стернальными шипами, с умеренно развитой внутренней икрой, наполнение желудка 2 балла, панцирь твердый

карапакса, половой состав, стадия развития икры, наполнение желудка, личинная стадия. Данные вводятся с помощью курсора, перемещающегося манипулятором «мышь» по экрану дисплея с графическим меню в виде цифровой шкалы (рис 2.6).

Программа позволяет вводить данные непосредственно в память компьютера без заполнения промежуточных журналов и предварительно обрабатывать результаты еще до окончания экспедиции. На аналогичных принципах построена программа тех же авторов OPILIO, ориентированная на промыслово-биологический анализ крабов.

2.2. Изучение биологических особенностей

2.2.1. Образ жизни и поведение

Поведение (в широком смысле) — тот механизм, с помощью которого реализуются все биологические характеристики животных — питание, размножение, перемещение и др. Поведение донных организмов в естественной среде и их реакция на орудия лова является важнейшим фактором, часто определяющим успех промысловых операций.

Общие закономерности поведения массовых организмов обычно достаточно хорошо известны. Однако информация эта для промысловой практики часто недостаточна, и какая-то специфическая поведенческая реакция организма может в одних случаях обеспечить высокую эффективность орудий лова, в других — резко ее снизить. Это особенно важно при облове активных подвижных животных — ракообразных, брюхоногих и головоногих моллюсков и некоторых других.

Положение облегчается тем, что промысловому необходимо иметь информацию не о всем поведенческом репертуаре данного вида, а только о тех особенностях поведения, которые значимы для обеспечения эффективности промысловых операций. Поскольку именно такая информация и выявляется в ходе промысла, к настоящему времени накоплен очень большой объем данных по поведению отдельных видов.

Однако такого рода сведения очень тесно связаны с конструкцией орудий лова и способом их применения, поэтому при появлении модифицированных или принципиально новых орудий лова они часто оказываются недостаточными. С другой стороны, в ходе научных исследований могут быть выявлены ранее не известные поведенческие особенности, использование которых позволяет повысить эффективность промысла.

Поведение донных организмов обычно изучают в условиях лаборатории с использованием традиционного в морской биологии комплекса приемов, но наиболее информативные и практически значимые данные можно получить только *in situ* с помощью подводных методов (см. ниже). Наблюдение за поведением животных представляет собой важнейший и очень результативный аспект использования таких методов, но методически этот вид подводной деятельности не имеет какой-либо выраженной специфики.

2.2.2. Межвидовые отношения, враги и болезни

Исследования межорганизменных отношений в промысловой биологии не получили широкого развития, что совершенно не соответствует их научной и практической важности. Это объясняется преимущественно тем, что подобные работы методически «не вписываются» в комплекс традиционно выполняемых на научно-исследовательских и тем более промысловых судах рыбохозяйственных экспедиционных исследований.

Тем не менее и при такой организации собираются данные, содержащие прямую или косвенную информацию о межорганизменных контактах. К косвенным данным относится совместная встречаемость в уловах вместе с промысловыми организмами хищных животных и конкурентов, снижение численности промысловых организмов при одновременном повышении численности конкурирующих и хищных видов и др.

Прямую информацию дает нахождение промысловых организмов и их фрагментов в желудках хищников; вызванные хищниками травмы на теле (оторванные конечности у ракообразных, откушенные сифоны у двустворок и др.); нахождение на теле промысловых организмов внутренних и наружных паразитов, организмов-обрастателей; свидетельства болезненного состояния и вызванных заболеваниями повреждений организма.

Регистрация состояния организма, в частности, фиксация данных о серьезных травмах, предусмотрена большинством инструкций по биологическому анализу. Во всех неясных случаях необходимо сохранять поврежденный организм для определения причин травмирования.

Причины заболевания могут быть определены только в условиях специализированных лабораторий. В некоторых случаях такое исследование может быть выполнено на фиксированных (формалином, спиртом, замораживанием) особях, в других же необходимы живые или по крайней мере свежие организмы.

2.2.3. Пространственное распределение

Пространственное распределение — очень широкое понятие, включающее всю шкалу обитания живых организмов — от географических границ ареалов вида до расположения единичной особи. Основные закономерности крупномасштабного распределения рассмотрены в главе 3. Анализ крупномасштабного распределения, затрагивающего преимущественно популяции или субпопуляционные группировки, выполняется с использованием различных методов количественного учета (раздел 2.3).

Помимо анализа распределения популяций и пятен повышенной плотности организмов возникает необходимость выяснить характер распределения особей в пределах этих пятен. Выделяют три основных типа пространственного размещения организмов — случайное, регулярное (используются также термины: единообразное, равномерное, недорассеяние) и групповое (контагиозное, агрегированное, пятнистое, кучное, сверхрассеяние) (рис 2.7).

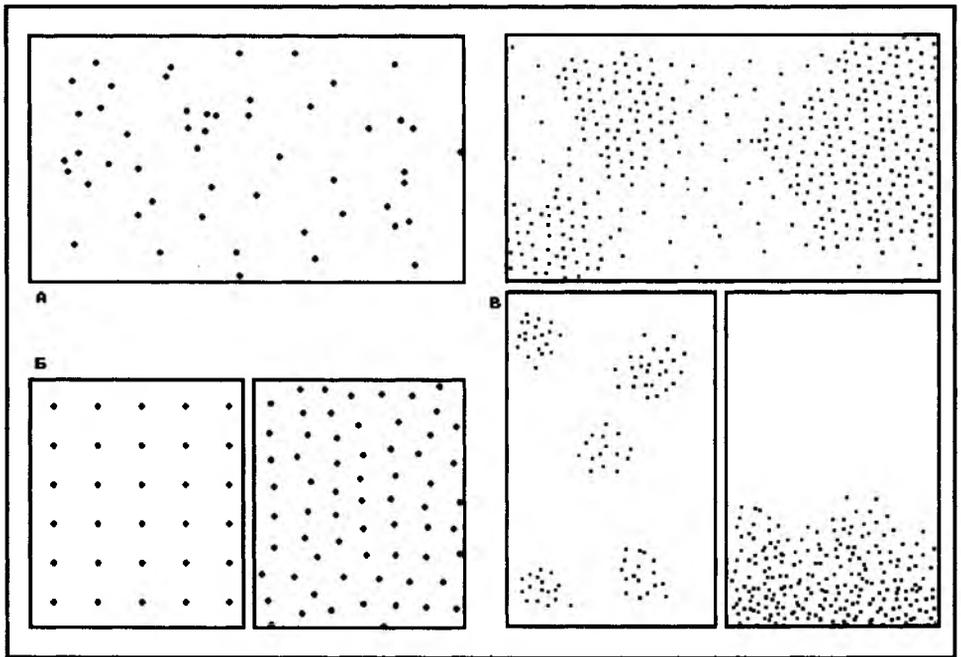


Рис. 2.7. Типы пространственного распределения организмов (по: Elliott, 1971)

А — случайное; Б — регулярное (слева — идеальная форма, справа — нормальная форма); В — контактное (внизу слева — мелкие группы; внизу справа — крупные группы со случайным распределением особей в пределах группы;верху — крупные группы с однообразным распределением особей в пределах группы)

Строгое случайное распределение встречается очень редко. Чаще наблюдается распределение, близкое к случайному: оно отмечается при низкой плотности особей или если групповое размещение не выявляется из-за слишком большого размера учетной рамки. Регулярное распределение зарегистрировано в единичных случаях у неподвижных или малоподвижных животных, собирающих пищу на поверхности грунта в пределах индивидуальной зоны питания правильной формы (закапывающиеся двустворчатые моллюски, офиуры), при высокой плотности поселения. Наиболее обычный и в то же время наиболее сложный вид распределения — групповое: имеется множество вариантов размещения как особей в пределах группы, так и самих групп.

Наиболее простой способ установления типа пространственного распределения состоит в подсчете числа особей внутри стандартной рамки, помещаемой в случайно выбранные точки исследуемого участка дна, и определение дисперсии σ^2 . При случайном распределении дисперсия равна средней арифметической ($\sigma^2 = m$), регулярном — меньше средней ($\sigma^2 < m$) и контактным — превышает среднюю ($\sigma^2 > m$). По Е.С.Пиелу (Pielou, 1969) распределение регулярное при $\frac{\sigma^2}{m} < 0,716$, случайное при

$\frac{\sigma^2}{m} = 0,716 - 1,284$ и групповое при $\frac{\sigma^2}{m} > 0,284$ ($n = 100$, уровень значимости 5%). Однако несмотря на простоту приведенных показателей, их использование не всегда дает хорошие результаты, в частности из-за зависимости от величины пробной площадки.

Регистрируемый характер пространственного распределения может зависеть от используемого метода учета, прежде всего от величины пробной площадки. Например, при исследовании распределения закапывающегося двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* анализ проб, полученных дночерпателем, показал контактиозное распределение, тогда как при использовании драги на тех же участках получено гладкое неслучайное распределение (Russell, 1972). В этом случае величина пятен повышенной плотности не велика, и драга, интегрирующая показатели плотности на своем маршруте, их «не замечает».

В качестве моделей основных типов пространственного размещения организмов используют известные математические распределения: Пуассона для случайного, положительное биномиальное для равномерного; контактиозное распределение может описываться многими математическими моделями, из которых наиболее гибким является отрицательное биномиальное распределение (Elliott, 1971).

Кроме методов оценки распределения, основанных на использовании учетных (пробных) площадок, разработан и целый ряд бесплощадочных методов — ближайшего соседа, ближайшей особи, случайных пар, квадратов, линейного пересечения, Пилу, итераций и др. (Миркин, Розенберг, 1983).

Для характеристики распределения используют различные индексы — дисперсии, гомогенности, скученности, интенсивности мозаичности и др.; часто их именуют по имени автора — Морисита, Ллойда, Смурова и мн. др. (Elliott, 1971; Романовский, 1979; Миркин, Розенберг, 1983). Некоторые из них требуют предварительного согласования фактического распределения с той или иной математической моделью, для других такого согласования не требуется. Разработаны и индексы, используемые при бесплощадочных методах учета (Миркин, Розенберг, 1983).

Применяют и геометрические приемы — например, строят «многоугольники Тиссена» (их образуют перпендикуляры, пересекающие середины линий, соединяющих данный объект с соседним) и сравнивают графики частотного распределения полученных площадей (Бигон и др., 1989; Дэвис, 1990). Этот метод особенно показателен, когда прослеживают изменение во времени распределения особей на одном участке.

Специальные приемы применяют при количественном анализе геометрической формы скоплений организмов, например, водорослевых полей. При этом могут определяться такие показатели, как длины сечений, площадь, длина периметра контура и др., позволяющие оценить индекс кругообразности, степень удлинненности, расчлененность (Викторов, 1986; Дэвис, 1990).

2.2.4. Использование мечения

Мечение не является самостоятельным видом работ, тем не менее это довольно специфичная группа методов, заслуживающая отдельного упоминания. С помощью мечения собирается информация о возрасте и продолжительности жизни промысловых организмов, их численности, миграциях, эффективности работы орудий лова и др.

При мечении беспозвоночных чаще всего применяются видимые метки, прикрепляемые к поверхности тела, конечностям и др. Конструкции таких меток весьма многообразны. Так, для мечения крабов часто используют метки Петерсона (прикрепляемый ниткой диск с нанесенным на него кодовым обозначением) и «спагетти» — разноцветные поливинилхлоридные трубочки, которые продевают в отверстие в тканях тела или наружных структурах и затем завязывают узлом. Для животных некоторых групп хорошо зарекомендовали себя Т-образные метки для маркировки одежды, вводимые с помощью специального пистолета (рис. 2.8).

Особенности строения и биологии разных групп беспозвоночных требуют применения специальных конструкций меток и приемов мечения. Так, ракообразные периодически линяют, и метки, прикрепленные или нанесенные на панцирь, неизбежно теряются. Поэтому при мечении этих животных метки необходимо прикреплять к мускулатуре таким образом, чтобы они, с одной стороны, не препятствовали линьке, а с другой — не увлекались сбрасываемым панцирем. У крабов, например, это участок тела между задним краем карапакса и передним — абдомена (см. рис. 2.8).

Моллюсков, имеющих раковину — гребешков, мидий, трубачей, халиотисов — обычно метят после извлечения из воды, нанося водоустойчивой краской номера на предварительно подготовленный (очищенный и подшлифованный) участок раковины, делая надпилы и насечки на ее краевых участках или, для крупных моллюсков, привязывая метки к рако-

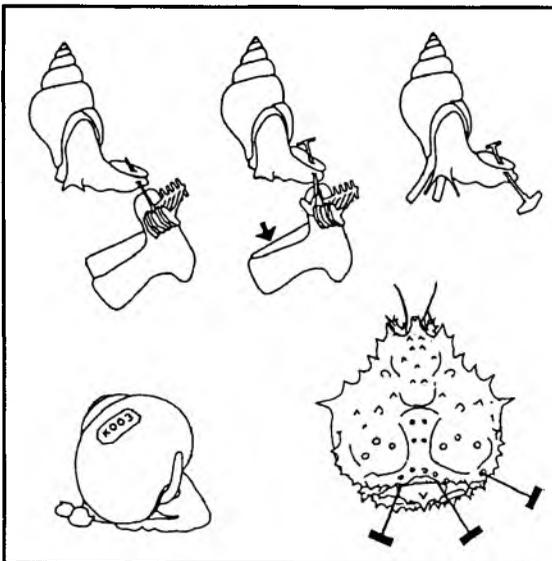


Рис. 2.8. Способы мечения донных беспозвоночных (по: Ito et al., 1980; Koji, Koike, 1982)

Т-образная метка (трубач и краб), маркировка раковины (трубач)

вине. Используются и метки, прикрепляемые к мягким тканям (см. рис. 2.8). Те же методы, но с некоторыми модификациями, могут применяться и при мечении моллюсков *in situ* водолазами.

Из головоногих моллюсков выполнялось мечение осьминогов. Удачным оказались метки «спагетти» из виниловых трубочек диаметром 1,5 мм. С помощью иглы, вставленной в конец трубочки, она продевалась через край мантии или ткань у основания рук и, после надевания на нее кодированной пластинки, завязывалась (Kanamaru, Yamashita, 1969).

Неоднократно предпринимались попытки мечения иглокожих. Наилучшие результаты при мечении животных обеих промысловых групп — морских ежей и голотурий, получены при использовании двух типов меток: нитей, продеваемых через отверстия в тканях или скорлупе, и Т-образных меток для одежды. Лучшее выживание морских ежей достигалось в том случае, если отверстия в скорлупе не прокалывали, а про-сверливали.

Внешние визуальные метки очень просты по конструкции, дешевы, легко обнаруживаются. Однако они имеют и существенные недостатки — не дают возможности идентифицировать отдельных особей, не позволяют автоматизировать обнаружение (поэтому приходится принимать во внимание «человеческий фактор» при их обнаружении и возврате), относительно легко теряются животными.

В последние годы при изучении важных промысловых беспозвоночных, в первую очередь крабов, стали использовать внутренние электронные метки (Donaldson et al., 1992; Watson, 1994), ранее нашедшие широкое применение при мечении сельскохозяйственных животных и рыб. Пассивная электронная метка [Passive Integrated Trasponder — PIT] представляет собой электронную микросхему, запаянную в стеклянную трубочку длиной 12–20 и диаметром около 2 мм. При активировании ее внешним электромагнитным источником метка испускает уникальный кодовый сигнал, который принимается, обрабатывается и хранится специальным детектором.

Метку вводят в ткани краба (например, в основание 5-й ноги) с помощью специального шприца. Обнаружение меток и считывание номера проводится портативной аппаратурой, устанавливаемой на конвейере, по которому крабы направляются на обработку. Уровень обнаружения внутренних меток — около 98%.

Как пример использования мечения для оценки биологических показателей можно привести эксперименты по определению естественной смертности халиотисов *Notohaliotis ruber* в Австралии (Beinssen, Powell, 1979). На полигоне, размеченном уложенными на грунт цепями на 25 квадратов 10 x 10 м, поместили находящихся там моллюсков; через месяц, год и два года водолазы провели регистрацию числа и расположения моллюсков. Вероятность потери метки P рассчитывали из соотношения

$$P = \alpha e^{-Xt},$$

где X — коэффициент уменьшения числа меток, обусловленный естественной смертностью моллюсков и потерей меток; t — время от мечения до

повторного отлова: $\alpha = \alpha_1 \alpha_2$, где α_1 — вероятность того, что моллюск не потерян в ходе эксперимента из-за смерти или ухода за пределы полигона, α_2 — эффективность обнаружения меченого моллюска. Коэффициент естественной смертности M определяли на основании величины X с учетом данных по индивидуальной потере меток.

Весьма своеобразно использовалось мечение при определении промысловой смертности того же вида халиотисов (Beinssen, 1979). Анализировали возврат коммерческими водолазами меток, укрепленных на банках из-под пива, имитирующих моллюсков. Тысячу таких банок, залитых для утяжеления бетоном, разместили на поверхности заселенного халиотисами рифа. Участвующие в эксперименте водолазы при каждом обнаружении банки снимали по одной метке. Предполагалось, что вероятность обнаружения водолазом на грунте экспериментальных банок и моллюсков одинакова, использование же объектов одинаковой формы, размеров и окраски позволило стандартизировать условия их обнаружения и повысить точность оценки возврата меток.

Методика мечения и повторного отлова, используемая для определения численности организмов, рассмотрена в разделе 2.3.2.

2.2.5. Изучение личинок и молоди

Личинки донных животных, как правило, кардинально отличаются по большинству показателей от взрослых особей и представляют собой, по сути, совершенно другие организмы. Несмотря на то, что личинки — это стадия развития бентических животных, их изучение проводится преимущественно методами планктонологии. Рассмотрение этих методов выходит за рамки основной темы настоящей книги, и интересующиеся ими могут обратиться к специальной литературе (Макаров, 1966; Милейковский, 1977; Личинки..., 1983; Крючкова, 1987 и мн. др.).

Определение видовой принадлежности личинок проводят по морфологическим признакам, используя специальные определительные таблицы, которые при необходимости составляются для каждой стадии личиночного развития. В качестве примера приведена определительная таблица личинок стадии мегалопа настоящих крабов, обитающих на шельфе западной Камчатки (Макаров, 1966):

- 1(4). Карапакс несет дорсальные шипы
- 2(3). Задняя часть карапакса несет два шипа . . . *Chionoecetes opilio*
- 3(2). Задняя часть карапакса несет один шип *Hyas coarctatus*
- 4(1). Карапакс не несет дорсальных шипов
- 5(6). Углы заднего края V сегмента абдомена заходят за VI сегмент *Telmessus heiragonus*
- 6(5). Углы заднего края V сегмента абдомена едва доходят до середины VI сегмента *Erimacrus isenbeckii*

Из-за огромного разнообразия личинок их морфология изучена недостаточно, и в некоторых случаях единственный способ установить видовую принадлежность выловленной в планктоне личинки — дорастить ее до стадии, на которой проявляется сходство со взрослым организмом.

Сбор молодежи, ведущей донный образ жизни, не имеет принципиальных отличий от сбора любых организмов соответствующего размера и проводится стандартными гидробиологическими методами. Наиболее предпочтительно использование водолазов, потому что они могут представить очень важную информацию об условиях обитания животных.

В последние годы предпринимаются попытки использовать для сбора молодежи некоторых промысловых беспозвоночных искусственных коллекторов. В Австралии коллекторы используют для мониторинга численности молодежи гребешков и лангустов, в США (Аляска) — крабов. Коллекторы для камчатского краба имеют длину около метра; их изготавливают из пластиковой дели с наполнителем из старых сетей (Blau, 1992).

2.3. Количественный учет

Определение количественных характеристик запаса промысловых организмов — один из важнейших научных аспектов рыбохозяйственной деятельности. Большинство обеспечивающих такие работы технических средств применяются и в других видах исследований и на промысле, но их использование при учетных работах, требующих достоверности и сравнимости получаемых данных, строго регламентировано.

Для обозначения количественных показателей популяции используют несколько терминов. Общий неопределенный термин, применяемый для обозначения числа особей на некоторой площади или безотносительно к площади — **численность** [number]. Численность может характеризовать количество организмов на определенной площади (абсолютная численность) или же выражаться в каких-то косвенных показателях, например, уловистости орудий лова определенного типа (относительная численность). Число особей на единицу площади обозначают термином **плотность** [density]. Термин **обилие** [abundance] имеет менее определенный характер; его используют как синоним обоих упомянутых понятий — и численности, и плотности.

Количество живых организмов можно характеризовать не только числовыми и весовыми показателями, но и балльными оценками. Существует несколько типов шкал такой оценки, из которых одна из наиболее обоснованных — ограниченная сверху шкала, построенная на логарифмической основе (Песенко, 1982). Для оценки проективного покрытия разработаны и используются специальные шкалы — асимметричные (неравнодистантные) и симметричные (равнодистантные) (Миркин, Розенберг, 1983).

Для практических целей плотность скоплений иногда удобно характеризовать не численной величиной плотности δ_{φ} , а безразмерным

коэффициентом $\delta = \frac{\delta_{\varphi}}{\delta_{\text{макс}}}$ (Трещев, 1983). Величина максимальной, или предельной, плотности $\delta_{\text{макс}}$ определяется исходя из геометрических соотношений или из анализа максимальных естественных плотностей скоплений.

Способы оценки обилия живых организмов делятся на две группы — оценка абсолютного и относительного обилия; в соответствии с этим различают прямые и косвенные методы количественного учета. Вне зависимости от конкретного способа работы к первичным методам сбора (регистрации) предъявляются следующие требования (Песенко, 1982):

а) мерность — количество собранных или зарегистрированных организмов должно быть пропорционально длительности сборов;

б) адекватность общим экологическим и поведенческим особенностям изучаемой группы;

в) консимилятивность (нейтральность) к индивидуальным особенностям поведения разных особей, входящих в изучаемую группу (в частности, этому требованию плохо удовлетворяют ловушки с приманкой).

2.3.1. Прямые методы

Прямые методы учета позволяют выразить величину запаса числом (запас в численном выражении) либо общей массой (запас в весовом выражении) составляющих его в данный момент времени особей. Для получения такой информации используется различные методы.

А.А.Любищев (1958) выделяет следующие альтернативные виды учета: **Абсолютный и относительный** — подсчитываются либо все интересные организмы на данной площади обследования, либо только некоторая часть населения.

Общий и специальный — в отличие от первой пары, акцентирующей внимание на количественной стороне, здесь имеется в виду качественная; при специальном ограничиваются учетом определенных групп.

Сплошной и несплошной — в первом случае обследуется вся генеральная совокупность, во втором — только ее часть. Очень часто несплошной метод называют выборочным, однако правильнее считать выборочный метод частным случаем несплошного при условии принятия достаточных мер для избежания ошибок репрезентативности.

Рандомизированный и систематизированный (систематический).

Случайный (рандомизированный) отбор предполагает независимость каждой пробы от всех остальных, и места взятия проб располагают таким образом, чтобы вероятность попадания в пробу была одинаковой для всех особей. Во многих случаях предпочтительнее не простая случайная схема, а схема стратифицированного учета, при которой пробы отбираются с различающихся по тем или иным характеристикам (типу грунта, глубине, характеру растительности и пр.) участков — страт. Предполагается, что распределение измеряемой характеристики — например, плотности, в пределах каждой страты однородно.

При систематическом отборе места взятия проб намечаются по предварительному плану. Примером такой схемы является отбор на специаль-

но организованных маршрутах (Любищев, 1958); этот метод более равномерно охватывает площадь и во многих случаях позволяет получить более точные оценки генеральной совокупности, чем случайный отбор. Преимущества обоих методов в значительной степени совмещены в схеме ограниченно рандомизированного отбора. Примером такого метода может служить случайный отбор образцов на трансектах, расположенных через равные расстояния (Песенко 82).

Наиболее типичный метод учета — отбор проб с участков дна определенной площади. Ее границы задаются площадью захвата орудия сбора (например, дночерпателя), или же сбор (учет) организмов ведется в пределах площадки, ограниченной с большей или меньшей точностью. Наиболее часто используется рамка той или иной формы, чаще квадратная, реже круглая или прямоугольная. При площадочном методе количественного учета возникают три основных проблемы: определение площади учетной площадки, определение числа проб в выборке и установление характера размещения проб в районе учета (Elliott, 1971).

Величину минимальной выборки, необходимой для обеспечения статистической достоверности результатов учета можно определить исходя из допущения, что учитываемые организмы распределены на грунте случайно; это вполне допустимо при учете крупных и достаточно редко распределенных животных, к которым относится большинство промысловых видов. Объекты численностью N на площади F распределены с плотностью $\delta = \frac{N}{F}$. Дисперсия величины δ складывается из дисперсий определения средних значений случайных величин N и F .

Количество экземпляров, попадающее в случайно выбранную область, распределено по закону Пуассона. Пусть на дно m раз брошена учетная рамка, а количество попавших в нее животных оказалось равным $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$. При пуассоновском распределении нет необходимости знать отдельные значения x , достаточно определить их сумму, т.е. общее

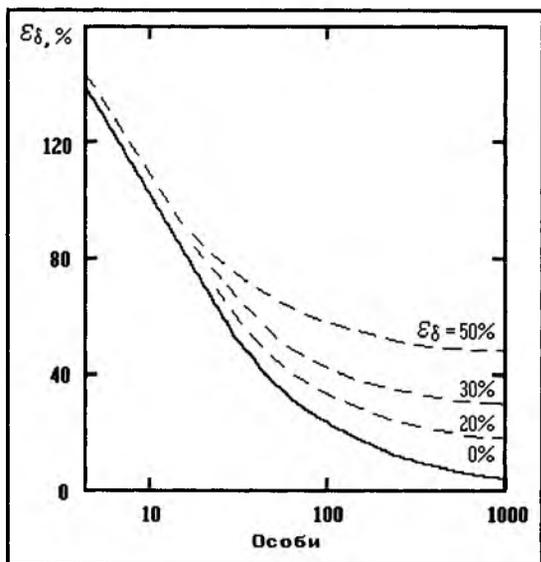


Рис. 2.9. Погрешность определения плотности распределения организмов в зависимости от величины выборки

количество подсчитанных особей. На основании этого можно построить график (рис. 2.9), определяющий доверительные интервалы для среднего значения плотности распределения объектов при различной относительной погрешности.

В большинстве случаев для получения заданной точности учета предпочтительнее использовать возможно меньшие по площади пробы, но площадь пробной площадки — всегда компромисс между требованиями статистики и практическими возможностями.

Если размер пробы фиксирован, — например, определен в 5% от всей площади района, большие площадки обычно дают меньшую точность, чем маленькие, однако эта закономерность часто уравнивается обратной зависимостью между размером единицы пробы и стоимостью времени учета. Сравнение эффективности и точности учета хондруса в зависимости от величины пробной площадки — от 0,25 до 4,0 м² показало, что в этом случае большое число небольших площадок более эффективно, чем малое число больших площадок (рис. 2.10). При учете макрофитов типа хондруса наиболее приемлем размер рамки 0,25 м² или меньше (Pringle, 1984).

Желательно большое (50) число проб в выборке, но необходимую точность можно достигнуть и используя меньшее число проб, определяемое из выражения

$$n = \frac{s^2}{D^2 x^2},$$

где s^2 — дисперсия, D — индекс точности, в качестве которого используется отношение требуемой стандартной ошибки к средней арифметической x . В случаях, когда размещение организмов на дне удается аппроксимировать известным распределением (Пуассона, отрицательным биномом и др.), можно использовать специальные формулы.

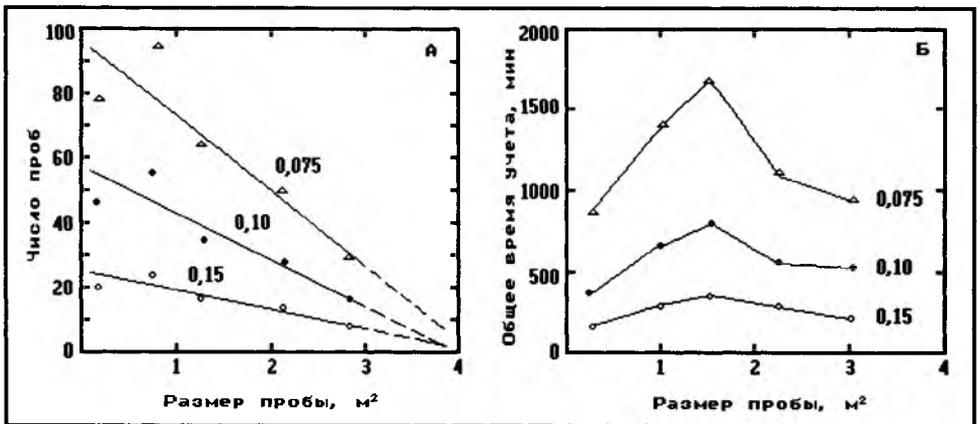


Рис. 2.10. Зависимость точности учета хондруса (коэффициент вариации) от размера учетной площадки и числа проб (А), размера учетной площадки и времени учета (Б) (по: Pringle, 1984)

Рассмотренные приемы, предусматривающие отбор проб и/или анализ данных, полученных на площадках известного размера, очень просты и позволяют получать достаточно надежные результаты. Однако во многих случаях — при низкой плотности учитываемых объектов, при их линейном расположении, при необходимости быстрого получения информации о распределении организмов на значительном пространстве и др. определение размера учетной площади затруднено или нецелесообразно.

Известно довольно большое число методов, не требующих такого определения. Они очень разнообразны по принципам и способам выполнения. Например, группа методов основана на подсчете объектов на прямых или не прямых учетных полосах — трансектах известной длины. Другая группа связана с определением расстояний между учитываемыми объектами или специально выбранными на площади точками.

Очень производительное использование зависимости между размером площади замкнутого контура и его линейными характеристиками — длиной периметра, длинами секущих линий и др. Так, предварительно выяснив зависимость между количеством объектов в пределах учетного контура (например, окружности) и пересекающих или соприкасающихся с этим контуром, при серийных подсчетах можно ограничиться только второй процедурой, что значительно менее трудоемко.

Необходимо отметить, что рассмотренные выше зависимости распространяются не только на реальные объекты на материальной поверхности, но и на их изображения — фотографии, схемы, карты и др. Единицей учета может быть как особь, так и группа особей, пятно повышенной плотности организмов и вообще любая дискретная единица, связанная с обилием организмов.

2.3.2. Косвенные методы

Методы второй группы (косвенные) заключаются в определении индексов плотности, в качестве которых может использоваться любая измеримая величина, коррелирующая с плотностью (Коли, 1979). Способы косвенного учета весьма разнообразны и разнородны: оценка численности популяций по количеству отложенной икры; определение величины уловов, приходящихся на единицу промыслового усилия; подсчет количества особей, привлеченных приманкой в ловушку; метод мечения и повторного отлова и мн. др. Некоторые из этих методов, наиболее широко применяемые при оценке величины промыслового запаса, рассмотрены в главе 5.

Желательно, чтобы индексы плотности были связаны с абсолютной плотностью организмов линейно, но такая связь наблюдается довольно редко, и в большинстве случаев приходится довольствоваться нелинейными индексами. Индексы имеют в основном лишь сопоставительный смысл, позволяя сравнивать разные популяции или проследивать временную динамику численности одной популяции. При использовании индексов для оценки абсолютной плотности требуется их калибровка, в ходе которой одновременно на одних и тех же участках проводят учет независимыми методами.

Поскольку промысел представляет собой, по сути, непрерывное зондирование океана орудиями лова (Драпацкий и др., 1989), для интенсивно промысливаемых видов очень важная информация о состоянии запасов может быть получена из анализа промысловых данных. Достоинство этого источника информации в том, что учетная мощность промыслового флота значительно выше, чем исследовательского и в этом случае представляется возможным отбирать данные за очень малые промежутки времени («мгновенные»).

Отличие промысловой съемки от специальной состоит в том, что во втором случае используются стандартные орудия лова, тогда как промвотруба оружие промысловых судов может значительно различаться, и для сопоставления полученных данных необходима предварительная стандартизация. Недостаток промысловой съемки состоит и в том, что пробы в этом случае обычно не случайны, так как промысловые действия проводятся более или менее прицельно. Коммерческие промысловые данные имеют некоторые ограничения относительно полноты информации по всему промысловому району, на них сказывается и возможность неточности в отчетах.

Промысловые уловы не полностью отражают состав популяции облавливаемого вида, так как не являются случайной выборкой возрастных групп (Sinoda, 1968). На улов влияет селективность и эффективность орудий лова, существенно также, что промысловый флот имеет тенденцию концентрироваться в районах, где крупноразмерные группы распределены более плотно. В результате особи малоразмерных групп представлены в улове менее часто несмотря на их большую общую численность.

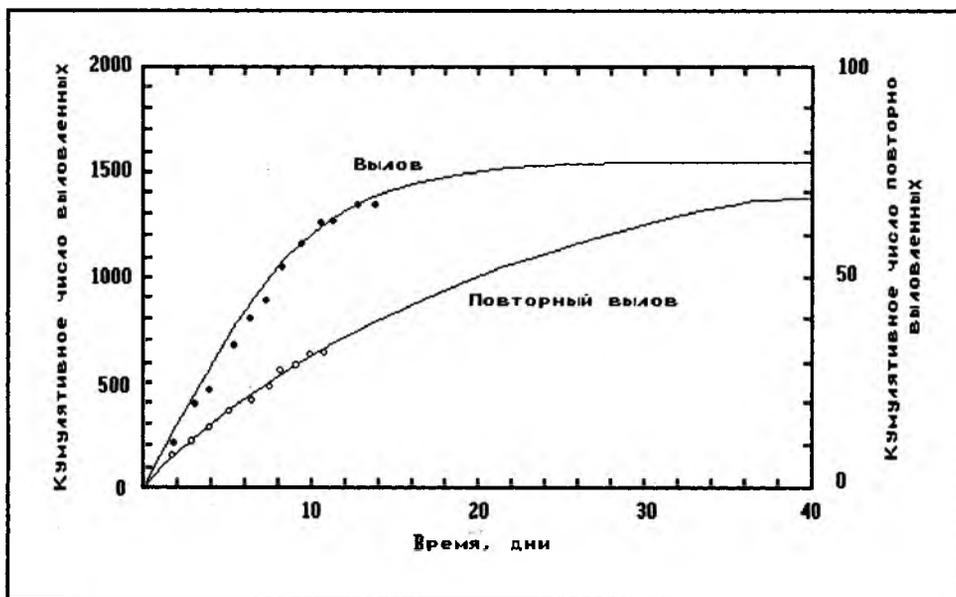


Рис. 2.11. Пример использования метода мечения с повторным выловом (трубач *Neptunea artritica*; по: Ito et al., 1980)

Метод мечения и повторного отлова [capture-recapture] для оценки численности популяций начал использоваться с конца прошлого века. В простейшей модификации он предполагает однократное проведение мечения и определение доли меченых животных в выборке, полученной при повторном отлове (рис. 2.11). Численность популяции N при этом определяется выражением

$$N = M \frac{n}{m},$$

где M — число помеченных животных; m — число меченых животных в повторно отловленной выборке численностью n .

Существует несколько способов применения метода мечения — повторного отлова и соответствующих им математических оценок; эти приемы подробно изложены в монографиях У.Рикера (1979) и Г.Коли (1979). Оценка численности с помощью мечения требует выполнения ряда условий: одинаковая вероятность отлова для всех особей в популяции; отсутствие за период между первым и вторым отловом рождаемости, эмиграции и иммиграции; одинаковая смертность и выживаемость меченых и немеченных животных; отсутствие потери меток.

Оценка численности подвижных донных организмов может проводиться по времени их пребывания на учетных площадках (Воробьев, Сипко, 1981). Этот метод может реализоваться при наблюдениях из подводных аппаратов и использовании теле-видеосистем, при фото- и киносъемке дна.

2.3.3. Учетные съемки

Один из наиболее широко распространенных методов промыслового учета запасов — учетные съемки. Съемка позволяет провести выборочные измерения плотности запаса в некотором числе точек — станций. В качестве измерений можно использовать траловые, ловушечные, драговые, водолазные, телевизионные, дночерпательные и другие измерения. Наиболее широко в практике рыбохозяйственных исследований распространен метод площадей, впервые примененный в 1929 г. И.И. Месяцевым. Принцип расчета запаса по этому методу заключается в том, что количество объектов, добытых на определенной площади, экстраполируется на весь обследуемый район. Общее количество N (биомасса Q) организмов в районе съемки в наиболее общем виде определяется из выражения

$$N(Q) = \frac{xF}{\varphi f}$$

где x — осредненный улов с единицы площади; F — общая площадь обследуемой акватории; φ — абсолютный коэффициент уловистости; f — общая площадь зоны действия орудия лова за период съемки. Анализ математических моделей показал (Кадильников, 1988), что эта формула является приближенной, смещающей оценку запаса влево. Погрешность в оценке запаса тем меньше, чем больше зона действия орудия лова и его уловистость.

Для того, чтобы орудие лова могло служить для количественного учета, его нужно откалибровать, т.е. определить соотношение между плотностью концентрации объектов и уловом на единицу времени или пути.

Учетные съемки проводят по нескольким схемам, различающихся системой сбора исходных данных и способами их математической обработки.

2.3.3.1. Рандомизированная съемка

Простейший рандомизированный план при оценке запаса заключается в равномерном распределении точек станций по обследуемой области. Величину запаса N можно определить из выражений

$$N = xF$$

и

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

где F — площадь обследуемого района; x — выборочная средняя измерений концентрации скоплений; x_i — концентрация объектов на единицу площади i -й станции.

Места промысловых скоплений относительно постоянны и в основе их поиска лежит общая схема распределения организмов по результатам многолетних наблюдений. На основании предварительных данных выполняют учетные станции по намеченной сетке галсов и по их результатам оконтуривают скопление. Величину возможного вылова Q на оконтуренном скоплении находят из соотношения

$$Q = \frac{F(q \pm \Delta q)}{f},$$

где F — площадь скопления; q — средний улов за рабочий цикл орудия; Δq — погрешность оценки величины скоплений (доверительный интервал); f — площадь одного контрольного лова (Кондратьев, Биденко, 1987).

2.3.3.2. Стратифицированная съемка

При стратифицированной съемке область делится на подобласти со сходными условиями обитания — страты. На каждой страте плотность подразумевается постоянной, а на их границе в общем случае претерпевает разрыв (скачок). Таким образом, плотность при этом методе описывается ступенчатой функцией. Общий вылов определяют суммированием уловов на отдельных стратах F_i :

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{F_i(q_i \pm \Delta q_i)}{f}$$

где q_i — средний вылов при учетной съемке; Δq_i — погрешность оценки величины вылова (доверительный интервал); f — площадь одной учетной съемки.

2.3.3.3. Метод изолиний

Метод заключается в подразделении обследуемой акватории на зоны равновеликих уловов (Аксютин, 1968). Средний взвешенный улов определяется равенством

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i},$$

где x_i — средний арифметический улов i -й зоны; f_i — вес средней x ; $i = 1, 2, \dots, m$ — номера зон.

Несмотря на внешнее сходство с методом стратификации, метод изолиний принципиально отличается от последнего. Действительно, в этом случае «страт» не рассматривается как биотоп и не несет информации о дополнительных факторах; граница «страта» появляется только после съемки и служит только для анализа полученных результатов (Столяренко, Иванов, 1988).

В случаях, когда обилие животных выражают не в абсолютных единицах, а в баллах (обычно при визуальных наблюдениях), могут использоваться специальные приемы (Зуев и др., 1985, 1988). В основе способа лежит идея метода статистических испытаний: при большом числе наблюдений, равномерно и случайно распределенных по площади, справедливы соотношения

$$\frac{n_k}{n} = \frac{F_k}{F}$$

и

$$F_k \approx \frac{n_k F}{n} = P_k F,$$

где n_k — количество наблюдений, при которых получена оценка обилия k ; n — общее количество наблюдений; F_k — часть площади, на которой обилие соответствует значению k ; F — общая наблюдаемая площадь; P_k — доля наблюдений с оценкой k .

Предварительно с помощью инструментальной съемки определяют соответствующие ранговым оценкам значения плотности. Затем, задавшись распределением значений плотности организмов, определяют числовые значения плотности для каждой оценки обилия и, суммированием, численность животных на площади F .

Метод дает хорошие результаты при условии значительного количества станций и их случайном распределении на исследуемой площади.

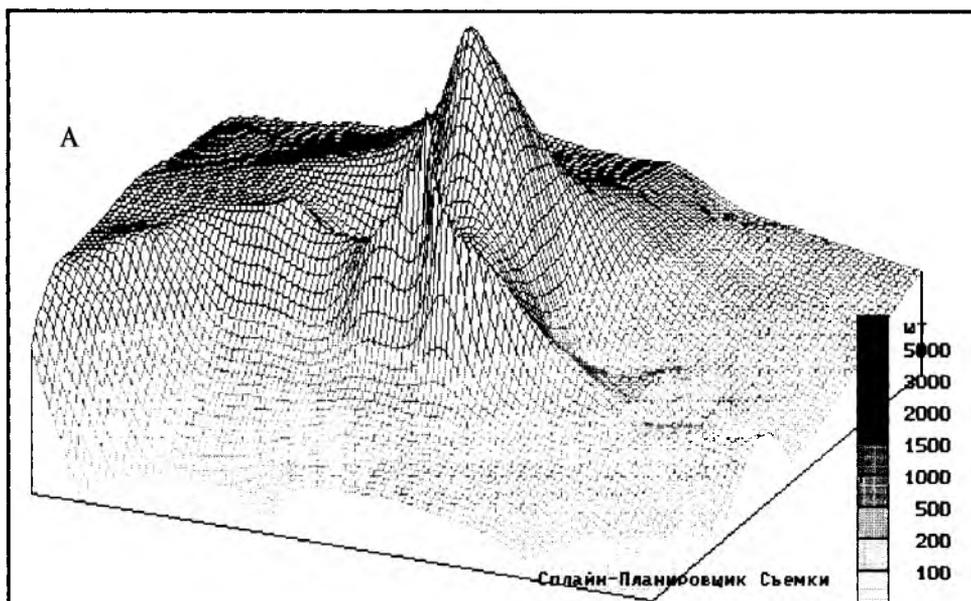
2.3.3.4. Сплайн-аппроксимация

Метод сплайн-аппроксимации плотности запаса опирается на сглаживание с использованием сплайн-функций результатов измерений в хаотически расположенных точках и последующее его интегрирование по обследуемой области (Stolyarenko, 1986, 1987; Столяренко, Иванов, 1988). Этот метод позволяет восстановить плотность в виде «плавного рельефа», на котором высота поднятий и впадин пропорциональна плотности запаса

Ср. улов: 1495.8 шт

Площадь: 7385 кв. км

Запас: 31.9 млн. шт



Ср. улов: 101.7 шт

Площадь: 11456 кв. км

Запас: 4661.1 тыс. шт

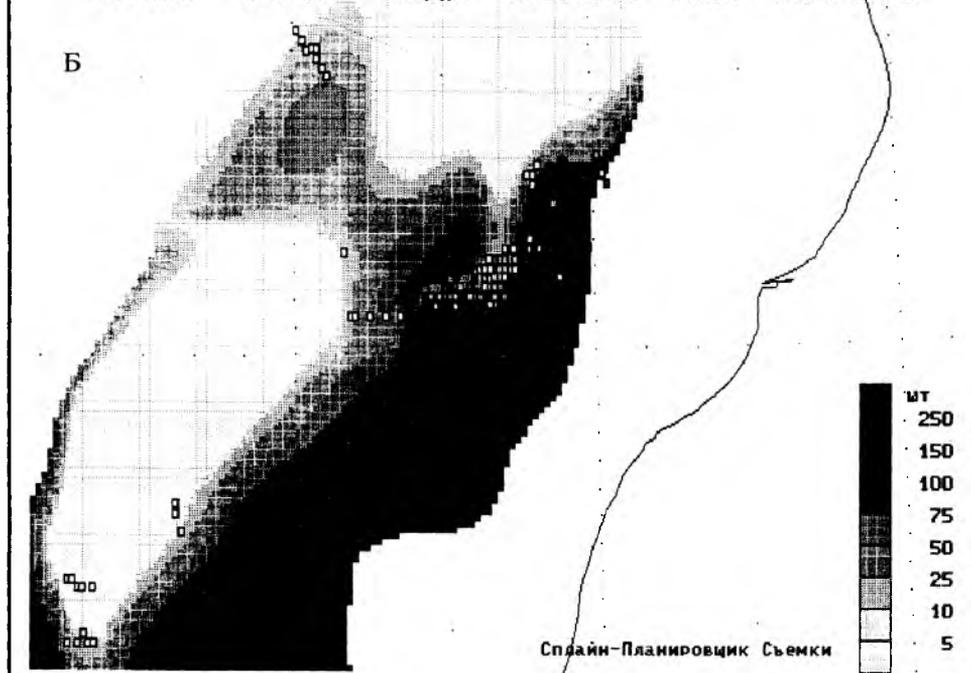


Рис. 2.12. Пример представления данных учетной съёмки с использованием сплайн-аппроксимации в виде «плавного рельефа» (А) и карты (Б)

(рис. 2.12). В качестве прогностического фактора при восстановлении плотности используется глубина — зная глубину в каждой точке и функцию, описывающую зависимость плотности от глубины и координат точки, можно сделать прогноз плотности в любой точке. В свою очередь, для восстановления глубины в любой точке области по точкам опорных глубин используется двумерный интерполирующий сплайн.

Сплайн переносит информацию об уловах в точку, где плотность запаса должна быть реконструирована, в соответствии с расстоянием до нее. Включением глубины в модель расстоянию придается смысл степени близости условий существования. Поскольку степень близости вдоль изобат, очевидно, выше, чем в поперечном к ним направлении, вводится регулирующий коэффициент k , характеризующий соотношение горизонтального (расстояние между точками учета) и вертикального (глубина) масштабов. (Так как метод опирается на учет взаимного расположения мест учетных уловов, их координаты должны рассматриваться в эквидистантной, например, стереографической, проекции.)

Сплайн-аппроксимация снимает проблему проведения границ страт, так как плотность запаса описывается гладкой функцией. Поскольку метод учитывает взаимные расстояния между учетными точками, он допускает неслучайное их расположение, т.е. позволяет реализовать тактику оконтуривания скоплений с высокой плотностью, а также продолжать съемку за пределами ранее намеченной области.

Сравнение точности оценок, полученных методами сплайн-аппроксимации и стратификации показало, что первые точнее примерно на 30%. Важное достоинство метода сплайн-аппроксимации — возможность построения карт плотности запаса.

Метод сплайн-аппроксимации был первоначально разработан для оценки запасов креветок, в дальнейшем он успешно использовался при оценке запасов различных донных и придонных объектов. В настоящее время метод принят рядом рыбохозяйственных учреждений России и является одним из наиболее точных и удобных способов оценки величины и распределения запаса.

Необходимо обратить внимание на одну важную особенность сплайн-аппроксимации, связанную с использованием для экстраполяции батиметрических данных. Поскольку глубина в районе учетной станции определяется непосредственно, а сплайн-программа «работает» с глубинами, снятыми с батиметрической карты, при их несовпадении (что случается нередко) либо результаты учета в данной точке не попадают в заданный программе диапазон глубин, либо, напротив, в этот диапазон попадают фактически находящиеся за его пределами точки. Поэтому бездумное некритичное применение программы может привести к совершенно ошибочным результатам.

2.3.4. Оптимизация съемок

Учетные съемки — традиционный и наиболее надежный метод измерения запасов; тем не менее эти измерения, как и любые другие, являются

неточными и содержат систематические и случайные ошибки (Столяренко, Иванов, 1988). Наиболее существенную систематическую ошибку вносит сравнительно низкая уловистость большинства орудий лова. Обычный способ коррекции этой ошибки — введение коэффициента уловистости орудия. Уловы подвержены также случайным ошибкам, обусловленным как средой (например, при траловых съемках сказывается направление траления по отношению к придонному течению, обычно неизвестному, неровности грунта) так и самим орудием учета (при траловых съемках — различная длина ваеров, возможность перекоса трала и др.). Наиболее существенный источник ошибки — неконтролируемые факторы, изменяющиеся от траления к тралению.

Критерием выбора наилучшей стратегии съемки служит величина возможной погрешности в оценке запаса при той или иной стратегии для каждого типа распределения плотности промысловых скоплений (Кизнер, 1989).

Поля плотности промысловых скоплений обладают выраженной пятнистой структурой; отдельные пятна повышенной плотности располагаются хаотично и плотность в пределах одного пятна, его форма и размеры подвержены случайным возмущениям. Это дает возможность при «мгновенной» съемке на большой акватории рассматривать плотность скоплений как стационарное однородное случайное поле; при неоднородном поле, как уже отмечалось, оно предварительно разбивается на страты, в которых плотность скопления можно считать статистически однородной. Если биомассу B в обследуемом районе выразить простейшим соотношением

$$B = \rho F,$$

где F — площадь района; ρ — средняя плотность скопления, то под относительной погрешностью Δ оценки B понимается выборочная относительная погрешность оценки средней плотности ρ .

Применительно к съемкам отдельных скоплений эта погрешность, связанная лишь со случайной составляющей поля плотности, недостаточно полно характеризует общую ошибку оценки биомассы. В отдельном пятне преобладает детерминированная составляющая, и ведущее значение приобретает ошибка, обусловленная методом расчета биомассы скопления.

Выбор оптимального варианта съемки представляет собой сложную задачу, включающую выбор технических средств, режима их эксплуатации, оптимизацию выбора точек контрольных станций (например, контрольных тралений), последовательность и режимы их выполнения, выбор оптимальных маршрутов переходов между контрольными станциями.

Учетную съемку можно рассматривать как выборку из многомерной генеральной совокупности. Эффективность съемки во многом зависит от правильности размещения учетных точек — станций. Оптимальным считается такое расположение контрольных станций, которое при минимальном общем их количестве обеспечивает максимальную точность оценки запаса. При отсутствии надежной информации о распределении плотности промысловых скоплений основным требованием при оценке величины запаса выборочным методом является независимость отдельных измерений.

Площадь контрольного лова очень мала по сравнению с площадью обследуемого района. Изменение концентрации объектов на площади одного лова предполагается незначительным, и сами учеты можно считать измерениями концентрации в отдельных точках. В зависимости от характера распределения промысловых организмов могут быть использованы различные сетки контрольных станций и методы оценки запаса (Покровский, Мартышенко, 1979). Сравнение эффективности методов проводится в ходе специальных съемок по доверительным интервалам и отклонениям от величины истинного запаса.

Если в обследуемом районе уже проводились съемки и, таким образом, накоплена статистика распределения запаса, ее можно использовать для планирования съемки, т.е. для разумного распределения станций. Очевидно, что для повышения точности оценки запаса следует более подробно обследовать районы с высокой плотностью. Если имеется информация о нескольких регулярно проводимых съемках, то неопределенность распределения можно характеризовать выборочной дисперсией плотности (Столяренко, Иванов, 1988). Минимальная дисперсия оценки запаса реализуется, когда плотность $p(P)$ пропорциональна

$$\sqrt{p^2(P) + w^2(P)}$$

где $p^2(P)$ — средняя многолетняя плотность запаса; $w^2(P)$ — дисперсия средней многолетней плотности запаса. Это выражение предложено называть функцией важности измерений.

Таким образом, расположение точек в соответствии с выведенным распределением P позволяет основные усилия направить на районы с высокой средней многолетней плотностью и большими межгодовыми ее колебаниями. Районам со стабильно низкой средней плотностью уделяется меньшее внимание.

Важно отметить, что учетные съемки выполняют две взаимосвязанные, но тем не менее разные задачи — оценку величины запаса и получение представления о распределении запаса в обследуемом районе, т.е. плотности запаса. В математической постановке первая задача сводится к оценке интеграла от функции плотности запаса по обследуемой области, а вторая — к оценке плотности в любой ее точке (Столяренко, Иванов, 1988). Планирование съемки должно зависеть от выбранного критерия точности решения — ставится ли основной целью повысить точность оценки запаса или плотности запаса.

Наиболее полно этим требованиям отвечает описанный выше метод сплайн-аппроксимации. Его важнейшая особенность — возможность ввести в планирование съемки адаптивность, т.е. использовать результаты предыдущих учетных станций для выбора места последующих станций. Задача учета текущих измерений при адаптивном планировании состоит в преобразовании функции важности измерений — плавной функции среднего многолетнего распределения запаса.

Методика проведения съемки реализована в виде программной системы «Сплайн-Планировщик Съемки» (СПС) на судовой персональной ЭВМ. Если в ходе съемки результат текущего измерения превысил функцию

важности, то следует выполнить добавочное измерение. На основании текущей карты съемки, которая строится после каждого измерения на дисплее ЭВМ, выполняющий съемку научный сотрудник (эксперт) расставляет дополнительные станции, после чего процедура повторяется.

Таким образом, СПС используют в качестве советчика эксперту в принятии решения о необходимости выполнения дополнительной станции и о ее расположении. СПС дает эксперту возможность проводить испытания «что, если» на дисплее компьютера. Помещая точку будущего измерения в то или иное место и назначая гипотетический результат измерения, можно оценить изменение определяемой плотности запаса. Изменения, приводящие к наиболее существенному изменению текущей плотности запаса, и должны выполняться.

2.3.5. Виды учетных съемок

Арсенал средств, обеспечивающих изучение распределения и численности донных организмов, весьма обширен. Он включает специальные орудия количественного учета и устройства и методы, используемые также и для других целей. Все эти средства можно разделить на качественные и количественные.

К первой группе относятся орудия, площадь облова которыми определяется неточно или ее измерение вообще невозможно (тралы, драги и др.). Вторую группу составляют устройства и методы, позволяющие определить площадь, на которой выполняется учет, с высокой точностью (дночерпатели, трубчатые пробоотборники и др., подводные средства).

Используемые средства во многом предопределяют не только организацию проведения учетных съемок, но и структуру и качество получаемых данных. Устройства разного типа значительно различаются уровнем и характером уловистости и селективности и полученные результаты в большей или меньшей степени отражают эту специфику. Поэтому в практике научных исследований используется такая терминология, как «траловый бентос», «дночерпательный бентос» и др.

Ниже рассмотрены наиболее распространенные средства проведения учетных съемок.

2.3.5.1. Использование орудий лова

Возможны два варианта использования орудий лова для количественной оценки запаса донных организмов. Первый — это обычный коммерческий промысел, в ходе которого собирается статистическая информация о величинах уловов и промысловых усилий. На основании анализа этих данных можно оценить величину и распределение промыслового запаса (см. главу 5). Второй вариант — использование орудий лова (стандартных или модифицированных) при специальных учетных съемках; в этом случае они выступают как специальные инструменты количественного учета.

2.3.5.1.1. Тралы и драги

Съемка с использованием тралов и драг — один из наиболее старых и в то же время весьма эффективных методов учета. Ее основное достоинство состоит в том, что используются активные орудия лова, чем обуславливается относительно небольшая зависимость результатов учета от биологического состояния и поведения объектов. Варьированием размера ячеи можно в довольно широких пределах регулировать селективность орудий, что позволяет использовать их в широком диапазоне размеров учитываемых организмов. Недостаток данного вида учета заключается в больших ограничениях, накладываемых рельефом и типом грунта.

При траловых учетах один из важнейших вопросов состоит в том, насколько улов трала отражает состав облавливаемых организмов, т.е. в определении коэффициента уловистости (КУ). Поскольку учетные съемки предъявляют очень высокие требования к точности этого показателя, для его определения предпочтительно использовать прямые методы. Прямое определение КУ может быть выполнено обловом искусственно созданных концентраций меченых организмов с известной плотностью, повторным обловом ушедших из орудия организмов, непосредственным определением плотности естественного скопления организмов на пути трала (Заферман, Серебров, 1985).

Для придонных объектов, таких как креветки, необходимо учитывать их вертикальное распределение в слое 5 м (обычное раскрытие сетной части донного трала по вертикали). Для этого могут использоваться при-траловые сети, устанавливаемые на нижней и верхней подборах (Серебров, 1986). Если средний улов верхней сети C_v , нижней C_n и плотность креветки у грунта $\delta_{гр}$, то средняя концентрация в слое 5 м

$$\delta_5 = \frac{\delta_{гр}(C_v + C_n)}{2C_n}.$$

Плотность $\delta_{гр}$ определяют каким-либо независимым способом (например, фотосъемкой).

При дражных учетах используют коммерческие драги или их уменьшенные модификации (Allen, Cranfield, 1979). При определении запасов закапывающихся двустворчатых моллюсков наиболее эффективны гидравлические драги, обладающие почти 100% уловистостью (Franklin, Pickett, 1979).

Несмотря на то, что драга, как и трал, интегрирующее орудие количественного учета, результаты контрольных ловов зависят от пространственного распределения организмов. При небольших размерах агрегаций данные близко расположенных тралений могут варьировать почти так же, как отдаленных. Например, на промысле гребешка уловы двух драг, спущенных по бортам одного судна, иногда варьируют сильнее, чем между тралениями. Неопределенность характера агрегирования приводит к тому, что зависимость между дистанцией драгирования и уловом выражена нечетко (Mohn et al., 1987).

2.3.5.1.2. Ловушки

Достоинство ловушек как средства учета заключается в их высокой видовой селективности; немаловажно и то обстоятельство, что ловушки — очень распространенное орудие лова, и данные ловушечной съемки могут быть использованы для непосредственного прогнозирования состава и величины промысла. Недостаток ловушек заключается в сложности оценки площади облова и значительной зависимости уловов от биологического состояния учитываемых организмов.

Ловушки, используемые при учетах, должны отвечать определенным требованиям (Miller, 1990). Они должны быть прочными и удобными, их размер — соответствовать размеру учитываемых объектов. Попытки одновременно исследовать разные виды или животных с очень большим размерным интервалом обычно мало успешны. Но даже при соблюдении этих условий ловушки не будут облавливать все компоненты популяции пропорционально их относительному обилию, поэтому необходимы специальные усилия для определения смещения селективности вылова. Так, при сравнении данных по годам и районам сопоставление следует выполнять, когда основные факторы, влияющие на уловистость, совпадают.

По принятой в нашей стране методике при съемке в основном используются стандартные промысловые ловушки, оснащенные делью стандартных размеров ячеи. При учете крабов помимо промысловых на станции выставляются мальковые ловушки с более мелкой делью (для шельфовых крабов — 30 мм).

При ловушечной съемке под станцией обычно понимают постановку одиночного порядка. При использовании больших крабовых ловушек американского образца станция может выполняться постановкой группы (не менее трех) одиночных ловушек. Расстояние между станциями на разрезе 5-10 миль, между разрезами 10-15 миль. Продолжительность застоя 1-5 сут. Важным условием является обеспечение одинакового времени застоя на всех станциях.

2.3.5.2. Использование гидробиологических пробоотборников

Учет обитающих на поверхности грунта и, особенно, в его толще организмов может выполняться с палубы экспедиционного судна методом отбора проб. Существует множество конструкций устройств, используемых для этих целей; некоторые из них применимы только на мелководье (сачки, скребки и пр.), другие — на любой глубине. Наиболее распространены устройства для отбора проб грунта совместно с обитающими в нем животными. Чаще всего такие приборы заглубляются в грунт под действием собственного веса, реже применяют внешние источники — механические, гидравлические, пневматические, взрывные.

Самое обычное гидробиологическое орудие количественного учета — дночерпатель. Эти приборы различаются формой, размером, весом, принципом вдавливания в грунт и другими характеристиками. Некоторые конструкции обеспечивают подъем на поверхность неповрежденного монолита грунта, другие не дают такой возможности. Наиболее широко

применяются дночерпатели Экмана и Петерсена, а также коробчатые дночерпатели.

Помимо дночерпателей известны и другие типы пробоотборников (Holme, McIntyre, 1971; Левин, 1987), но они редко используются для количественного учета промысловых организмов в первую очередь из-за обычно небольшой площади захвата.

2.3.5.3. Подводные методы

Подводные средства (водолазная техника, подводные фото- и телевизионные системы, обитаемые и необитаемые аппараты) широко распространены при учетных съемках. Их применение имеет ряд принципиальных общих черт, поскольку они работают на одном и том же канале информации — визуальном, однако из-за различий в технических характеристиках этих средств существенно различается и организация проведения учетных съемок.

2.3.5.3.1. Использование водолазов

Водолазные методы — одно из важнейших средств количественного учета донных организмов в прибрежной зоне моря на глубине до 50 м; наиболее эффективны они до 20 м. Водолазные съемки обладают рядом принципиальных достоинств. Их можно проводить на участках, рельеф которых не позволяет применять другие методы учета; оценивать численность и распределение видов, мало доступных механическим орудиям лова; одновременно с получением чисто количественных данных водолаз-исследователь имеет возможность собрать и ценнейшую информацию о пространственной организации объектов учета, образовании ими агрегаций, массовых перемещениях и др.

При водолазных учетах наибольшее распространение получили площадочные методы, обычно с использованием укладываемой на дно рамки определенного размера. Технически это очень простая процедура, но при бездумном использовании она может дать совершенно неадекватные результаты. В литературе отмечалось, что водолаз часто укладывает рамку не произвольно, а с предпочтением к видовому составу и/или плотности заселения, в результате чего оценки оказываются существенно смещенными.

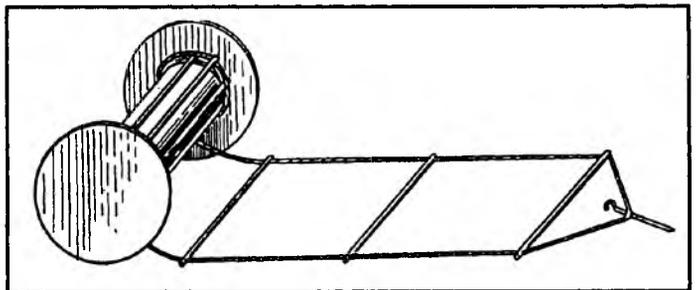


Рис. 2.13. Многосекционная рамка

Для устранения этого недостатка используют различные приемы — бросание рамки «вслепую», применение специальных схем расположения мест взятия проб. Так, при детальном анализе распределения неподвижных и малоподвижных организмов учетные рамки могут располагаться регулярно в пределах оконтуренного участка по направляющим фалам (Mullett, Mullett, 1980).

Другая важная причина ошибок при учете — несоблюдение объема необходимой выборки. График (см. рис. 2.9) показывает, что число учетных объектов не должно быть меньше 60; сходные цифры получил, используя другие принципы расчета, М. В. Пропп (1971). При учете крупных организмов столь значительное их количество в пределах одной рамки — случай крайне редкий. Поэтому для получения репрезентативных данных учетную рамку следует перекладывать по дну, пока не будет достигнуто необходимое число подсчитанных объектов.

Для облегчения этой довольно трудоемкой процедуры предложена специальная многосекционная рамка (Левин, 1970; рис 2.13). Она состоит из двух параллельных шнуров длиной 50-100 м, связанных через 1 м жесткими перекладинами, и барабана, на который наматываются шнуры. Это устройство особенно удобно при работе на мягких легковзмучиваемых грунтах и на крутых свалах.

К площадочным методам учета очень близко примыкает учет организмов вдоль протянутого по дну фала (Forster, 1959). Этот метод нашел широкое применение в практике водолазных работ; он прост, но в то же время обеспечивает приемлемую точность оценок.

Из рисунка 2.9 видно, что при малых N (менее 20) величина относительной погрешности учета $\varepsilon_{\%}$ определяется главным образом величиной выборки и мало зависит от погрешности определения площади $\varepsilon_{\text{ф}}$. Отсюда следует, что применение пробных рамок предпочтительнее при учете животных с высокой плотностью распределения ($> 0,2$ экз/м²).

При учете организмов с низкой плотностью распределения преимущество имеют бесплощадочные методы, позволяющие путем быстрого просмотра большой площади увеличить объем выборки и существенно повысить эффективность учета. Один из наиболее обычных методов — подсчет организмов на неопределенной площади за фиксируемое время. Продолжительность учета определяют по времени погружения или по косвенным показателям, характеризующим это время (например, при использовании автономного водолазного снаряжения регистрируют число собранных или подсчитанных организмов «за один спуск» или «за один акваланг»). При учете могут применяться вспомогательные технические средства (аквапланы, буксировщики), увеличивающие скорость и снижающие трудоемкость передвижения водолаза (Pearson, 1980).

Рассматриваемая группа методов удобна в использовании, но получаемые с их помощью оценки имеют только сравнительный характер. Для оценки абсолютных величин плотности распределения был разработан метод многократных галсов (Левин, Шендеров, 1975). Пловец движется прямыми галсами на определенном расстоянии от дна, подсчитывая животных на полосе, ширина которой определяется полем зрения маски или

нанесенными на ее стекло визирными линиями. Длину пройденного пути определяют по показаниям лага или по времени движения. Расстояние от дна и средняя скорость у опытного водолаза весьма стабильны и ошибка в их определении не превышает 10%.

Если форма участка близка к круговой, то пловец движется произвольными галсами, меняя курс на границе участка. На лишенном ориентиров дне или в малопрозрачной воде точка поворота определяется натяжением сигнального конца, которым пловец связан с лодкой; при хорошей видимости границы участка легко определяется визуально. Просмотренная площадь составляет

$$S = Ld - S_{\text{пер}},$$

где $S_{\text{пер}}$ — площадь всех пересечений галсов, т.е. участков, проходимых водолазом несколько раз; L — длина пути; d — ширина учетной полосы. Среднюю относительную площадь пересечений $S' = \frac{S_{\text{пер}}}{d^2}$ при относительной длине пути $\frac{L}{R}$ (участок учета — круг радиусом R) определяют графически (Левин, Шендеров, 1975). Количество особей на просмотренной площади $N_{\text{ист}}$ определяется разностью

$$N_{\text{ист}} = N_{\text{об}} - \delta S_{\text{пер}},$$

или

$$N_{\text{ист}} = N_{\text{об}} \left(1 - \frac{Sd}{L} \right),$$

где $N_{\text{об}}$ — подсчитанное число особей. Учет на участке заканчивается, когда истинное количество особей, вычисленное по этой формуле, обеспечит желаемую точность (см. рис. 2.9). При большом объеме исследований и достаточном опыте отрабатываются наиболее удобные параметры учета d , L и R , что позволяет использовать упрощенное выражение $N_{\text{ист}} = cN_{\text{об}}$, где c — постоянная для данных условий величина.

Если животных подсчитывают на участке в виде полосы, то пловец движется зигзагообразными галсами. При этом точки поворота должны быть расположены за пределами скопления организмов (рис. 2.14). Если на участке шириной k сделано q галсов, то для средней плотности распределения получим

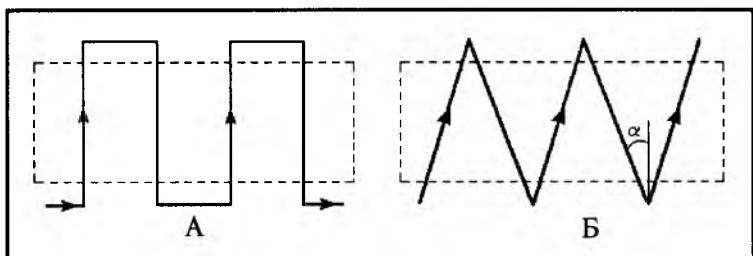


Рис. 2.14. Учет на площадке в форме вытянутой полосы

$$\delta = \frac{N}{qdk} \text{ (рис. 2.14А)}$$

и

$$\delta = \frac{N \cos \alpha}{qdk} \text{ (рис. 2.14Б).}$$

Практически важный метод водолазного учета — оценка плотности организмов по результатам сбора. Для расчетов по этому методу следует воспользоваться формулами, приведенными в главе 4 (раздел 2.3).

Специфический случай водолазного учета — получение количественных характеристик объектов большой площади, которыми могут быть как колониальные организмы (например, кораллы), так и, чаще, однородные скопления индивидуальных растений и животных. При этом основной интерес представляет информация не о количестве объектов, а о доле занимаемой ими площади дна (проективное покрытие) и мощности (высота макрофитов, толщина пласта и др.)

Для указанных целей обычно используют метод линейного пересечения, широко распространенный в геоботанике (Миркин, Розенберг, 1983). Здесь в качестве учетных единиц используются случайно расположенные линейные трансекты, на которых измеряют отрезки их пересечения с пятнами изучаемого объекта. Учет ведут по формуле

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \times 100}{L},$$

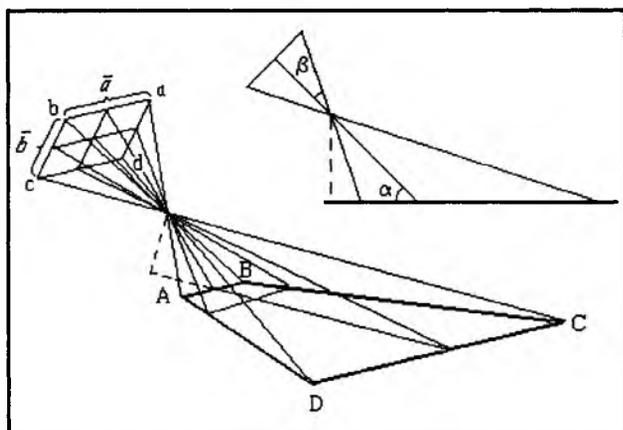
где P — доля занятой объектом площади, %; l_i — отрезки пересечения; L — длина трансекты.

Длина и количество используемых трансект зависит от рельефа дна и характера распределения учитываемого объекта (Денисов, 1979). Известны и модификации этого метода (Marsh et al., 1984).

Основные особенности организации гидробиологических съемок с использованием водолазной техники описаны в ряде публикаций (Скарлато и др., 1964; Шабалин и др., 1977; Денисов, 1979; Мурахвери, 1980; Фадеев, Лукин, 1982, и др.). При водолазном количественном учете для повышения качества и объема получаемой информации могут использоваться различные технические средства — подводные буксировщики, навигационные системы, обеспечивающие географическую привязку с требуемой точностью, средства подводной связи, технические средства для сбора образцов, малогабаритная фото-, кино- и телеаппаратура (Милн, 1984).

Непосредственно к водолажным методам примыкают, а иногда совмещаются с ними методы учета организмов на литорали, наиболее часто их используют при учете промысловых закапывающихся двустворчатых моллюсков. Такие учеты проводят обычно с применением рамок или вдоль подвижных и фиксированных трансект (Franklin, Pickett, 1979).

Рис. 2.15. Схема расчета площади дна, отображаемой при перспективной съемке (по: Методические рекомендации..., 1988)



2.3.5.3.2. Подводная фото-, кино- и телесъемка

Количественный учет с использованием этой группы методов заключается в подсчете объектов на площади дна, отображаемой в кадре. Несмотря на технические различия фото-, кино- и телевизионных методов, общие геометрические закономерности построения кадра у них совпадают, поэтому совпадают и способы расчета величины площади.

Если камера ориентирована вертикально, площадь, попадающая в кадр, однозначно определяется ее высотой над грунтом. При фото-, кино- и видеосъемке через наклоненный к поверхности дна иллюминатор (перспективная съемка) отображаемая часть предметной плоскости (грунта) в первом приближении представляет собой равнобедренную трапецию, площадь которой можно определить, зная высоту камеры над дном и угол наклона оптической оси (рис. 2.15). При плохой видимости, когда изображение в верхней части кадра трудно различимо, обсчитывают только нижнюю часть кадра, для чего помимо упомянутых данных необходимо ввести величину приведенного значения фокусного расстояния фотокамеры в воде (Бадудин, 1983).

Практически величину фотографируемой площади S можно выразить как квадратичную функцию от высоты фотографирования h с постоянным коэффициентом K :

$$S = Kh^2.$$

Расчет площади для разных типов камер и объективов облегчается, если пользоваться номограммами, предварительно построенными исходя из указанных соотношений (Методические рекомендации..., 1988).

Использование подводных средств наблюдения разных типов требует определения расстояния аппаратуры от дна. В частности, достаточная точность количественной оценки донных скоплений телевизионным методом обеспечивается лишь при наличии в системе видеозаписывающих устройств и приборов, позволяющих выводить на экран и записывать оперативную информацию о высоте подводного блока над грунтом. Высота

хода камеры над дном определяется акустическими зондами, стереосъемкой или методом световой метки (Серебров, Тарасова, 1989). В некоторых случаях, особенно при съемке автоматическими камерами, задается фиксированное расстояние от дна, для чего применяют рамные каркасы или контрольный грузик.

Распределение над грунтом нектонных организмов, в первую очередь креветок, изучают с помощью установленных на трале автоматических фотокамер. Такими методами удастся обнаружить сезонные различия плотности скоплений и поведения этих организмов (Беренбойм, Попков, 1980).

Накоплен и определенный опыт использования телевидения при учете водорослей. При этом имеется возможность определять среднее проективное покрытие, что дает возможность оценить биомассу.

Во многих случаях при проведении учетов предпочтительно совместное использование нескольких типов средств подводного наблюдения, позволяющее наиболее эффективно реализовать их преимущества. Например, хорошие результаты дает комбинация подводной теле- и кинокамеры. В этом случае имеется возможность повысить информативность съемки, фиксируя на киноленте только те кадры, в которых присутствуют учитываемые организмы (разумеется, количество «пустых» кадров необходимо принимать во внимание при расчете плотности поселения).

2.3.5.3.3. Обитаемые подводные аппараты

Подводные обитаемые аппараты при учете донных организмов имеют ряд очень существенных преимуществ перед другими подводными средствами. Нахождение наблюдателя в непосредственной близости от объекта позволяет оперативно реагировать на изменения конкретных условий работы, соответственно корректируя ее тактику. Особенно эффективно применение ПОА при обследовании редко распределенных организмов, поскольку исследователь имеет возможность регистрировать даже одиночные объекты, часто пропускаемые при использовании других средств.

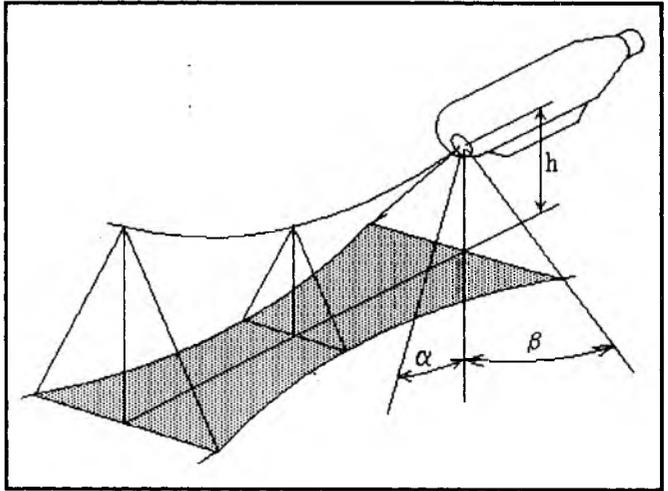
Использование установленных на ПОА фото-, кино- и телетехники не имеет каких-либо принципиальных отличительных особенностей и к ним полностью применимы рассмотренные выше закономерности. Специфический для ПОА метод получения информации — визуальный. Для оценки плотности донных скоплений этим методом необходимо подсчитать число встреченных на определенной площади организмов; при этом первую величину определяют непосредственно, а вторую — расчетным путем.

Просмотренную площадь дна определяют из соотношения (Методические рекомендации..., 1979; 1988):

$$S = bL = \frac{2hL \operatorname{tg} \beta}{\cos \alpha},$$

где h — высота иллюминатора над грунтом; L — путь, пройденный аппаратом; α — угол между главным лучом зрения, проходящим через

Рис. 2.16. Схема площади дна, осматриваемой из подводного обитаемого аппарата



центр иллюминатора; β — половинный угол зрения в плоскости главного базиса наблюдателя (рис. 2.16). Расстояние от дна обычно определяют оптическим дальномером, пройденный путь — лагом аппарата.

ПОА дает возможность не только оценивать численность, но и характеризовать распределение индивидуальных организмов. Использование одометра (буксируемого по дну колеса со счетчиком оборотов) и регистратора встреченных отдельных животных позволяет определять линейную плотность — количество организмов на единицу пройденного пути (Caddy, 1970). Представляется возможность выполнять и некоторые специальные учетные работы, например, с помощью оптического высотомера оценивать толщину пласта неприкрепленных водорослей типа анфельции и филлофоры (Кутаков, 1982).

Периодичность наблюдений определяется исходя из конкретных условий съемки. Так, при упомянутой оценке запасов филлофоры результаты наблюдений регистрировали с дискретностью 1 мин. Такой интервал осреднения (за это время при скорости ПОА 3 узла просматривается полоса дна длиной 90 м) оказался оптимальным для выявления среднемасштабных неоднородностей в структуре филлофорного поля.

2.3.6. Аэрометоды

Аэрофотосъемка относится к числу основных дистанционных методов изучения морских мелководий. Ее использование позволяет оперативно получить информацию о конфигурации и строении берега, рельефе дна, характере грунтов, наличии и составе донной растительности на очень большой площади. При сочетании аэрофотосъемки с подводными методами и использовании современных средств анализа и дешифрирования обеспечивается высокая достоверность данных.

Главное достоинство аэрофотосъемки, отличающее ее от других методов, основанных на анализе точечной или профильной информации — возможность получения надежной картографической основы с точной привязкой положения исследуемых объектов. Существенный недостаток

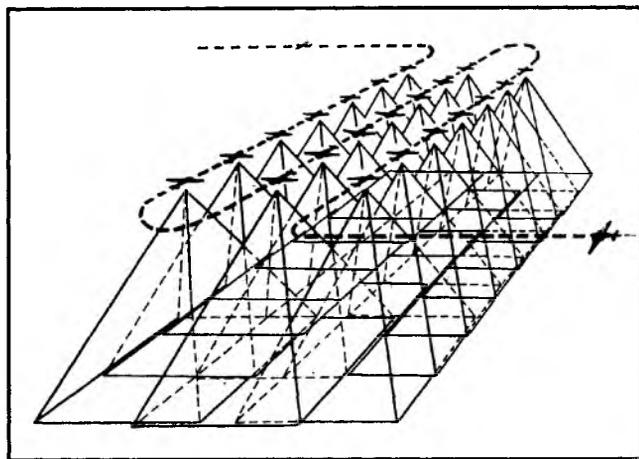


Рис. 2.17. Схема площадной аэрофотосъемки (по: Средства и методы..., 1979)

аэрофотосъемки — ограничение глубины обследуемой акватории (несколько десятков метров).

При съемке морских мелководий применяют методы плановой площадной аэросъемки (рис. 2.17). Путем монтажа фотоснимков, полученных в ходе такой съемки, готовят фотосхемы, дающие единое изображение значительных площадей морского дна.

Важнейшее направление применения указанного метода в рыбохозяйственных целях — картирование и количественный учет макрофитов. Базовая методика аэрофотосъемки морского дна и ее модификации для ре-

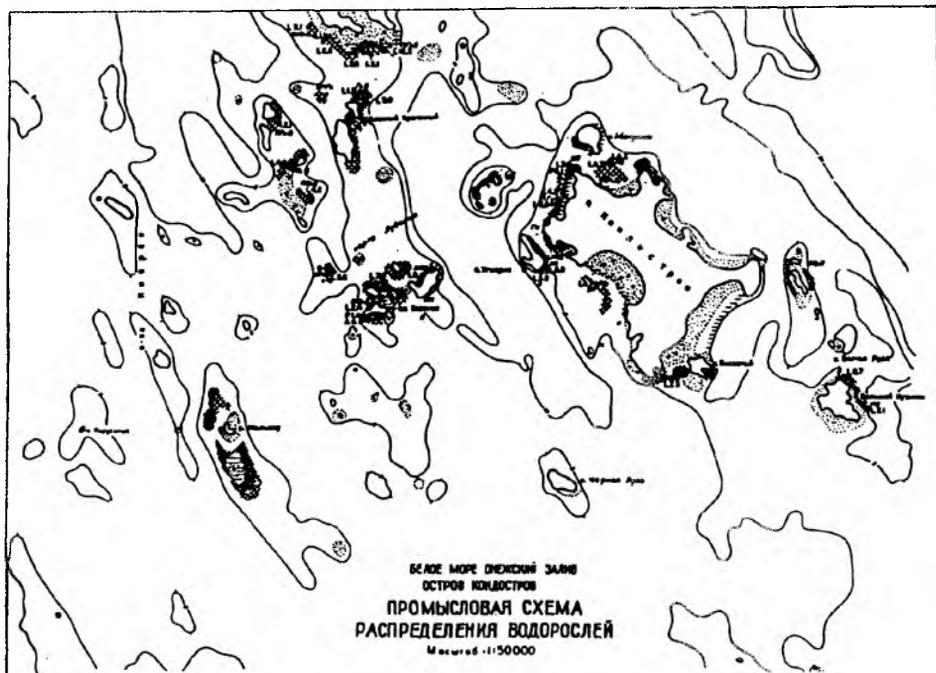


Рис. 2.18. Пример карты-схемы распределения водорослей (по: Промысловые макрофиты..., 1988)

сурсных альгологических работ подробно излагаются в ряде руководств и статей (Применение эхологов..., 1956; Средства и методы..., 1979; Методическое руководство..., 1986; Петров, 1989; Сорокин, Пельтихина, 1991; Кильдюшевский, Сорокин, 1992). С использованием данной методики проведено детальное картирование запасов промысловых водорослей Белого и Баренцева морей (рис. 2.18)

При исследовании прибрежных ресурсов используются и космические методы. Так, для оценки запасов водоросли *Macrocystis pyrifera* у побережья Калифорнии и их изменений под влиянием промысла использовали изображения, полученные спутниковой системой SPOT, а также замеры освещенности, выполненные радиометром с лодки (Augenstem et al., 1991).

2.3.7. Гидроакустические методы

Гидроакустические методы, ставшие основным способом поиска и количественной оценки скоплений рыб, в изучении донных гидробионтов имеют довольно ограниченное применение и практически используются только для оценки запасов некоторых морских макрофитов.

Значительный опыт картирования и оценки запасов водорослей с помощью эхолотной съемки накоплен в ПИНРО (Сорокин, Пестриков, 1986; Сорокин, Пельтихина, 1991; Современные методы..., 1992). Выявились преимущества эхолотов с расширенным масштабом записи и привязкой к грунту. При оценке промысловых скоплений ламинариевых водорослей наилучшие результаты достигаются в режиме «белая линия», при котором заросли водорослей записываются на эхограмме отдельно от контурной линии дна (рис. 2.19).

Экспериментальные исследования показали перспективность гидроакустических методов разведки водорослей. Направления дальнейших работ заключаются в уточнении теоретической модели отражения звука от водорослей, накоплении статистических данных об отражательной способности различных видов, определении оптимальных режимов работы гидроакустических станций, опробовании методов абсолютной калибровки трактов для определения биомассы.

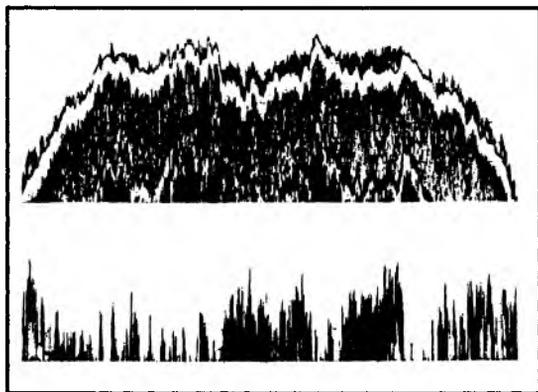


Рис. 2.19. Пример эхограммы записи ламинариевых. Эхолот «Шкипер-607, диапазон 0-20 м, режим белая линия, диапазон расширения 2 м (по: Пестриков, 1992)

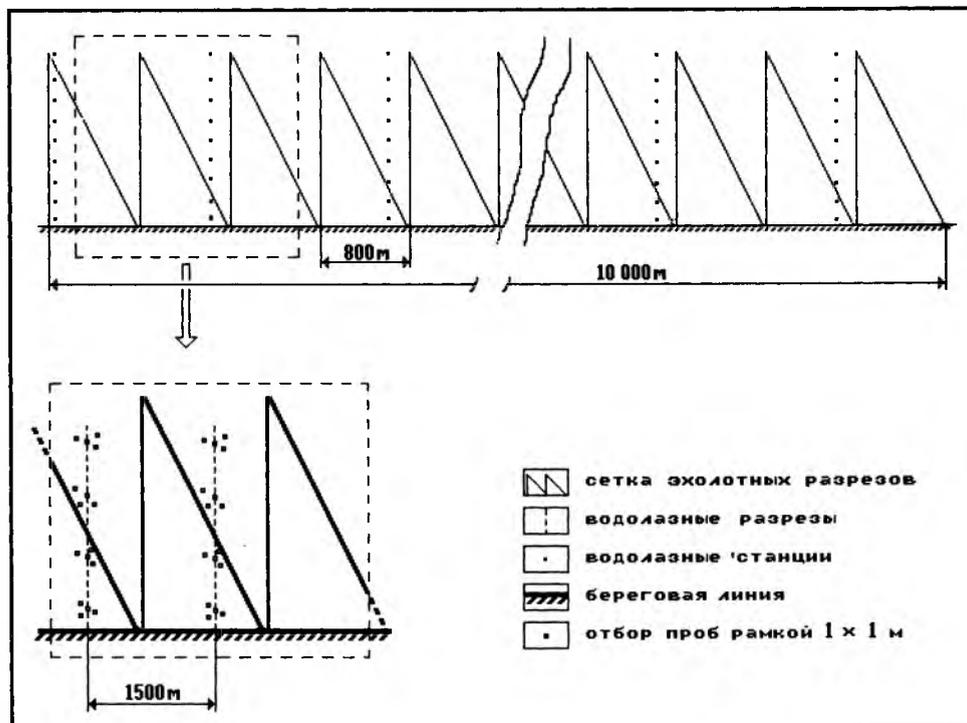


Рис. 2.20. Схема комплексного обследования зарослей макрофитов (по: Современные методы..., 1992)

Обследование гидроакустическими методами мелководных участков целесообразно сочетать с водолазными работами, что позволяет наиболее эффективно использовать преимущества обеих групп методов — возможность быстрого обследования большой площади в первом случае и детальность оценки во втором (рис. 2.20).

2.3.8. Сравнение методов учета

Идеальных методов учета не существует, каждый имеет свои преимущества и свои недостатки. Поэтому очень важна правильная оценка реальных возможностей, границ применимости, сравнительных характеристик разных методов.

Ограничения имеют даже самые распространенные и эффективные приемы учета. Траллируемые орудия не работают на неровном грунте, повреждают улов, захватывают посторонних животных и мусор. Ловушки дают информацию только об относительной плотности, а определение абсолютной плотности требует знания площади облова на участке. Подводная фотография и телевидение не позволяют обнаруживать объекты, находящиеся в укрытиях, не применимы в мутной воде, обследуемая этими методами площадь ограничена. Подводные обитаемые аппараты имеют те же недостатки плюс высокая стоимость. Применение водолазов практически ограничено глубиной 20-40 м. Методы, основанные на регистрации

величины вылова (например, ДеЛури) требуют активного промысла и не применимы для неэксплуатируемого запаса. Оценки с использованием мекток осложняются эмиграцией и иммиграцией животных и неполнотой учета.

Значительно различается производительность методов учета. Например, из ПОА обследование 11 000 м² площади дна требует 3,5 ч, тогда как фотообследование 20 500 м² — 34 ч (Miller, 1975). Учитывая время обслуживания оборудования и поиска учет из ПОА требует примерно в 5 раз меньше времени, чем при использовании фотосъемки, однако стоимость первого метода значительно выше, чем второго.

Л.И.Серебров и Г.П.Тарасова (1989) провели оценку точности определения плотности и состава концентраций донных организмов тремя методами: визуально-геодезическим (ПОА «Тетис»), телевизионным (подводная телевизионная станция «Кайман-2») и фотограмметрическим (подводный фотоавтомат). В качестве источника погрешности рассматривались погрешность определения величины осмотренной площади, включающая погрешности длины пройденного пути и ширины полосы осмотра; погрешность выборочности осмотра, обусловленная неравноценностью отдельных циклов наблюдений; погрешность определения размера объектов. Связь среднестатистической ошибки серии оценок с истинным отклонением выборочной оценки от генеральной совокупности изучалась в полевых экспериментах на моделях.

Сравнение подводных методов учета с результатами траловой съемки показало более высокую точность подводных методов, что делает целесообразным их использование для калибровки и определения уловистости траловых систем. Особенно эффективно использование массовых средств подводного наблюдения, в частности, телевизионных систем, на средних и плотных концентрациях объектов.

Было показано (Муравьев, 1986), что телевизионный учет креветки, выполненный на ПОА «Север-2» дает заниженные (по сравнению с визуальным в 4-5 раз) величины плотности из-за малого контраста изучаемого объекта на фоне илистого дна. В то же время видеозапись изображения дает такие дополнительные возможности, как повтор изображения и использование стоп-кадра.

2.4. Картографическое представление данных

В практике рыбохозяйственных работ приходится встречаться в основном с двумя группами данных, нуждающихся в картографическом представлении. Первая — это количественное распределение биологических ресурсов безотносительно к среде их обитания. Основой ресурсных оценок служит батиметрическая карта акватории, поскольку распределение гидробионтов в шельфовой зоне обычно соотносится с определенными изобатами и характерные градиенты плотности соответствуют градиентам глубин. Вторая группа данных включает представление результатов ландшафтных съемок, на которых отражается и биологическая, и небиологическая информация.

Построение обобщенной карты пространственного распределения организмов в общем случае включает следующие этапы: сбор и систематизацию первичных данных; выбор масштаба осреднения изучаемого явления; выбор алгоритма расчета средних значений; преобразование (пространственное сглаживание) результатов осреднения (Зуев и др., 1988). Существует несколько способов представления данных на таких картах; наиболее часто используются изолинейные карты (линиями соединяются значения равных величин исследуемого показателя) и картодиаграммы (распределение исследуемого показателя обозначается кружками, площадь которых пропорциональна его величине в данной точке).

В последние годы все большее распространение получает хранение и обработка информации на машинных носителях. Соответствующие данные могут быть оформлены в виде массивов, жестко связанных с первичной картой акватории. Ресурсные оценки при этом можно выполнять не обращаясь непосредственно к картам, а оперируя только данными массивов. Собственно результат выводится в виде интегрального показателя и лишь в случае необходимости возникает необходимость в выведении указанных выше карт.

Современные электронные карты (точнее — геоинформационные системы) обеспечивают решение в географической среде различных информационных, расчетных и прогностических задач. Они позволяют выбирать из банка цифровых географических данных информацию по заданной акватории; создавать, накапливать, редактировать и использовать территориально привязанные данные о различных объектах; выбирать информацию об объектах по заданной тематике, представляя ее в текстовой или графической форме и др. Отображение электронных карт может осуществляться в нескольких вариантах: полном, сокращенном, контурном. Электронные карты дают картографическую основу для разнообразных работ, связанных с использованием информации на машинных носителях.

Картографические информационные системы могут разрабатываться для определенных специальных целей. В частности, готовятся компьютерные атласы ареалов промысловых морских организмов, которые позволяют, используя хранящиеся в системе данные по таксономии, экологии и распространению получать карты плотности ареалов в любой заданной области, формировать список видов для заданной области или точки, демонстрировать ареалы отдельных видов.

Важную часть комплексных исследований промысловых районов составляет выделение и картирование донных ландшафтов. Основы отечественной методологии использования ландшафтных исследований в рыбопромысловых целях были заложены Е.Ф.Гурьяновой и Г.У.Линдбергом. Подготовленные ими карты подводных ландшафтов в Атласе океанографических основ рыбопромысловой карты Южного Сахалина и Южных Курильских островов (1956) являются до сих пор непревзойденным в нашей стране примером обобщения и наглядного представления разнообразной рыбопромысловой информации.

Морские ландшафтные исследования проводятся для получения все-сторонней комплексной характеристики природы исследуемой акватории

и для решения узких вопросов, связанных с использованием определенного промыслового объекта или освоением небольшого района (Федоров, 1982).

Одна из основных форм проведения комплексных ландшафтных исследований — морские разрезы, включающие эхолотный промер, сбор проб донных отложений, бентоса, подводные наблюдения с использованием водолазов и подводных обитаемых аппаратов, фотосъемку дна, гидрологические исследования и другие работы на определенном створе или по определенному направлению.

В нашей стране широкое распространение получили водолазные методы ландшафтного картирования. Разработана оригинальная система визуальных признаков подводного ландшафта (Мурахвери, 1980). Эти признаки позволяют водолазу-исследователю различать встречаемые на наблюдаемом участке морфологические единицы ландшафта и могут использоваться при его картировании. Выделены три группы признаков: биотные (определяются по присутствию на дне визуально различимых животных и растений), вистигивитные (по следам жизнедеятельности донных организмов) и седиментационные (по визуальным характеристикам текстуры и связности осадка). С использованием этой методики был создан Атлас подводных ландшафтов Японского моря (1990).

Очень важный в практическом отношении аспект ландшафтных исследований — получение информации о рельефе дна. Значимость такой информации определяется несколькими причинами. Рельеф дна и характер изменения глубины является важным поисковым признаком при прогнозировании возможности обнаружения скоплений тех или иных видов гидробионтов и часто определяют стратегию и тактику проведения промысловых операций — использование тех или иных орудий лова, режим их работы и др.

В последние годы требования к точности необходимых для рыбопромысловых целей сведений о донном рельефе возросли. Это связано, в частности, с введением в отечественную практику подсчетов запаса компьютерных программ сплайн-аппроксимации, в рамках которых интер-

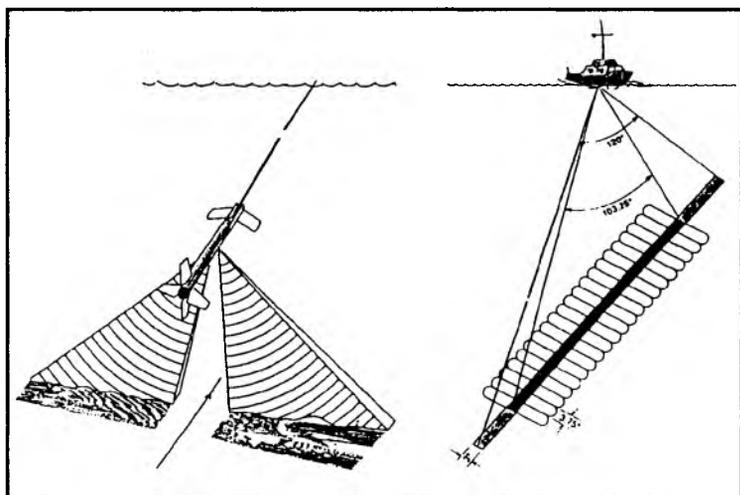


Рис. 2.21. Схемы съемки рельефа дна локаторами

экстраполяция результатов учетных съемок проводится с использованием батиметрических данных (см. раздел 2.3.3.4).

Для создания топографических карт шельфа применяют различные технические средства. Наиболее распространенные инструменты измерения глубины — эхолоты, работающие по принципу излучения и приема отраженных ультразвуковых волн. Значительно большие возможности предоставляют гидролокаторы, особенно локаторы бокового обзора (рис. 2.21). Значительные успехи достигнуты в создании и использовании специализированных батиметрических картографических систем, таких как SEABEAM, SeaMark и др. Эта техника позволяет строить топографические карты морского дна с интервалом контуров в 50 и даже 20 м (Sonar technology..., 1986). Накапливается опыт использования для батиметрии неакустических средств, в частности, лазеров.

Масштаб ландшафтной съемки зависит от цели исследования и в свою очередь определяет площадь изучаемой акватории. Съемка подразделяется на мелкомасштабную, или региональную (1:1 млн.-1:500 тыс.), среднемасштабную (1:200 тыс.-1:100 тыс.), крупномасштабную, или локальную (1:50 тыс.-1:25 тыс.) и детальную (1:10 тыс. и крупнее). (Во избежание недоразумений необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что понятия «крупно-» и «мелкомасштабный» в картографии имеют значение, противоположное общеупотребительному — явления крупномасштабные (глобальные) изображаются на мелкомасштабных картах, и наоборот.)

Ландшафтные карты делятся на общие и специальные (Исаченко, 1965; Петров, 1974). К первой группе относятся **типологические карты**, на которых выделены участки дна со сходными природными условиями и явлениями, и карты **индивидуального ландшафтного районирования**, показывающие территориально целостные, но внутренне не однородные природные комплексы.

Специальные ландшафтные карты бывают четырех основных типов. **Инвентаризационные карты** показывают основные черты ландшафтной структуры морского дна и дают общее представление о донном населении. **Оценочные карты** содержат практически важные характеристики ландшафтов с указанием их пригодности для проведения тех или иных хозяйственных мероприятий; к ним относятся, в частности, карты количественного распределения промысловых организмов в донных ландшафтах. **Прогнозные ландшафтные карты** отображают предполагаемые направления развития определенных структур или явлений. Наконец, **рекомендательные карты** содержат указания на проведение определенных хозяйственных мероприятий в морских донных ландшафтах.

Для изображения объектов и характеристик на морских ландшафтных картах используют различные технические приемы. Для выделения качественно однородных объектов обычно применяют качественный фон, который показывают цветом или, на одноцветных картах, штриховкой. Замкнутыми контурами показывают области распространения того или иного объекта или явления, линиями движения — динамические процессы в донных ландшафтах, например, миграции донных животных (Атлас карт..., 1955; Атлас..., 1968).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ

1. Общие закономерности распределения жизни в океане

Жизнь в океане распределена очень неравномерно, подчиняясь закономерностям, обобщенным академиком Л.А.Зенкевичем (1948 и др.) в концепции о биологической структуре океана (рис. 3.1). Особенности этой структуры, проявляющейся в закономерном изменении видового разнообразия и обилия особей в широтном и меридиональном направлениях и с изменением глубины, определяются законами биологического продуцирования и зональностью распределения климатических и океанографических характеристик.

По условиям обитания морских организмов — особенностям водных масс, по рельефу дна и др. в океане выделяют несколько фаунистических (экологических) зон (рис 3.2). Наиболее фундаментальными из них являются толща воды — пелагиаль, и дно океана — бенталь. Бенталь, в свою очередь, также подразделяется на фаунистические зоны, основные особенности которых определяются глубиной и связанными с ней характеристиками океанического дна; для понимания границ их расположения необходимо охарактеризовать геоморфологические зоны океана.

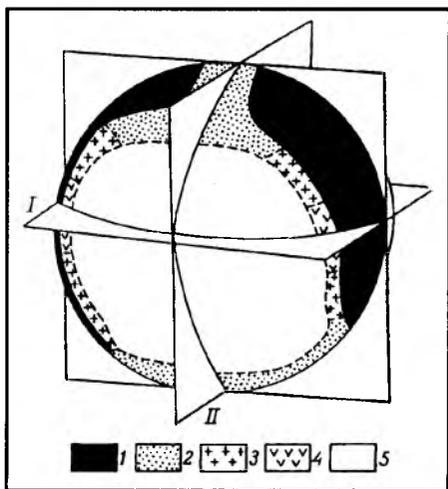


Рис. 3.1. Схема симметрии зональной структуры морских мелководий Мирового океана (по: Зенкевич, 1977; из: Петров, 1989)

Плоскости симметрии: I — экваториальная, II и III — меридиональные. 1 — материи, 2-4 — географические пояса в пределах неритической зоны: холодный, умеренный и теплый; 5 — пелагиаль

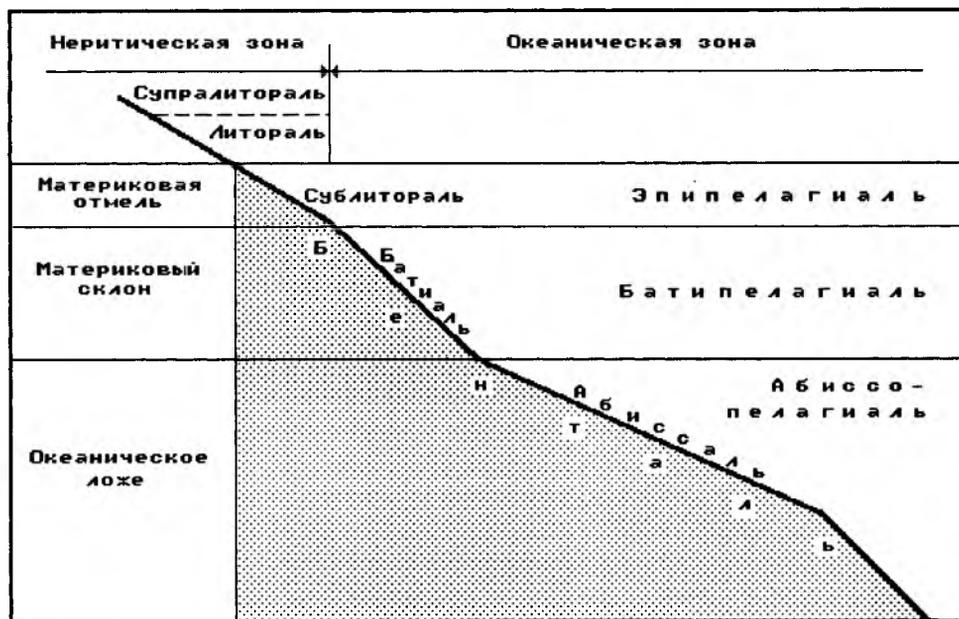


Рис. 3.2. Вертикальное расположение экологических зон Мирового океана

Дно океана не опускается плавно от поверхности воды до максимальных глубин, а имеет вполне определенный профиль, элементы которого соответствуют отдельным зонам: шельфу, склону и океаническому ложу.

Шельф (материковая отмель, или ступень) — горизонтальная или слабонаклоненная подводная окраина материка, примыкающая к берегу; поверхность шельфа обычно выровненная. Внешняя граница шельфа располагается в среднем на глубинах около 200 м, но может опускаться до 500 м и даже глубже. Ширина шельфа чрезвычайно сильно варьирует — в некоторых морях Северного Ледовитого океана она достигает 1000-1400 км, но имеются районы, где его ширина не превышает 2-4 км. По некоторым расчетам средняя глубина шельфа 132 м, средняя ширина 78 км, средний уклон 0,1°. Распределение площадей шельфа в разных районах океана имеет большое рыбохозяйственное значение и во многом определяет промысловое значение отдельных акваторий.

От края шельфа до глубины 3-5 тыс. м простирается материковый склон, имеющий средний уклон 3-5°, местами до 30-40°. Поверхность материкового склона часто расчленена каньонами, подводными долинами, горными поднятиями.

В пределах шельфа выделяют три фаунистические зоны. Область побережья, располагающаяся выше уровня воды в самый высокий прилив — супралитораль (зона заплеска). Далее следует литораль, или приливо-отливная зона. По вертикали она ограничивается расчетными самыми высокими и самыми низкими уровнями воды; наиболее низкий уровень принимается за нуль глубин, отсчет от которого идет в обе стороны. За литоралью простирается сублитораль. Нижняя граница этой зоны определяется неоднозначно — некоторые исследователи совмещают ее с нижним пред-

елом распространения фотосинтезирующих донных растений, тогда как другие — с краем шельфа. К материковому склону приурочена фаунистическая зона батиаль. Ниже, в пределах океанического ложа, размещаются абиссаль и ультраабиссаль.

Воды океана, располагающиеся над шельфом, а иногда и сама прибрежная область называется неритической (или неритовой), а остальная поверхность — океанической областью.

Совершенно особое биологическое и рыбохозяйственное значение имеет наиболее близкая к берегу часть акватории, называемая прибрежной зоной². Однозначное определение ее границ, как будет показано ниже, довольно затруднительно, хотя протекающие в ней океанологические и биологические процессы очень специфичны. В связи с этим специфичны и состав и биология обитающих в пределах этой зоны промысловых организмов; только здесь встречаются такие важные промысловые группы беспозвоночных, как лангусты, омары, халиотисы, большинство двусторчатых моллюсков, морские ежи, голотурии, все донные водоросли и морские травы. Все это определяет особенности организации и регулирования промысла прибрежных организмов.

Экосистема прибрежной зоны характеризуется значительным видовым разнообразием населяющих ее организмов, свидетельствующим о большом богатстве здесь экологических ниш. Причин такого богатства несколько: указанная зона находится на границе между сушей и океаном; располагается на мелководье, где трофические сети бентосной зоны активно сосуществуют с трофическими сетями эвфотической зоны; наконец, испытывает воздействие сокрушительных изменений во внешней среде (Нешиба, 1991).

Границу прибрежной зоны можно проводить, руководствуясь разными критериями. Исходя из энергетики фауны данной области граница последней определяется линией соприкосновения и перекрытия поверхностного эвфотического слоя и бентосного слоя обитания (рис. 3.3). Согласно другому критерию за границу данной зоны принимается пересечение поверхности шельфа и той максимальной глубины, где солнечный свет еще оказывает биологическое воздействие. Если принять, что эта глубина соответствует уровню, на котором интенсивность света падает до 1% от ее значения на поверхности (нижняя граница фотосинтеза), то граница примерно совпадает со 100-метровой изобатой, т.е. располагается значительно ближе к берегу, чем перегиб шельфа. В этом случае внешняя граница прибрежной зоны определяется режимом освещенности, прозрачностью воды, интенсивностью фотосинтеза.

Часть прибрежной зоны, непосредственно контактирующую с берегом, выделяют в самостоятельную береговую зону. Ее ширина сильно

² Это понятие хорошо соответствует английскому термину *in-shore*. В то же время подобрать русский эквивалент очень употребительному в англоязычной литературе антониму *off-shore* довольно затруднительно — в разных контекстах он может переводиться как океанический, морской и даже глубоководный.

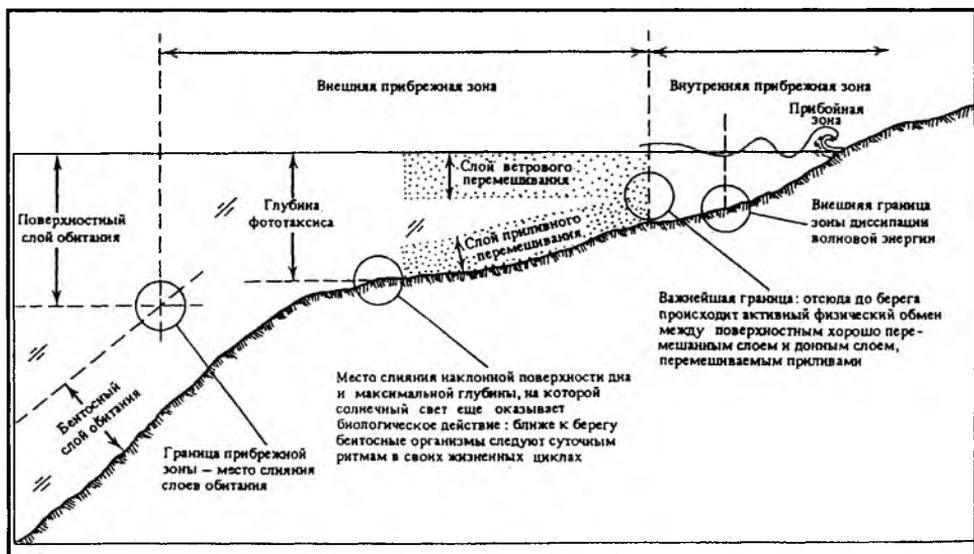


Рис. 3.3. Несколько вариантов определения границ прибрежной зоны (по: Нешиба, 1991)

варьирует в зависимости от конкретных условий данного участка побережья, поскольку в первую очередь она обуславливается интенсивностью волнового режима, на которую, в свою очередь, влияет целый ряд факторов. Береговая зона определяется как зона активного воздействия волн на дно (Анцыферов, Косьян, 1986). Верхняя ее граница проходит по линии заплеска, а нижняя — по линии начала трансформации волновых движений и появления асимметрии волновых скоростей вблизи дна (что примерно соответствует половине длины наиболее крупных волн, или десяти их высотам).

Следует различать понятия «береговая зона» и «верхняя часть шельфа» (хотя пространственно они могут совпадать). Первое понятие — динамическое, тогда как второе — морфологическое, обозначающее область, сохраняющую морфологические черты, характерные для береговой зоны (малые глубины, большие уклоны дна, переход дна в поверхность суши).

2. Распределение донных организмов

2.1. Факторы, определяющие распределение

Видовой состав донных организмов в конкретном регионе, численность особей и характер их крупномасштабного пространственного распределения определяются гидрологическими параметрами акватории, общим составом и характеристиками грунтов, историей биоты водоема и другими факторами. Объектами такого распределения являются крупные

совокупности организмов — популяции и их пространственные подразделения (субпопуляции, скопления, стада и др.).

Распределение и численность любого вида всегда результат взаимодействия двух групп факторов — биологических особенностей вида, определяющих его потребности, и параметров среды, определяющих возможность удовлетворения этих потребностей. Для морских организмов главными факторами является температура, соленость, свет, движение воды. Для донных и придонных организмов огромное значение имеет характер дна — его рельеф, физические, химические и механические параметры. При этом важны не только абсолютные значения биологически значимых характеристик среды, но и пространственный и временной характер их распределения, т.е. степень гетерогенности и предсказуемости среды.

Крупномасштабное распределение промысловых организмов подчиняется, естественно, общим закономерностям распределения жизни в океане. Одна из таких закономерностей состоит в том, что наиболее высокая численность организмов наблюдается в районах, условия которых наиболее гомогенны (однородны в пространстве) и в то же время предсказуемы (определяемы во времени). В таких районах видовой состав может быть относительно небогат, но зато организмы, приспособленные к этим условиям, процветают, достигая высокой численности и биомассы. В морской среде гомогенность условий и предсказуемость меняются в широтном направлении и по мере удаления от берега и увеличения глубины.

В глобальном плане наилучшее сочетание гомогенности среды и условий питания достигается в умеренных и высоких широтах; именно в этих районах и сосредоточены наиболее высокие биомассы организмов, в том числе и промысловых; в то же время видовое богатство здесь невелико (рис. 3.4). В тропиках и субтропиках картина обратная, поэтому для теплых вод характерен хотя и очень разнообразный, но количественно ограниченный промысел (см. главу 1).

Гомогенность и предсказуемость условий среды закономерно увеличивается с глубиной, но здесь вступает мощный ограничивающий фактор — ухудшение условий питания. В лишенных света глубинах океана не могут существовать фотосинтезирующие растения, и основной источник пищи — ее поступление из вышележащих горизонтов. Поэтому промысловые скопления донных организмов на больших глубинах отсутствуют и, если исключить несколько видов крабов, промысел редко ведется глубже 400 м.

Неоднородность размещения вида по площади ареала — одна из наиболее общих закономерностей пространственного распределения живых организмов. Для всей совокупности морских донных беспозвоночных (морского бентоса в целом) характерно многообразие форм неоднородности распределения отдельных видов. Можно выделить несколько наиболее значимых форм такой неоднородности (Милейковский, 1977):

- раздельное обитание взрослых особей и молоди в различных экологических зонах ареала;
- различное распределение особей разного пола, разных возрастных и размерных групп;

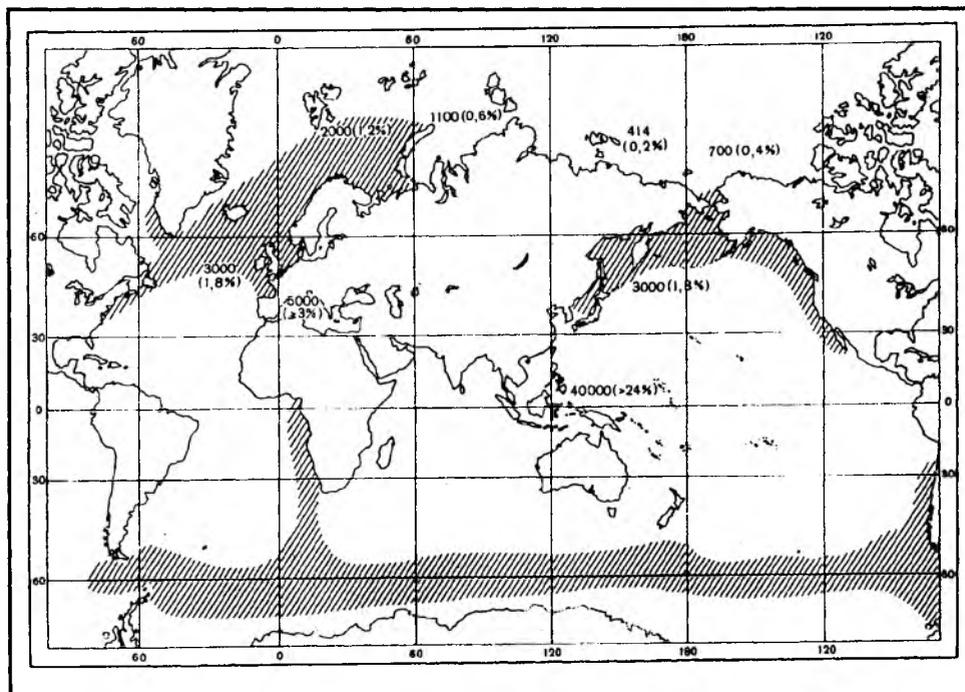


Рис. 3.4. Пространственное распределение видового состава и обилия животного населения Мирового океана (по: Зенкевич, 1977)

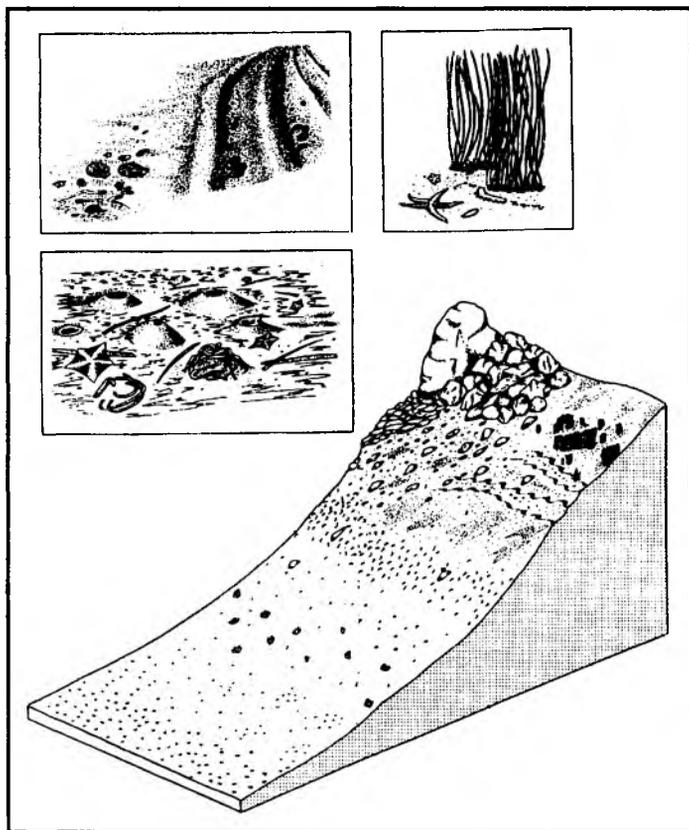
Общее количество видов морских животных принято за 100%. Штриховкой выделены районы обильного скопления жизни в океане

- наличие у вида обособленных локальных популяций, которые, существуя в контрастных условиях, не имеют непосредственного контакта друг с другом даже в случае пространственной близости своих местообитаний;
- образование постоянных или временных скоплений в каких-то ограниченных по площади участках ареала.

Особенно богато в видовом и количественном отношении донное население шельфа: хотя его площадь составляет только около 8% площади дна океана, здесь сосредоточено 60% общей биомассы бентоса. Наиболее высокое видовое разнообразие и видовая и количественная гетерогенность бентоса наблюдаются в прибрежной зоне шельфа. Несомненно, что эта гетерогенность связана с многообразием в указанной зоне условий обитания, из которых для донных организмов ведущим является тип донных ландшафтов и их конкретных единиц — фаций. Значительное разнообразие подводных фаций и является характернейшей особенностью физической среды прибрежной зоны (рис. 3.5).

Механизм формирования тех или иных фаций чрезвычайно сложен и включает комплекс физико-географических и биологических составляющих. Гранулометрический состав грунта, форма и характер упаковки его частиц, физико-механические и гидравлические свойства осадка обуславливают заселение его теми иными живыми организмами — от бакте-

Рис. 3.5. Схема прибрежных донных ландшафтов Японского моря (по: Атлас подводных ландшафтов..., 1990)



рий до мегалобентоса. В свою очередь и сами донные организмы в процессе своей жизнедеятельности оказывают очень существенное, а часто и определяющее влияние на характер подводных фаций.

Отдельные фации располагаются не беспорядочно, а подчиняются определенным закономерностям. Характер размещения фаций из набора, свойственного данному региону, зависит от геоморфологического строения берегов и дна. Встречаемость фаций закономерно изменяется по направлению от береговой линии к открытому морю и от малых глубин к большим. Так, для Японского моря выделены четыре группы парагенетических ассоциаций подводных ландшафтов, соответствующих разным типам побережья с учетом его подверженности волновому воздействию (Атлас подводных ландшафтов..., 1990):

Группа берегов открытого моря, мысов и наветренных островов.Наветренные стороны островов и мысы с крутым подводным склоном; наветренные стороны островов и мысы с выположенным подводным склоном; скалистые берега открытого моря с ровной береговой линией; крутые склоны наветренных сторон островов и мысов в крупных открытых заливах; мысы с подветренной стороны островов открытого моря и борта открытых бухт; наветренные выположенные подводные склоны островов в больших заливах; вершины открытых бухт; открытые бухты, затененные от волнения островами; кутловая часть глубоко врезанных бухт, открытых преобладающему волнению.

Группа мысов линейных берегов в волновой тени. Затененные ближайшими мысами берега с выположенным подводным склоном; открытые берега, расположенные под углом к фронту преобладающего волнения; подветренные мысы островов и каменистые гряды в волновой тени; подветренные мысы островов с выположенным склоном; зоны волновой тени («волновые карманы»).

Группа берегов риасовых бухт и подветренных бухт островов. Входные мысы риасовых бухт; выположенные склоны островов, расположенных в больших заливах; борта бухточек в риасовых заливах, подветренные подводные гряды; скалистые подветренные берега островов; небольшие каменистые мысы в подветренных бухтах островов; вершины бухточек в риасовых заливах.

Куты тихих бухт. Каменистый берег в кутовой части глубоко врезанных заливов и бухт; низкий берег в кутовой части глубоко врезанных бухт; зона волновой тени («тихие заводи») в глубоко врезанных заливах и бухтах.

Тип берега, характер и интенсивность волнового воздействия сказываются на распределении всех организмов, обитающих в прибрежной зоне, но особо значимы эти факторы для водорослей и тесно связанных с ними животных, таких как морские ежи (рис. 3.6, 3.7)

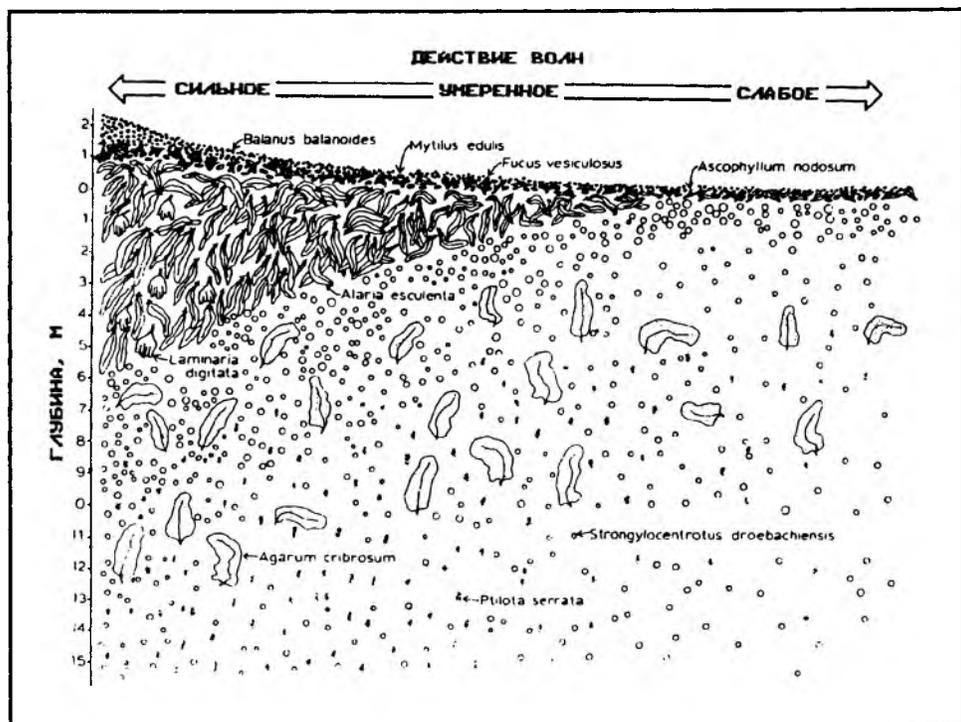


Рис. 3.6. Распределение водорослей и морских ежей в зависимости от интенсивности волнового воздействия (по: Himmelman, 1984)

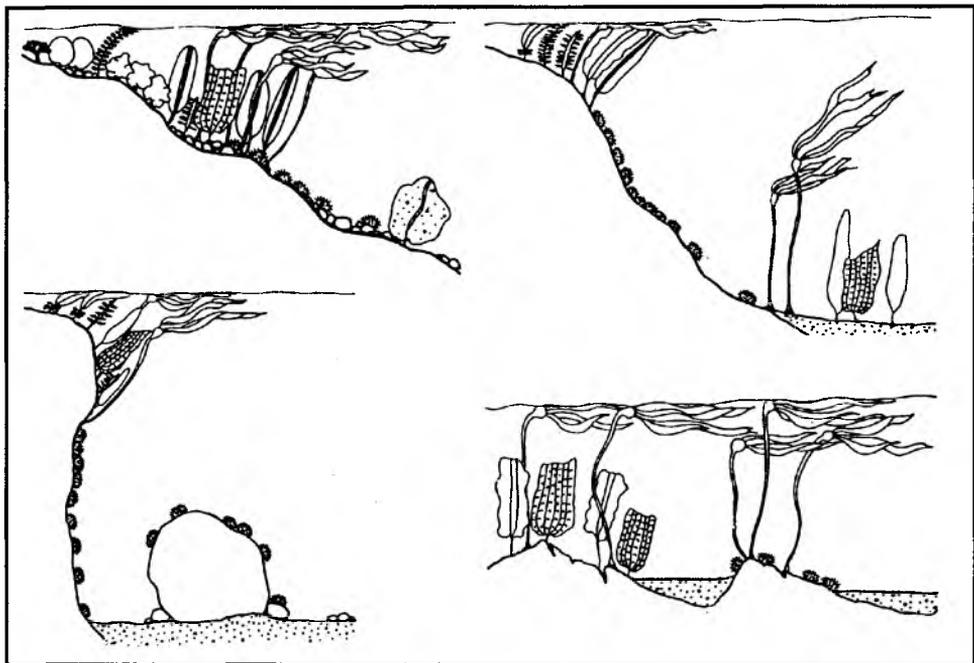


Рис. 3.7. Распределение морских ежей в зависимости от профиля склона и характера грунта (по: Vreen et al., 1978)

Один из важных параметров, определяющих мозаичность размещения животных в прибрежной зоне — характер распределения пищевого материала. Этот фактор особенно важен для животных-депозитофагов, питающихся органическим веществом, осажженным на поверхность донного осадка или захороненного в его толще, а также для хищников. В прибрежной зоне иной, чем в более глубоких областях бентали, способ перераспределения пищевого материала — горизонтальный в первом случае и вертикальный — во втором. Пищевой материал, в значительных количествах образующийся в прибрежной зоне, постоянно перемещается из-за волнового воздействия, не задерживаясь на гладких участках дна и скапливаясь в «карманах», образуемых неровностями грунта и поселениями донных прикрепленных животных и растений (рис. 3.8).

Глубоководная часть шельфа за пределами прибрежной зоны и материковый склон характеризуются большей гомогенностью физических условий и, соответственно, состава бентоса. Распределение биомассы донного населения здесь связано преимущественно не с глубиной, а с «азональными» (Гершанович, 1982) различиями в рельефе и режиме осадконакопления. Поступление пищевого материала в этой области осуществляется в основном по вертикали, и его состав и количество определяются глобальными океанографическими характеристиками, а не преимущественно локальными условиями, как в береговой зоне.

Диапазон вертикального распределения морских макрофитов значительно уже, чем беспозвоночных. Водоросли-макрофиты ограничены в своем распространении прибрежной полосой, где стабильность субстрата

Для вертикального распределения водорослей очень характерна четкая зональности — закономерная смена видового состава и обилия. Общий характер расположения поясов водорослей в данном районе весьма стабилен и четко соответствует климатическим и океанографическим параметрам акватории (рис 3.9).

Общий район обитания любого вида живых организмов не заселяется этим видом сплошь: организмы распределены дискретными «островками» (пятнами), составляющими мозаику пригодных для обитания участков дна. На суше некоторые участки могут оставаться не занятыми данным видом из-за препятствий к расселению. Большинство морских беспозвоночных и растений имеют очень высокую способность к расселению благодаря наличию плавающей стадии в развитии, и незаселенность отдельных участков дна обычно объясняется отсутствием условий для оседания личинок или для обитания взрослых животных.

Отдельные пятна могут различаться по целому ряду параметров — типу и рельефу грунта, составу и численности пищевых объектов, характеру растительности и др. Отвлекаясь от этих конкретных различий, каждое пятно можно охарактеризовать локальной «емкостью местообитания» k_i , которая зависит от размера местообитания и качества среды (Жизнеспособность популяций, 1989). Приняв, что x_i — фактическая заселенность i -го пятна (единица соответствует занятому пятну, нуль — свободному) при их общем числе z для общей численности популяции получим

$$N = \sum_{i=1}^z x_i k_i.$$

Изоляция отдельных пятен обычно не бывает абсолютной и между ними происходит более или менее интенсивный обмен особями. Интенсивность обмена зависит от разных факторов, в частности, от расстояния между пятнами. Способ и характер обмена между участками сказывается на генетической дифференциации и численности особей в каждом пятне и на жизнеспособности всей популяции.

2.2. Пространственное распределение промысловых популяций

Предварительно необходимо определить основные термины, используемые для обозначения дискретных совокупностей живых организмов, в том числе водных. Наиболее общий из них — биомасса. Биомасса [англ. biomass] — это количество вещества в живых организмах на единицу поверхности или объема, выраженное в весовых единицах (Зенкевич, 1977). Термин может применяться ко всему водоему в целом или к отдельным его участкам, ко всей фауне или к отдельным группам и формам. Этот термин не следует относить к особям — в этом случае употребляется «масса». Различают разовую биомассу, относимую к любому моменту времени; если биомасса измеряется за определенный промежуток времени, то может быть определена максимальная, минимальная и средняя биомасса.

Нередко в качестве тождественного «биомассе» используется термин «запас». Однако запас [stock] — понятие очень широкое и неоднозначное. В рыбохозяйственной литературе под запасом обычно понимается совокупность промысловых особей одного или нескольких видов, обитающих в данном районе, рассматривая с позиции существующей или возможной эксплуатации (Рикер, 1979). Иногда в литературе на русском языке запас употребляется как синоним термина популяция, что неправильно: запас — понятие условное, «договорное», введенное для удобства промысловой и управленческой деятельности, тогда как популяция — реальная биологическая единица, самовоспроизводящаяся совокупность особей одного вида, обладающая общим генофондом. В англоязычной литературе смысл термина stock шире, и он используется также для обозначения таких понятий, как популяция (в нестрогом смысле термина) и стадо.

2.2.1. Общий характер распределения

Первый вопрос, возникающий в связи с организацией промысла — где и при каких условиях образуются наиболее крупные и плотные скопления промысловых организмов? Промысловые донные животные и растения — элемент экосистемы океана и, естественно, подчиняются закономерностям, определяющим количественное распределение бентоса. К основным факторам, вызывающим локальные неслучайные скопления бентосных организмов, относятся физико-химические (рельеф дна, размеры и форма частиц осадка, его механические и гидравлические свойства и др.) и биологические (присутствие кормовых организмов, пищевых конкурентов и хищников, условия для размножения и выживания потомства и др.).

Конечные условия на конкретном участке дна определяются сложнейшим комплексом разнонаправленных и изменчивых во времени характеристик, большинство из которых очень трудно поддаются регистрации. Разные группы промыслового бентоса существенно различаются биологическими параметрами и требованиями к условиям среды, поэтому факторы, обуславливающие образование мощных скоплений (а именно такие необходимы для поддержания крупномасштабного промысла) весьма разнообразны.

Например, для трех самовоспроизводящихся популяций камчатского краба (западнокамчатской, бристольской и аяно-шантарской) указаны следующие наиболее существенные биоценологические и океанологические факторы высокой продуктивности (Родин, 1985):

а) условия и сроки массового выклева личинок в прибрежной зоне должны сочетаться с последующим их переносом течениями на участки, благоприятные для выживания молоди и формирования урожайных поколений;

б) хорошее развитие сессильного бентоса (гидроидов, мшанок, губок) и кормового бентоса в местах, где произойдет массовое оседание личинок — это необходимо для защиты и хорошего питания молоди, развивающейся из осевших личинок.

в) наличие широкого шельфа с богатой кормовой базой для взрослых особей;

г) районы шельфа, на которых обитают крабы всех возрастных групп не должны иметь значительных перепадов глубины, илистых грунтов и других барьеров, препятствующих возврату подрастающих крабов в репродуктивные районы.

Неравномерность пространственного распределения в высокой степени свойственна популяциям промысловых организмов. Участки, на которых их плотность достаточно высока для промысловых операций — **промысловые участки**, или **банки** [fishing ground; bank], разделены участками пониженной плотности или вовсе не населенных данным видом. Организмы в пределах промысловых участков также не распределены равномерно и местами образуют пятна с наиболее высокой плотностью, называемые **скоплениями**, или **ядрами** [bed; nucleus]. В пределах ядра распределение плотности для большинства седентарных видов может быть представлено нормальным распределением (Caddy, 1975).

Образование скоплений как активно передвигающихся, так и седентарных животных может объясняться несколькими причинами. Первая — это активное объединение животных. Хотя отношения между особями беспозвоночных в скоплениях во всех случаях не поднимаются выше непersonифицированных (т.е. особи в косяке, стае не распознаются индивидуально), такой способ встречается у активных подвижных видов, например, ракообразных. У седентарных видов (двустворчатые моллюски, асцидии и др.) концентрация организмов в основном обусловливается привлекающим действием взрослых особей для личинок своего вида. Третья причина образования скоплений имеет экологическую природу и обусловлена «пятнистым» распределением благоприятных для вида факторов; в этом случае животные собраны на небольшой площади просто потому, что за пределами данного участка они не могут жить.

В качестве примера пространственной организации популяций промысловых организмов рассмотрим подразделение запаса камчатского краба, выявленное Л.Г.Виноградовым (1945; рис. 3.10). Крабы обитают в пределах ограниченных и более или менее обособленных друг от друга

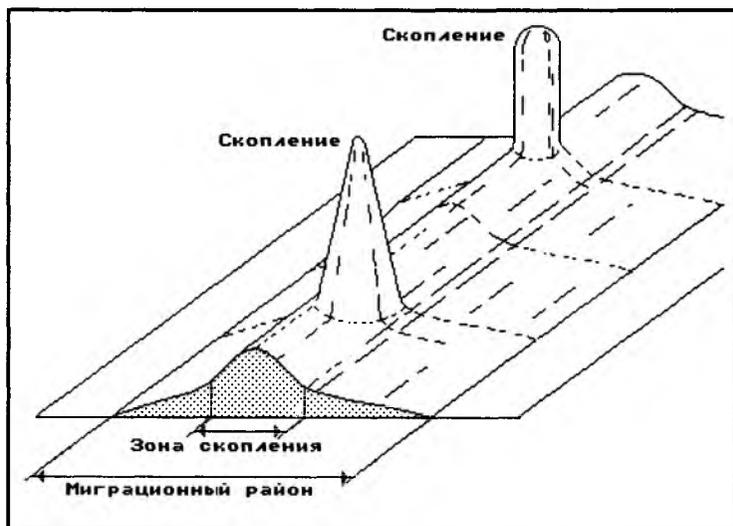


Рис. 3.10. С х е м а пространственной структуры промыслового запаса камчатского краба (ориг.; по данным: Виноградов, 1945)

миграционных районов, протяженность которых у берегов западной Камчатки около 100, Приморья — 40 миль.

При лове сетями (именно этими орудиями промыслили краба в те годы) крабы попадали в них небольшими группами, между которыми оставались свободные участки сетного полотна. Каждая такая группа является частью крабьего косяка, состоящего из десятков или сотен особей. В благоприятных для обитания местах косяки собираются в крупные промысловые скопления протяженностью в несколько миль, насчитывающие сотни тысяч и миллионы особей; площадь, занимаемая скоплением, называется крабовым полем. Промысловые скопления могут перемещаться в результате направленного движения составляющих его косяков; поле, являющееся участком дна, естественно, всегда остается на месте и занимается скоплением в определенное время года.

В пределах каждого миграционного района одна треть всего населения собирается в промысловые скопления, занимающие примерно двадцатую часть площади района. Около трети крабов рассеивается по всему миграционному району в пределах глубин, пригодных для обитания вида. Наконец, оставшаяся треть рассеивается по узкой зоне, вытянутой вдоль миграционного района и приуроченной примерно к тем же глубинам, на которых сосредоточиваются промысловые скопления. Вследствие узости зоны скоплений по сравнению с шириной всей зоны обитания крабы, придерживающиеся зоны скоплений, сосредоточены значительно плотнее, чем рассеянные по всей зоне обитания. Эти придерживающиеся зоны скоплений крабы не могут обеспечить промысловые уловы, но по их попаданию в орудия лова можно определить зону скоплений.

«Зона скоплений краба — пишет Л.Г.Виноградов (с.12-13) — не вытягивается по одной глубине на протяжении всего района: она то смещается ближе к берегу, то отклоняется дальше в море, то расширяется, переходя в промысловые скопления, то беднеет и едва выделяется посредине зоны обитания краба, то прерывается на многие мили. С течением времени зона скоплений краба либо приближается к мелководьям, либо отступает к свалу континентальной ступени; промысловые скопления перемещаются вдоль зоны, то пополняясь за счет разбросанных в море крабов, то рассредотачиваясь по дну... Зоны скоплений различных мигрирующих организмов в течение года перемещаются независимо друг от друга и чередуются в разные сезоны различным образом; но на каждом отрезке времени взаимное расположение мигрирующих рыб и ракообразных складывается столь характерно, что в пределах 2-4 недель в одном физико-географическом районе моря на всех разрезах наблюдается сходное распределение рыб и крупных десятиногих ракообразных».

Поскольку пространственные группировки камчатского краба представлены разноразмерными и разновозрастными самцами и самками в различном физиологическом состоянии, нуждающимися в различных условиях, реальная пространственная структура запаса краба значительно сложнее. Крупнейшая в мире западнокамчатская популяция камчатского краба (биомасса около 360 тыс. т) организована следующим образом (Родин, 1985).

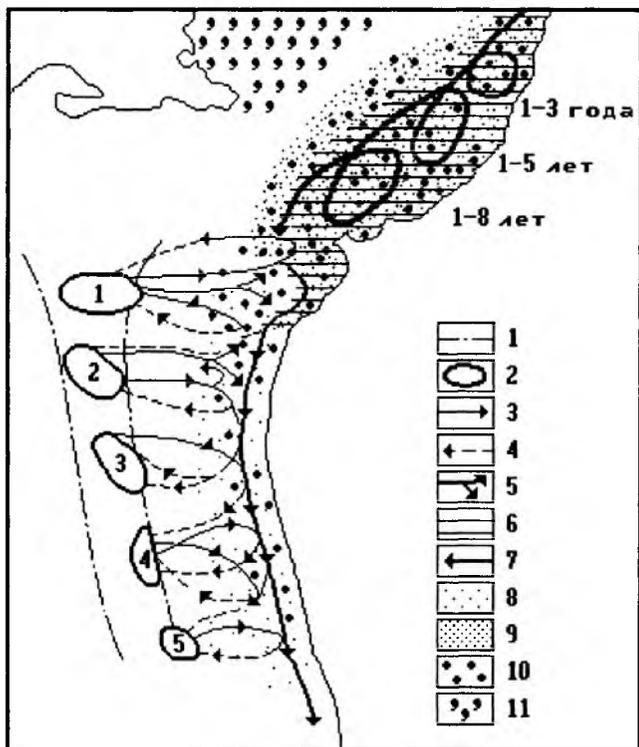
Взрослые крабы зимуют на континентальном склоне в зоне смешения теплых тихоокеанских вод с охлажденными водами мелководного шельфа. Весной крабы совершают миграцию с мест зимовки на мелководье. Самцы и самки начинают миграцию в одно время, хотя держатся отдельно друг от друга. Сроки миграций зависят от прогрева придонных вод и физиологического состояния крабов, подготавливающихся к нересту и линьке. В гидрологически холодные годы часть молодых и взрослых особей не может преодолеть при миграции к берегу зону отрицательных температур и некоторое время остается на глубинах 100-150 м; в прибрежную зону эти животные смещаются позднее. Осенью формируются осенне-зимние миграционные группировки; первыми на глубины мигрируют взрослые самцы.

Размножение краба и выклев личинок у побережья западной Камчатки может происходить почти повсеместно, однако основным репродуктивным районом является участок между $55^{\circ}00'$ и $57^{\circ}40'$ с.ш. Выклюнувшиеся личинки сносятся на север, в Пенжинский залив. Массовое оседание личинок и скопление сеголетов краба наблюдается в прибрежной зоне между 57° и 60° с.ш. Молодь в возрасте 1-8 лет постепенно мигрирует в южные районы в места обитания взрослых особей.

На основании анализа распределения и характера миграций взрослых особей и личинок западнокамчатская популяция камчатского краба (по Виноградову, 1970 — суперпопуляция) подразделяется на следующие субпопуляции: хайрюзовская, которая может классифицироваться как независимая, ичинская — полузависимая, и озерновская, представляющая собой псевдопопуляцию (рис. 3.11).

Рис. 3.11. Структура ареала западнокамчатской популяции камчатского краба (составлено В.Е.Родины; по: Шунтов, 1985)

1 — изобаты 100 и 300 м; 2 — районы зимовок хайрюзовской (1, 2), ичинской (3), колпаковской, кихчикской (4) и озерновской (5) группировок; 3 — весенние нерестовые миграции; 4 — осенние миграции на зимовку; 5 — миграционная связь между группировками; 6 — районы обитания неполовозрелых особей; 7 — миграции молоди в возрасте 1-8 лет; 8 — районы встречаемости рассредоточенных пелагических личинок на 1-2 стадиях зоеа; 9 — концентрация таких же личинок; 10 — распространение личинок на 3-4 стадиях зоеа; 11 — зона выселения



Рассмотренная схема — прекрасная иллюстрация особой важности пространственной организации популяций беспозвоночных среди других аспектов их биологии. Действительно, все основные биологические особенности организмов — циклы индивидуального развития, рост, линька и др. так или иначе преломляются в динамике пространственной организации и должны приниматься во внимание при регулировании промысла.

Другой пример — результаты детального исследования биологии краба-стригуна *Ch. opilio* в зал. Св. Лаврентия (Bouchard et al., 1986). Они показали, что состав рекрутов, включаемых в промысел, неоднороден: первая волна обусловлена ростом пререкрутов с промысловых районов глубже 90 м, тогда как особи, обитающие на мелководье, становятся доступны промыслу позже — в сезон, следующий за миграцией с мелководья в глубину (рис. 3.12).

Одинаковые по рангу единицы пространственной организации для разных видов и для одного вида в разных условиях могут соответствовать биологическим единицам разного ранга. Вопрос о пространственной организации вида относится к наиболее сложным в биологии вообще, а для водных животных с планктонной личиночной стадией — в особенности. Не входя в детали этой проблемы, отмечу, что у малоподвижных донных организмов население отдельных промысловых участков может рассматриваться как популяция, тогда общий запас соответствует мегапопуляции.

Важный элемент изучения скоплений промысловых организмов — нахождение критериев их поиска. Поиск скоплений донных беспозвоночных существенно отличается от поиска скоплений рыб. Промысловые донные скопления можно рассматривать как неподвижные по отношению к продолжительности промысла, что значительно упрощает проблему их поиска. В то же время в данном случае наиболее мощные современные поисковые средства — гидроакустические — не применимы или же их применение очень ограничено.

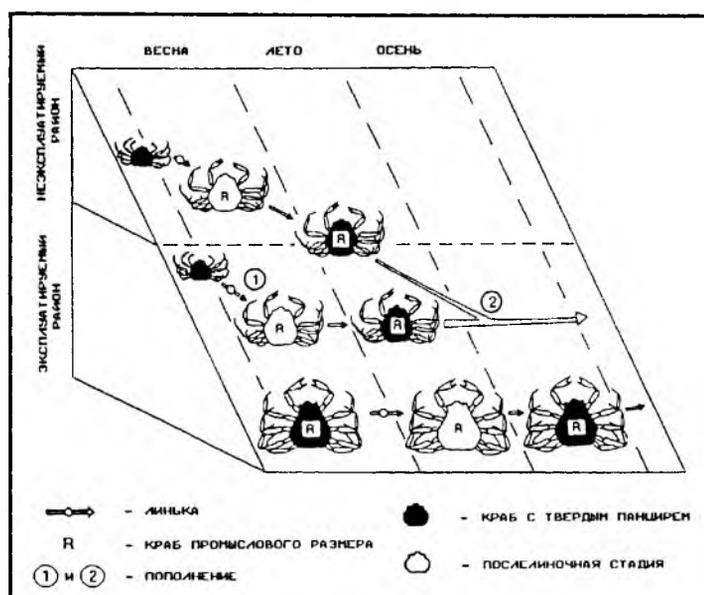


Рис. 3.12. Концептуальная модель изменения размерной структуры популяции краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в зал. Св. Лаврентия в промысловый сезон (по: Bouchard et al., 1986)

Поисковые критерии очень многообразны и их выбор в значительной мере определяется биологическими особенностями целевого объекта. В основе стратегии поиска лежит информация о распределении промысловых организмов в предшествующие сезоны, их перемещениях в зависимости от гидрологических и климатических факторов и биологического состояния. Эта информация основывается на результатах предшествующих съемок и коммерческого промысла и данных, отражающих гидрологическую обстановку. Непосредственно поиск осуществляется в ходе контрольных ловов.

В качестве критерия поисков могут выступать и биологические данные; в частности, информация о распределении одного промыслового вида может помочь в оценке распределения другого. Так, Л.Г.Виноградов (1948) обратил внимание на закономерную связь распределения камчатского краба и двух видов камбал. Он отмечал (с.24): «...в местах с благоприятными для камбал и краба условиями и богатыми крабовыми скоплениями глубинная граница распространения хоботной и мелководная граница распространения желтобрюхой камбалы заходили друг за друга. В местах, бедных крабом, эти линии раздвигались между собой. Таким образом, налегание зон обитания обоих видов камбал обостряло наше внимание на поиски краба. Расхождение зон свидетельствовало о малой вероятности нахождения краба».

2.2.2. Изменение распределения во времени

Видовой состав и количество особей донных организмов на всей акватории и ее участках постоянно меняются. Выделяют три типа связанных со временем изменений обилия и биомассы бентоса (Парсонс и др., 1982):

- кратковременные, связанные с изменением гидрологических условий или пищевой активности крупных организмов (физические нарушения);
- сезонные, зависящие от размножения и пополнения;
- долгопериодные, вызванные успешным пополнением ранее немногочисленных видов.

Любой вид живых организмов стремится заселить неограниченно большое пространство, и только разного рода преграды к расселению и противодействие других видов препятствуют этому. Вероятность заселения разных частей ареала популяции во времени не одинакова. Схематически это можно изобразить следующим образом: имеется зона предпочтения, которая заселена постоянно и численность животных в которой наиболее высока (чаще она располагается в центре ареала, но может быть смещена к его краю); ее охватывает зона регулярного заселения; на периферии располагается зона случайных появлений организмов под влиянием необычных абиотических и биотических условий.

Пространственные перемещения взрослых особей свойственны только животным. Они могут осуществляться беспорядочно и в таком случае обозначаются термином расселение, или же носят организованный направленный характер — в таких случаях говорят о миграции.

В основе миграций лежит стремление животных найти условия, наиболее необходимые им в данный момент, т.е. наиболее полно отвечающие их физиологическому состоянию, а также условия, наиболее благоприятные для воспроизводства. Миграции происходят потому, что, во-первых, потребности организмов меняются во времени и, во-вторых, участки с разными условиями пространственно более или менее разобщены.

У донных беспозвоночных во взрослом состоянии наблюдаются три основных типа миграций — сезонные, кормовые (нагульные) и нерестовые (репродуктивные). Однако часто миграция носит комплексный характер и позволяет организму одновременно решить несколько проблем — например, в ходе дальних миграций камчатского краба меняется состав пищевых объектов, происходят нерест и линька, причем эти процессы тесно взаимосвязаны. По периодичности миграции бывают регулярными ежегодными (например, камчатского краба у западной Камчатки), нерегулярными и эпизодическими.

Перемещения взрослых особей — далеко не самый важный механизм изменения пространственного распределения; для неподвижных же видов, к которым относятся многие донные животные и все растения, он вообще неприменим. У большинства видов бентоса в жизненном цикле имеются одна или несколько стадий, развитие которых проходит в толще или на поверхности воды и которые могут течениями переноситься на значительные расстояния. Функцию расселительной стадии могут играть половые продукты, личинки, у водорослей — зооспоры.

Ограничение способности к расселению одной стадии может компенсироваться развитием другой. Например, у дальневосточного трепанга яйца тяжелее воды и опускаются на дно в непосредственной близости от животного, но имеется планктонная личинка; у обитающей в сходных условиях японской кукумарии стадия плавающей личинки выпадает, но яйца легче воды и выполняют функцию расселительной стадии.

Наибольшее значение в динамике численности и пространственной организации популяций имеют изменения, связанные с размножением и расселением личинок. Для многих видов беспозвоночных чрезвычайная нерегулярность воспроизводства есть норма. Особенно сильно такие флуктуации выражены в группах с продолжительной планктонной стадией развития и планктотрофной личинкой, что характерно для многих коммерчески важных моллюсков и ракообразных (Caddy, 1975).

Успешность оседания личинок зависит от совпадения двух условий: их готовности к метаморфозу и наличия подходящего субстрата. Массовое оседание у моллюсков часто сопровождается катастрофической смертностью взрослых особей из-за неблагоприятных условий среды; за высокой зимней смертностью часто следует мощное оседание, что объясняется, по-видимому, появлением «свободного пространства», образуемого из-за гибели взрослых особей. У бентосных организмов, обитающих в двумерной среде, каковой является поверхность дна, внутривидовая конкуренция за пространство, несомненно, более острая, чем у рыб, обитающих в трехмерной среде.

Личинки многих сессильных беспозвоночных привлекаются взрослыми особями, но их выживаемость в смешанных по возрасту поселениях

может быть низкой из-за конкуренции за пространство и пищу, поскольку взрослые животные более устойчивы к неблагоприятным условиям среды и нехватке пищи. Так, в популяциях закапывающихся двустворчатых моллюсков наблюдалась обратная корреляция между числом рекрутов и общим запасом (включая неполовозрелых пострекрутов). Во многих поселениях последовательные возрастные группы не встречаются совместно, демонстрируя исключение молодых особей из плотных поселений взрослых. Указанные факторы приводят к неравномерности пространственного распределения донных гидробионтов и неоднозначности во взаимоотношениях величины родительского стада и пополнения, что определяет фундаментальные особенности динамики промыслового запаса этих организмов (см. главу 5).

Характер пространственной динамики популяций в значительной степени обусловлен биологическими особенностями вида, в частности, степенью подвижности взрослых особей и распределительных стадий. Высокоподвижные во взрослом состоянии организмы до тех пор, пока падение численности не достигло критического порога, могут сохранять размеры и форму заселенных участков, хотя средняя плотность их снижается. Для малоподвижных и прикрепленных организмов вылов очень существенно сказывается на распределении, и восстановление пространственной структуры может произойти только после сезона размножения за счет осевшей молоди.

3. Биология донных организмов

3.1. Образ жизни

Бентос — совокупность живых организмов, обитающих на дне водоема, — представлен животными (зообентос) и растениями (фитобентос). Практически все растения-макрофиты и большая часть животных обитают только на дне (собственно бентический образ жизни), тогда как некоторые связанные с дном животные способны плавать в наддонном слое воды (бенто-нектический образ жизни). (Эта классификация затрагивает только взрослых особей; личинки большинства донных животных ведут плавающий образ жизни и являются компонентом планктона.)

Из беспозвоночных к чисто бентическими животными относятся губки, коралловые полипы, черви, большинство ракообразных и моллюсков, асцидии. Бенто-нектический образ жизни ведут некоторые ракообразные (креветки, галатеиды) и головоногие моллюски (кальмары и каракатицы). Водоросли-макрофиты могут в некоторых крайне редких случаях терять связь с дном и становятся плавающими формами.

Хотя все организмы бентоса тесно связаны с дном, характер этой связи многообразен. Одни виды используют субстрат только как опору, другие — как убежище, третьи находят на нем кормовые организмы и даже используют его как пищевой материал. Способ связи с субстратом зависит как от видовых особенностей животных, так и от его характеристик. Чаще

всего в качестве субстрата выступает донный грунт, реже — другие донные животные и искусственные сооружения.

Все бентические организмы делятся на обитателей поверхности грунта — эпибентос (животные и растения), и его толщи — закапывающихся животных, или инфауну. Эпибентические организмы встречаются как на твердых (скалы, валуны, камни, гравий), так и на мягких (песок, ил) грунтах. Инфаунные организмы обитают только в мягком грунте (исключение составляет очень небольшое число видов-камнеточцев).

К эпибентосу относятся все донные растения и большинство животных. Эпифауна — экологически сборное понятие, объединяющее виды, значительно различающиеся поведением и характером связи с дном. В эту группу входят открыто живущие подвижные животные (многие крупные крабы и крабиды, морские ежи и др.), животные, обитающие в убежищах (лангусты, омары, осьминоги), малоподвижные и неподвижные свободнолежащие и прикрепленные формы.

Настоящих закапывающихся видов среди промысловых животных немного — это прежде всего некоторые двустворчатые моллюски. Временно закапывающийся (норный) образ жизни ведут некоторые ракообразные (например, норвежские омары), голотурии и представители некоторых других групп.

Закапывающиеся животные могут обитать в норах, не показываясь на поверхность дна, но чаще тем или иным способом связаны с ней. Наиболее разнообразная группа промысловой инфауны — двустворчатые моллюски — значительно различаются глубиной закапывания. Одни виды живут в самом поверхностном слое грунта, оставляя открытой значительную часть тела, другие обитают ниже поверхности грунта, вытягивая на

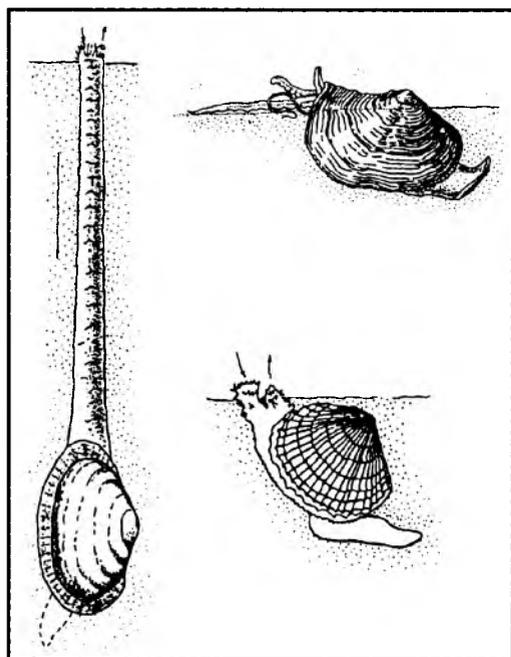


Рис. 3.13. Схема расположения в грунте некоторых закапывающихся двустворчатых моллюсков (по: Кузнецов, 1980)

поверхность различные придатки, третьи закапываются на глубину до 0,5 м и больше, получая кислород для дыхания и пищу с помощью длинных сифонов (рис 3.13).

В течение года в зависимости от физиологического состояния животных их образ жизни может меняться. Так, крупные крабы и крабоиды обычно свободно передвигаются по дну, но в период линьки они нуждаются в укрытиях; укрываются после нереста голотурии.

По степени подвижности выделяют подвижный (вагильный) и неподвижный (сессильный, сидячий) бентос. К подвижным группам относится большинство ракообразных, брюхоногие и головоногие моллюски, морские ежи, многие голотурии. Следует отличать подвижность особей как физиологическую характеристику от способности преодолевать значительные расстояния — из двух видов с одинаковой степенью физиологической подвижности один может придерживаться крайне ограниченного участка, а другой — совершать многокилометровые перемещения. Уровень подвижности не остается стабильным в течение года и в некоторые периоды может существенно снижаться, а в другие повышаться.

Движение гидробионтов осуществляется разными способами: ползанием с помощью конечностей (крабы), волнообразного сокращения тела (брюхоногие моллюски), амбулакральных ножек (иглокожие); плаванием с помощью гребных ножек (креветки, крабы-плавунцы), хвостовой лопасти (лангусты, креветки, галатеиды), плавников (каракатицы), воронки для создания реактивной силы (кальмары, осьминоги); заякориванием в грунте с последующим подтягиванием тела (двустворчатые моллюски) и др. Некоторые виды, ведущие строго донный образ жизни, способны плавать. Так, гребешки, обычно лежащие на дне, при необходимости (например, нападение хищника), способны, быстро смыкая створки и выбрасывая воду, совершать прыжки и даже плавать.

Малоподвижные и неподвижные формы делятся на свободноживущих и прикрепленных. К первой категории относятся многие моллюски (гребешки, клемы, тридакны, древовиднощупальцевые голотурии), ко второй — мидии, устрицы, коралловые полипы, губки, асцидии и другие. Прикрепление осуществляется разными способами и может быть постоянным или допускать открепление. Большинство прикрепленных животных (губки, коралловые полипы, асцидии) прирастают к субстрату подошвой, створки устриц, трубки кольчатых червей прикрепляются цементирующим веществом. Мидии и некоторые другие моллюски прикрепляются к субстрату биссусными нитями; при необходимости моллюски сокращением мышц обрывают биссус и перемещаются. Своеобразный способ прикрепления, который используют пинны и некоторые другие двустворчатые моллюски — заякоривание в рыхлом грунте.

Подавляющее число донных растений — прикрепленные организмы, связанные с дном ризоидами (водоросли) или корнями (морские травы). Однако некоторые очень важные в промысловом отношении виды красных водорослей (анфельция, филлофора и др.) образуют неприкрепленные формы и теряют непосредственный контакт с грунтом

Очень велика размерная шкала бентоса — от обитающих между частичками донного осадка организмов размером менее миллиметра (естественно,

среди них нет промысловых) до животных размером в несколько метров и растений — в несколько десятков метров. Общепринятая терминология для обозначения размеров донных обитателей не выработана. Обычно животных размером до нескольких миллиметров называют микробентосом, до нескольких сантиметров — макробентосом и размером десятки сантиметров и крупнее — мегалобентосом.

3.2. Питание

Питание животных — сложный многокомпонентный процесс, включающий поиск, захват и переработку пищевых объектов. Возможны несколько вариантов трофической классификации животных, исходящие из разных критериев.

А. По составу пищевых объектов

а) **Сестонофагия** — потребление взвешенных в толще воды частиц (сестона) — детрита (мертвых органических частиц и ассоциированных с ними бактерий) и планктона (мелких плавающих животных и растений). Представители: губки, двустворчатые моллюски, древовиднощупальцевые голотурии, асцидии.

б) **Депозитофагия** — потребление детрита, осажденного на поверхности грунта и захороненного в его толще (небольшое число видов ракообразных и двустворчатых моллюсков, щитовиднощупальцевые голотурии).

в) **Плотоядность** — потребление живых животных и их трупов (многие ракообразные, многие брюхоногие и головоногие моллюски, коралловые полипы).

г) **Фитофагия** — потребление живых растений и их фрагментов (морские ежи, некоторые брюхоногие моллюски).

д) **Некрофагия** — потребление остатков организмов в разной степени разложения (многие ракообразные, морские ежи).

е) **Полифагия** — потребление разных типов объектов (многие ракообразные, некоторые брюхоногие моллюски).

Б. По способу захвата пищевых объектов

а) **Фильтрация** — активное или пассивное отсеивание пищевых частиц из толщи воды (некоторые двустворчатые моллюски, асцидии).

б) **Седиментация** — создание условий для оседания пищевых частиц из толщи воды на поверхности тела или на специальные ловчие устройства (некоторые двустворчатые моллюски, древовиднощупальцевые голотурии).

в) **Пастьба** — питание малоподвижными и неподвижными организмами (животными и растениями). Осуществляется собиранием (ракообразные, щитовиднощупальцевые голотурии, небольшое число видов двустворчатых моллюсков), объеданием (морские ежи, брюхоногие моллюски), соскабливанием (брюхоногие моллюски) и другими способами. Для добычи пищевых объектов служат щупальца (коралловые полипы, черви, голотурии), сифоны (двустворчатые моллюски, асцидии), зубы (морские ежи, брюхоногие моллюски) и др.

г) **Охота** — питание крупными и/или активными животными, умерщвление которых требует специального усилия. Охота осуществляется активным поиском (большинство групп), подкарауливанием (осьминоги, каракатицы) или пассивным ожиданием (коралловые полипы) добычи. Для захвата и умерщвления жертвы используются челюсти и присоски (головноногие моллюски), клешни (ракообразные), ядовитые железы (головноногие и брюхоногие моллюски), стрекательные клетки (коралловые полипы) и другие приспособления.

Многие организмы не придерживаются жестко того или иного состава пищевых объектов и типов питания, модифицируя его в зависимости от внешних условий. Например, типичные фитофаги — морские ежи — при возможности охотно потребляют животные остатки и даже живых животных. Состав пищевых организмов может зависеть от физиологического состояния животных. Так, ракообразные в определенные периоды увеличивают потребление иглокожих и моллюсков, поскольку нуждаются в кальции для образования нового панциря.

Важный практический интерес представляет информация об интенсивности питания промысловых организмов. Этот показатель очень изменчив и зависит от состава пищевых объектов, температуры и других факторов. Интенсивность питания подвержена значительным сезонным колебаниям; у большинства животных она снижается или даже прекращается в период размножения (см. раздел 3.6).

3.3. Поведение

Значение для рыбохозяйственной науки информации о поведении донных гидробионтов определяется двумя основными причинами. Первая заключается в том, что биологические реакции организмов на любые воздействия — как естественные, так и антропогенного характера — реализуются через поведение. Вторая, более частная, но практически не менее важная причина, состоит в том, что знание образа жизни и поведенческих особенностей организмов лежит в основе конструирования орудий лова, разработки технологии их использования, планирования пространственного распределения промысловых операций, выработке мер по охране запасов.

Хотя поведение организмов — процесс комплексный, и один и тот же поведенческий акт может быть направлен на решение нескольких задач, принято выделять отдельные типы поведения: пищедобывательное, репродуктивное, оборонительное, миграционное и др. Все они в той или иной степени важны для рыбохозяйственной деятельности.

На пищедобывательном поведении основано действие такого важного типа орудий лова беспозвоночных, как ловушки. Способность животных реагировать на запахи разной концентрации, дальность обнаружения приманки, точность определения ее местонахождения в значительной степени определяют результативность лова. Большое значение для эффективности ловушек имеет характер поведения особей при взаимном сближении, степень их агрессивности и др.

Наиболее интересные материалы по поведению отдельных видов получены при использовании подводных методов. Так, наблюдение за командорским кальмаром (Алексеев и др., 1989) позволили выделить 6 типов поведенческих реакций этих животных на постоянные источники света и два типа — на импульсную лампу-вспышку (рис. 3.14). Наибольший практический интерес представляет реакция залегания кальмаров на грунт (затаивание), что дает возможность облавливать их донными тралами.

Очень важны сведения о поведении промысловых ракообразных. Еще с середины 60-х годов известно, что эти животные могут при некоторых условиях образовывать очень плотные скопления. Хорошо изучены «цепочечные» агрегации лангустов (Herrkind, 1980). Плотные агрегации в период линьки образуют многие виды промысловых королевских крабов-стригунов (Stevens et al., 1992, 1994). В самое недавнее время водолазы обнаружили и документально зафиксировали — образование молодью камчатского краба плотных шаровидных «клубков» [pods]. В каждом клубке насчитывается 500-800 животных (Dew, 1990). «Клубки» еще более крупных размеров, включающие 2 тыс. и более животных могут образовывать и взрослые особи некоторых видов крабов (Stevens et al., 1994). Биологический смысл образования столь плотных скоплений и режим их образования и разрушения пока до конца не выяснены.

3.4. Размножение

Способ и характер размножения вида — одна из основополагающих биологических характеристик. К числу наиболее общих понятий, отражающих

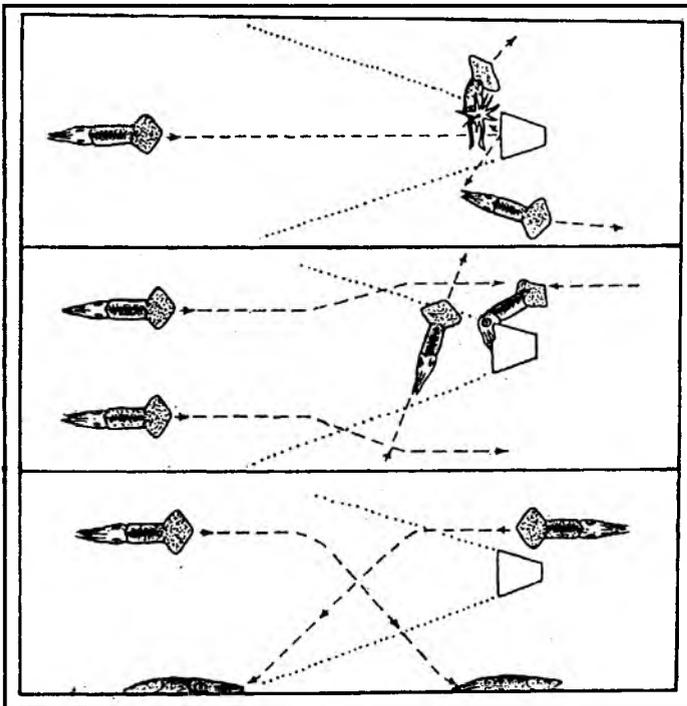


Рис. 3.14. Реакции командорского кальмара на свет (по: Алексеев и др., 1989)

Вверху — атака светильника; в центре — подход на свет, пересечение световой зоны, подход и ощупывание светильника; внизу — залегание на грунт

основные особенности существования и размножения организмов, относится жизненный цикл. Несмотря на чрезвычайное разнообразие жизненных циклов их можно объединить в несколько основных типов (Бигон и др., 1989), различающихся общей продолжительностью цикла, дискретностью или непрерывностью размножения, количеством актов размножения, наличием и степенью перекрывания поколений (рис. 3.15).

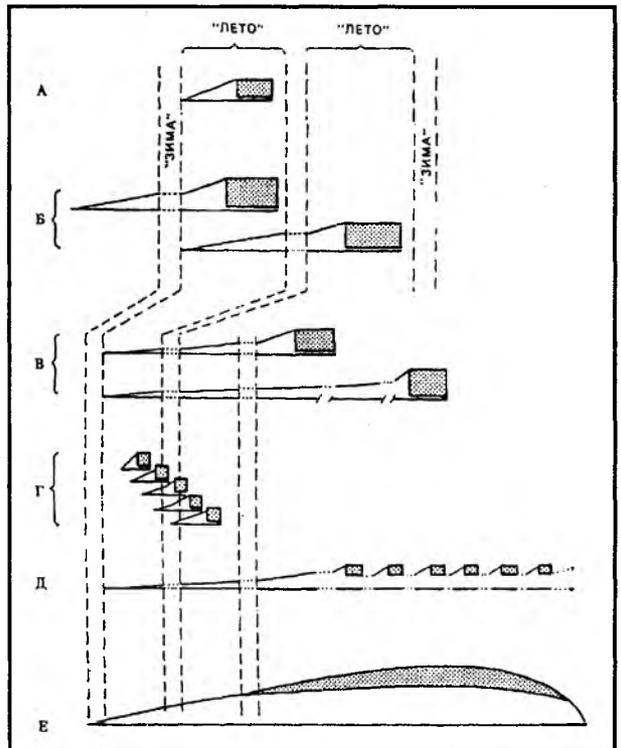
Подавляющее большинство донных беспозвоночных размножаются только половым путем, и лишь в некоторых группах (губки, кишечнополостные, голотурии) наблюдается также и бесполое размножение.

У прикрепленных и малоподвижных животных (из важных промысловых групп — двусторчатые моллюски) половые продукты выбрасываются непосредственно в воду, и для успешного оплодотворения необходимо достижение определенной концентрации половых продуктов в воде. Поэтому у таких видов существуют механизмы, обеспечивающие синхронизацию нереста — «эпидемия нереста», начавшись на каком-либо локальном участке, распространяется по всему поселению.

У подвижных организмов происходит спаривание, характер которого в разных группах различается. У брюхоногих моллюсков наблюдается настоящая копуляция, при которой сперма вводится в половые органы самки с помощью специального совокупительного органа. У ракообразных спариванию обычно предшествует линька самки. Во время спаривания самец выпускает сперму или переносит видоизмененными брюшными ножками сперматофоры в наружные половые органы или на поверхность брюшка самки. У головоногих моллюсков оплодотворение происходит с помощью пениса или сперматофоры переносятся гектокотилизированной рукой.

Рис. 3.15. Типы жизненных циклов (по: Бигон и др., 1989)

Длина полосы соответствует продолжительности жизни особи, высота — размеру тела, толщина закрашенного фрагмента — доле наличных ресурсов, направляемой на размножение. А — организмы «однолетники» с однократным размножением; Б — организмы с однократным размножением и с перекрывающимися поколениями — «двулетники»; В — то же с неопределенной продолжительностью жизненного цикла; Г — организмы с непрерывным однократным размножением; Д — организмы с многократным размножением и с перекрывающимися поколениями; Е — организмы с непрерывным многократным размножением



Яйца у беспозвоночных чаще выбрасываются в воду и, в зависимости от плотности, либо опускаются на дно, либо плавают в толще или на поверхности воды. Ракообразные вынашивают икру на брюшных ножках. Брюхоногие и головоногие моллюски откладывают яйца на поверхность субстрата в специальной капсуле.

Для эксплуатации ресурсов донных организмов очень важна информация о сроках и районах нереста. Именно на основании этих данных вырабатываются основные меры охраны запаса, определяются сроки и районы, закрытые для промысла.

Изучение динамики размножения промысловых животных осложняется тем, что все репродуктивные характеристики чрезвычайно изменчивы и очень сильно зависят от географического положения района, гидрографических условий и других факторов. В качестве примера приводится изменчивость сроков нереста важнейшей промысловой голотурии дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* на разных участках его ареала (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Сроки нереста дальневосточного трепанга (по: Левин, 1982)

Район	Месяц						
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
О-в Хоккайдо							
о-в Окусири							
Масике							
Муроран							
Сикабе							
О-в Хонсю							
зал. Онагава							
Мотомори							
Камидзима							
зал. Канагава							
Желтое море							
Зал. П. Великого							
зал. Восток							
о-в Путятин							
б. Новгородская							
б. Миноносок							

Особое значение имеет знание репродуктивных механизмов для промысловых иглокожих — морских ежей и голотурий. Морские ежи добываются исключительно с целью использования их половых продуктов, и степень развития последних определяет всю стратегию организации про-

степень развития последних определяет всю стратегию организации промысла. У голотурий хотя и используются другие части тела, из гонад готовят деликатесный продукт (японск. «коноко»), стоимость которого в десятки раз превышает стоимость стенки тела; для этой группы иглокожих знание репродуктивного цикла также в значительной степени сказывается на коммерческих результатах промысла.

Очень сложные и чрезвычайно многообразные способы размножения демонстрируют водоросли. Для этих растений характерно существование трех способов размножения — полового, бесполого и вегетативного (см. главу 1).

3.5. Развитие и рост

В течение жизни организм растет и развивается. Для большинства видов беспозвоночных характерно развитие с метаморфозом, в ходе которого строение и образ жизни животного претерпевают коренные изменения. В наиболее общей форме схема индивидуального развития включает следующие стадии: оплодотворенное яйцо → личинка → молодой организм → взрослый организм. Реальные жизненные циклы значительно сложнее и у разных групп могут очень существенно различаться (см. главу 1).

Так, ракообразным свойственна периодическая линька, затрагивающая всю их организацию. Так как расти организм может только во время линьки, пока панцирь мягкий, для всех ракообразных характерен своеобразный ступенчатый рост (рис. 3.16). С линькой связано и размножение этих животных.

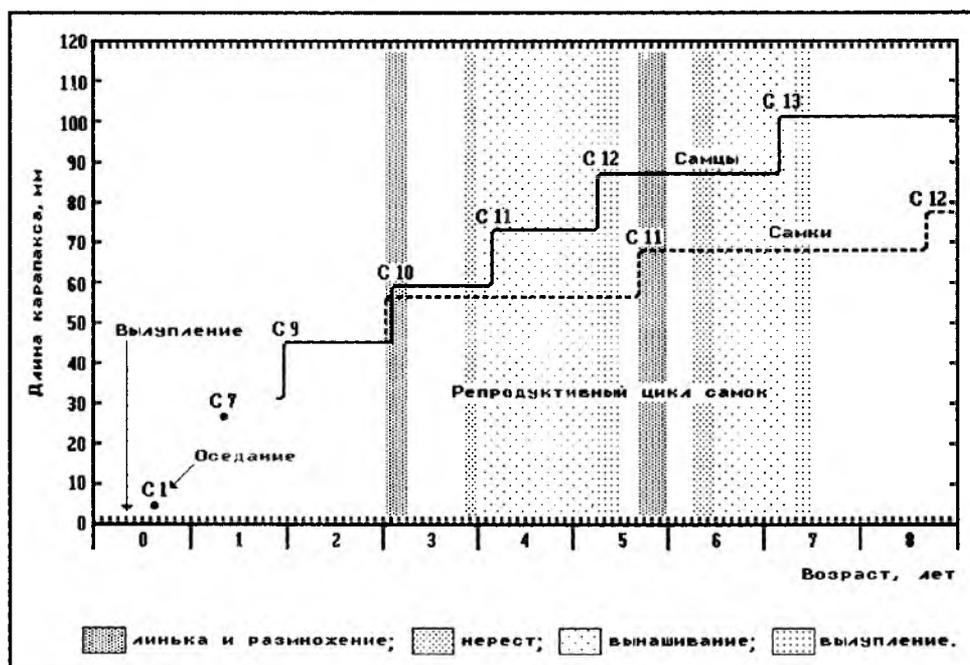


Рис. 3.16. Рост волосатого краба *Erimacrus isenbeckii* (по: Armetta, Stivens, 1987)

В ходе развития и роста происходят изменения во всех структурах организма, его поведении, интенсивности физиологических процессов. В некоторых группах возрастные изменения затрагивают и другие системы. Так, у креветок в течение жизни наблюдается смена пола: вначале эти животные функционируют как самцы, а затем превращаются в самок (протерандрический гермафродитизм) (рис. 3.17).

Очень серьезные возрастные изменения наблюдаются и у растений. Их характер связан с морфологическими особенностями и жизненным циклом того или иного вида и может выражаться в изменении пропорций тела, количестве листьев или отростков слоевища, и др. (рис. 3.18).

Строение и образ жизни личинок принципиально отличается от соответствующих особенностей взрослых особей, и их изучение представляет собой специфическую область исследований биологии промыслового бентоса.

У морских бентических животных встречаются два основных типа личиночного развития — планктотрофный и непланктотрофный. Планктотрофному типу соответствуют питающиеся личинки, способные существовать в планктоне недели и даже месяцы. Непланктотрофный тип делится на лецитотрофный — личинки имеют запас желтка и не питаются в течение тех дней или часов, которые они проводят в планктоне, и на формы, у которых свободноплавающие личинки отсутствуют.

Один из важных для анализа пространственной динамики запаса параметров — сроки пребывания личинок в планктоне, которые у разных видов в разных районах значительно варьируют (табл. 3.2).

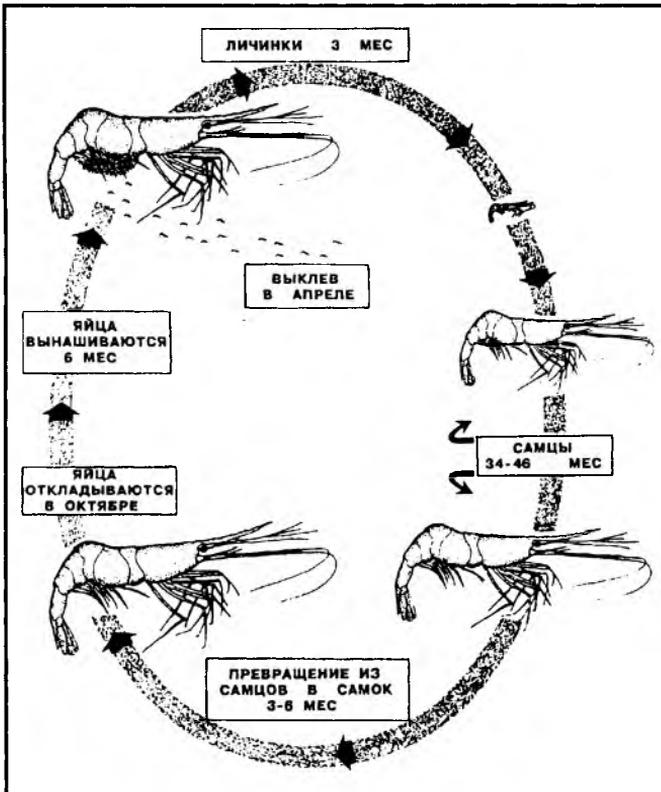


Рис. 3.17. Рис. Жизненный цикл северного шримса *Pandalus borealis* (по: Barr, 1970)

В ходе развития и роста происходят изменения во всех структурах организма, его поведении, интенсивности физиологических процессов. В некоторых группах возрастные изменения затрагивают и другие системы. Так, у креветок в течение жизни наблюдается смена пола: вначале эти животные функционируют как самцы, а затем превращаются в самок (протерандрический гермафродитизм) (рис. 3.17).

Очень серьезные возрастные изменения наблюдаются и у растений. Их характер связан с морфологическими особенностями и жизненным циклом того или иного вида и может выражаться в изменении пропорций тела, количестве листьев или отростков слоевища, и др. (рис. 3.18).

Строение и образ жизни личинок принципиально отличается от соответствующих особенностей взрослых особей, и их изучение представляет собой специфическую область исследований биологии промыслового бентоса.

У морских бентических животных встречаются два основных типа личиночного развития — планктотрофный и непланктотрофный. Планктотрофному типу соответствуют питающиеся личинки, способные существовать в планктоне недели и даже месяцы. Непланктотрофный тип делится на лецитотрофный — личинки имеют запас желтка и не питаются в течение тех дней или часов, которые они проводят в планктоне, и на формы, у которых свободноплавающие личинки отсутствуют.

Один из важных для анализа пространственной динамики запаса параметров — сроки пребывания личинок в планктоне, которые у разных видов в разных районах значительно варьируют (табл. 3.2).

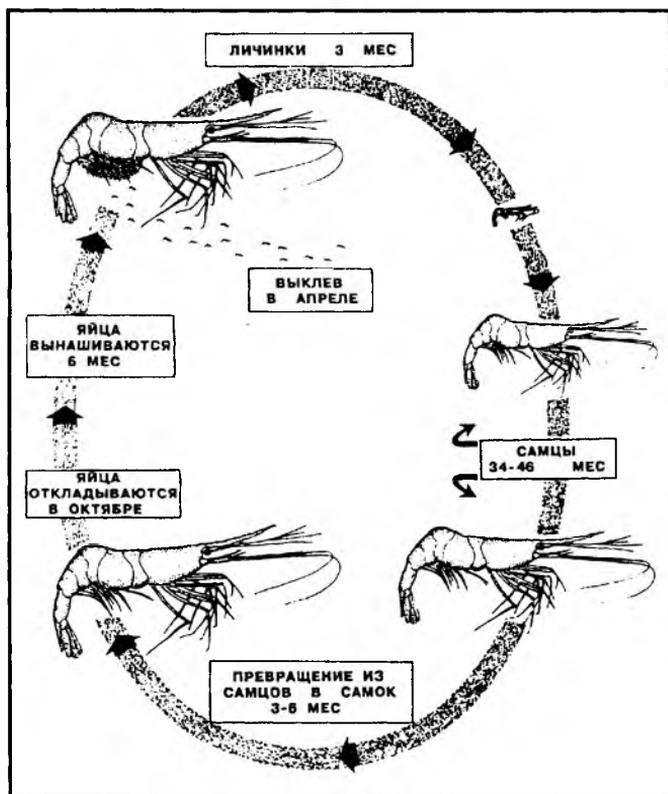


Рис. 3.17. Рис. Жизненный цикл северного шримса *Pandalus borealis* (по: Вагг, 1970)

Все сезонные циклы организма тесно скоординированы, и относительно того, какой является первичным, а какой увязан с ним, удастся высказать только самые общие соображения. Так, в некоторых случаях таким ключевым фактором служит, по-видимому, сезонное изменение количества и/или состава пищи; это более свойственно животным-сестонофагам, поскольку взвешенное органическое вещество — более изменчивый источник питания, чем осажденный детрит и живые организмы и их остатки.

На цикличности биологических процессов основана вся система организации промысла, поскольку цикличность, сезонность промысла — одна из характерных его особенностей. В то же время зависимость периодичности промысла от биологии промысловых объектов носит сложный характер и объясняется тремя группами хотя и взаимосвязанных, но различающихся факторов.

Первая, включающая сезонные перемещения животных, сезонные изменения уровня интенсивности питания и реакции на орудия лова, определяет результативность промысла. Вторая группа, также основанная на биологических особенностях, определяет возможность промысла и связана с необходимостью защиты популяций в наиболее уязвимые периоды — размножение, линька и др. Наконец, третья группа, определяющая целесообразность промысла, связана с сезонными изменениями технoхимических характеристик объектов промысла.

Информация о сезонных циклах используется и при решении ряда других рыбохозяйственных задач: описания (наряду с другими данными) структуры и динамики популяций для оценки величины возможного вы-

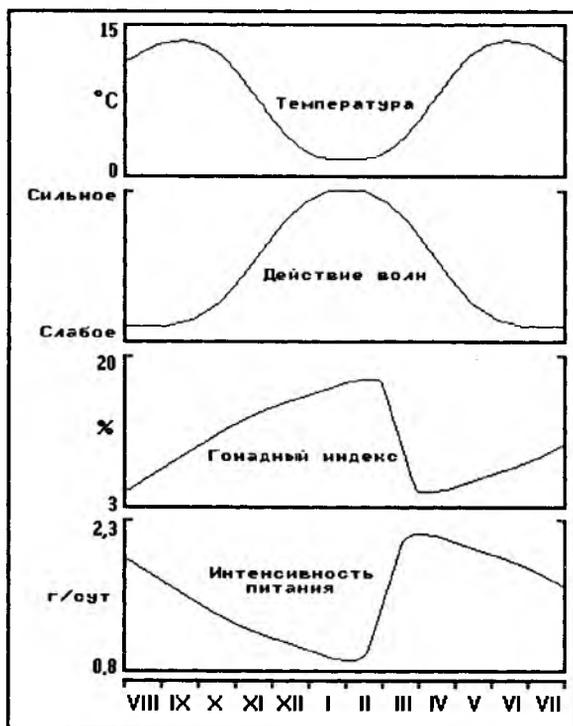


Рис. 3.19. Годовая динамика развития гонад и интенсивности питания у морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* (по: Pringle et al., 1980)

лова; выработки мер защиты промыслового запаса; установления разрешенного полового состава улова, запретных для промысла периодов и других ограничений, связанных с обеспечением репродуктивного успеха эксплуатируемой популяции, и др.

3.7. Внутри- и межвидовые отношения, враги и болезни

Организм связан с особями своего и других видов многообразными отношениями, которые могут быть для него безразличными (нейтральными), благоприятными (положительными) или вредными (отрицательными). Обычно полезные и вредные компоненты отношений между особями проявляются комплексно — например, скопление особей одного вида может иметь для индивидуального животного как положительный эффект (меньшая вероятность обнаружения хищником), так и отрицательный (конкуренция). При внутривидовых отношениях положительные или, по крайней мере, нейтральные проявления, как правило, преобладают, о чем можно судить по большой распространенности стайного или агрегированного распределения животных. Необходимо обратить внимание на то, что оценки «знака» эффекта для отдельной особи и вида часто не совпадают — гибель особи может быть полезна для популяции и вида в целом.

Основные отрицательные аспекты внутривидовых отношений — конкуренция и каннибализм. В конкурентные отношения животные могут вступать за пищу, пространство, партнера для размножения, растения — за лучшие условия освещенности. Каннибализм распространен у многих хищных животных; чаще поедается молодь своего вида, иногда же и взрослые особи. В нормальных для вида условиях, когда плотность популяции не превышает емкости местообитания, конкуренция и каннибализм не сказываются существенно на ее численности.

Наиболее полно изучено влияние на численность и состояние популяций промысловых донных гидробионтов хищничества. Список видов, питающихся взрослыми промысловыми животными и растениями и их молодь, весьма обширен. Однако при хорошем состоянии популяций изымаемые хищниками особи не снижают их общую воспроизводительную способность. Хищники становятся опасными только при значительном относительном повышении их численности, происходящем вследствие естественных причин или вмешательства человека — в частности, промысла.

Пищевые связи в экосистемах носят не линейный характер, а образуют сложные сети; один и тот же вид в зависимости от возраста, размера, физиологического состояния и других параметров может входить в разные блоки этих сетей, выступая в одних случаях как хищник, в других — как жертва (рис. 3.20). Некоторые аспекты взаимоотношений хищник-жертва для эксплуатируемых промыслом популяций рассмотрены в главе 5.

Значимый аспект межвидовых отношений — сожительство. На поверхности тела организма и в его тканях поселяется множество видов животных и растений. Поселение прикрепленных организмов на поверхности тела обозначается термином обрастание. Чаще всего в качестве обрастателей

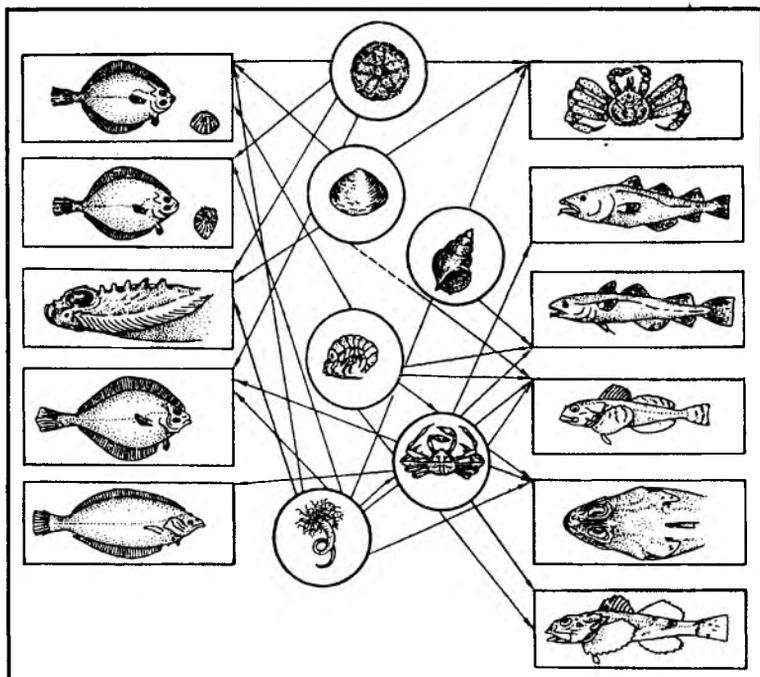


Рис. 3.20. Схема пищевых связей донных рыб и камчатского краба на западнокамчатском шельфе (по: Кусякин, 1989)

выступают усонogie ракообразные, многoшетинковые черви, мшанки, гидроиды, водоросли (рис. 3.21). Обрастающие, пока их развитие не очень интенсивно, безразличны для носящего их животного, а иногда даже полезны (маскировка, дополнительный источник питания). При массовом развитии они могут затруднять передвижение хозяина, конкурировать с ним за пищу и даже приводить к его гибели. При промысле некоторых объектов (например, крабов) немаловажное значение имеет и то, что обрастатели снижают их коммерческую ценность.

Сожители могут не только поселяться на поверхности тела, но и проникать внутрь организма. Так, некоторые черви, моллюски, губки сверлят раковины брюхоногих и двустворчатых моллюсков. При их массовом развитии стенки раковины теряют прочность и животное может погибнуть. Множество сожителей обитает в полости тела и органах промысловых животных (например, зооксантеллы в тканях брюхоногих моллюсков, рыбы карапусы, находящие убежище в кишечнике голотурий).

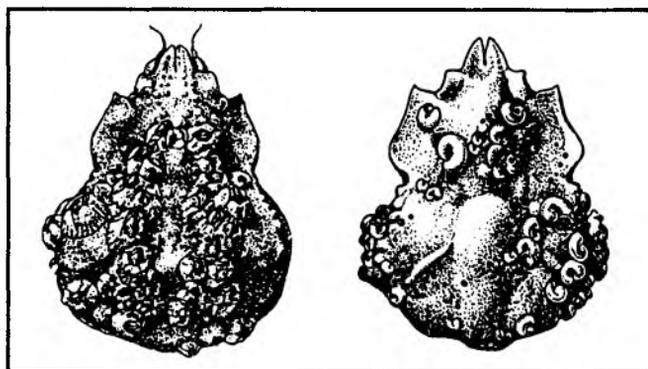


Рис. 3.21. Панцири краба с обрастанием усоногими раками и многoшетинковыми червями (по: Атлас беспозвоночных..., 1955)

К сожителям примыкает группа паразитов. Между ними нет резкой границы, поскольку некоторые виды в зависимости от условий могут быть нейтральными для организма сожителями, а могут и причинять хозяину вред и вызывать его гибель. Существуют и множество облигатных паразитов, не способных существовать самостоятельно.

Роль межвидовых отношений далеко не ограничивается воздействием на индивидуальные организмы. При высокой интенсивности эти отношения могут приводить к существенной перестройке состава и численности популяций промысловых видов и даже среды их обитания. Особенно напряженная межвидовая конкуренция существует в прибрежной зоне. В этом плане характерны отношения между двумя важными в промысловом отношении группами мелководного бентоса — бурыми водорослями и морскими ежами.

Численность этих организмов находится в состоянии неустойчивого равновесия. В обычных условиях выедание ежами водорослей компенсируется восстановлением последних. Однако в некоторых случаях при сочетании благоприятных для ежей факторов (массовый выход личинок, хорошие условия выживания молоди, уничтожение хищников) численность животных резко возрастает и выедание ими водорослей усиливается. Если интенсивность не превышает определенного предела, вступают в действие естественные механизмы ограничения численности ежей, и цикл повторяется (рис. 3.22). Если же пресс выедания слишком силен, уничтожение взрослых растений нарушает условия воспроизводства молоди, и водорослевые заросли исчезают, заменяясь обычно корковыми известковыми красными водорослями (такие участки в англоязычной литературе именуются *barren ground*, в японской — «изояке»).

Огромный урон популяциям промысловых донных организмов наносят болезни. Описаны многочисленные случаи массовой гибели различных беспозвоночных (моллюсков, ракообразных, иглокожих и др.) и растений-макрофитов в результате заболеваний и поражения паразитами. К сожалению, паразиты и болезни донных гидробионтов изучены очень слабо. Наиболее полная информация имеется только по группам, которые культивируются в естественной среде или в заводских условиях — двустворчатым моллюскам, креветкам и др. (Disease diagnosis..., 1988; Disease processes..., 1988; Bell, Lightner, 1989; Johnson, 1989; Elston, 1990). Очень мало данных о болезнях водорослей.

3.8. Стрессовые факторы

Живой организм подвергается действию множества факторов, как физико-химических, составляющих абиотический компонент среды обитания, так и биологических. Для гидробионтов в качестве основных абиотических факторов выступают температура, освещенность, механические и динамические свойства воды и грунта, растворенные и взвешенные в воде вещества, активная реакция и окислительно-восстановительный потенциал среды и некоторые другие. Биотический компонент составляют организмы (животные, растения, микроорганизмы) других видов и особи

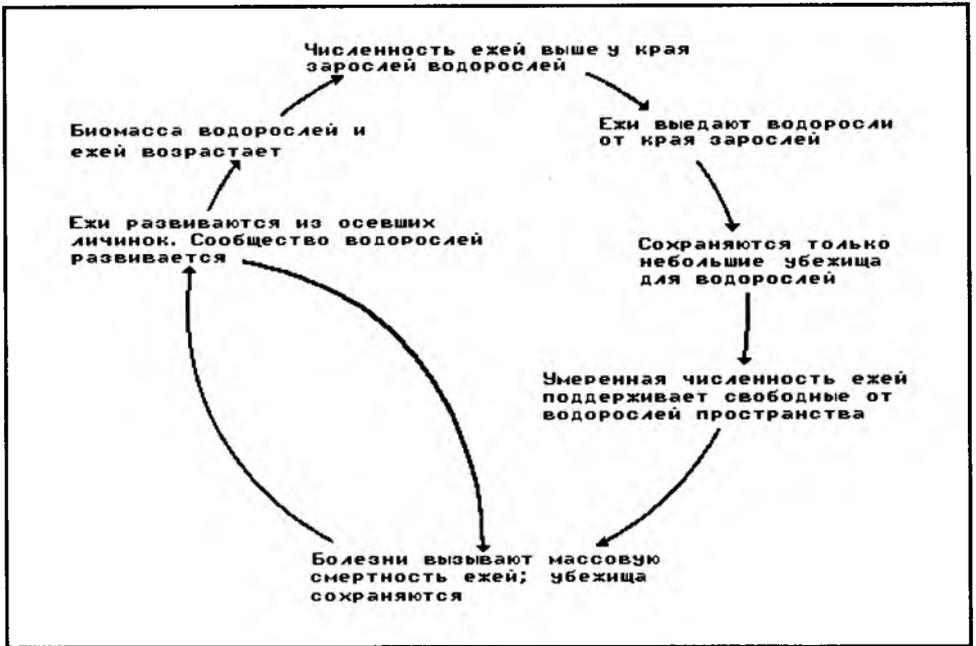


Рис. 3.22. Цикл взаимообусловленных изменений численности бурых водорослей и морских ежей *Strongylocentrotus droebachiensis* у атлантического побережья Канады (по: Miller, 1985)

собственного вида, с которыми взаимодействует организм в процессе жизнедеятельности.

Любой параметр среды может принимать разные значения в пределах определенного возможного для него интервала. Размах количественной выраженности отдельных факторов, оптимальный для данного организма, определяет его экологическую валентность. Значения факторов, отклоняющиеся в ту или иную сторону от оптимальных, неблагоприятны для организма, а сильные отклонения могут привести к его гибели.

Особое значение для организма имеют факторы, вызывающие стрессирующее воздействие. Эту группу разнородных факторов объединяет общая особенность — их значения превышают оптимальные для данного организма пределы, препятствуя нормальной его жизнедеятельности и снижая способность к выживанию. Сюда относятся экстремальные для данного вида значения естественных гидрометеорологических характеристик (температура, соленость, движение воды и др.), неподходящий тип субстрата, недостаток площади, пресс хищников, болезни, недостаток пищи, высокий уровень конкуренции и мн. др.

Очень сложное комплексное воздействие оказывает загрязнение среды обитания. Основные аспекты воздействия загрязнения на промысловые донные организмы общие для всех гидробионтов, поскольку загрязнение затрагивает всю экосистему, оказывая на нее многостороннее негативное влияние. Опасность загрязнения состоит в том, что она оказывает летальное и сублетальное воздействие на разные стадии жизненного цикла организмов (рис. 3.23).

Стресс, в том числе и вызванный поллютантами, очень часто проявляется в форме заболевания инфекционной или неинфекционной природы (Sindermann, 1980). Причиной инфекционных заболеваний может быть снижение устойчивости организма к обычным патогенам, внедрением в поврежденные ткани вторичных патогенов, проявление латентной инфекции. Неинфекционные заболевания объясняются ранними генетическими повреждениями, химической модификацией тканей, приводящей к аномалиям скелета и опухолям.

Очень распространены, хотя и крайне слабо изучены, болезни водных растений, вызываемые изменением условий обитания и загрязнением. Так, исследования, выполненные в лагуне Буссе (о-в Сахалин) в 1991 г., показали, что обитающая там анфельция на многих участках заилена, покрыта обрастаниями, «заглушена» ламинарией (в условиях лагуны массовая здесь *Laminaria gurjanovae* прикрепляется ризоидами не к грунту, а к анфельции) и поражена заболеванием, которое внешне проявляется в слое белой «плесени» на поверхности пласта. Пораженные участки занимают 2,9 км², что составляет 17,6% общей площади пласта в лагуне.

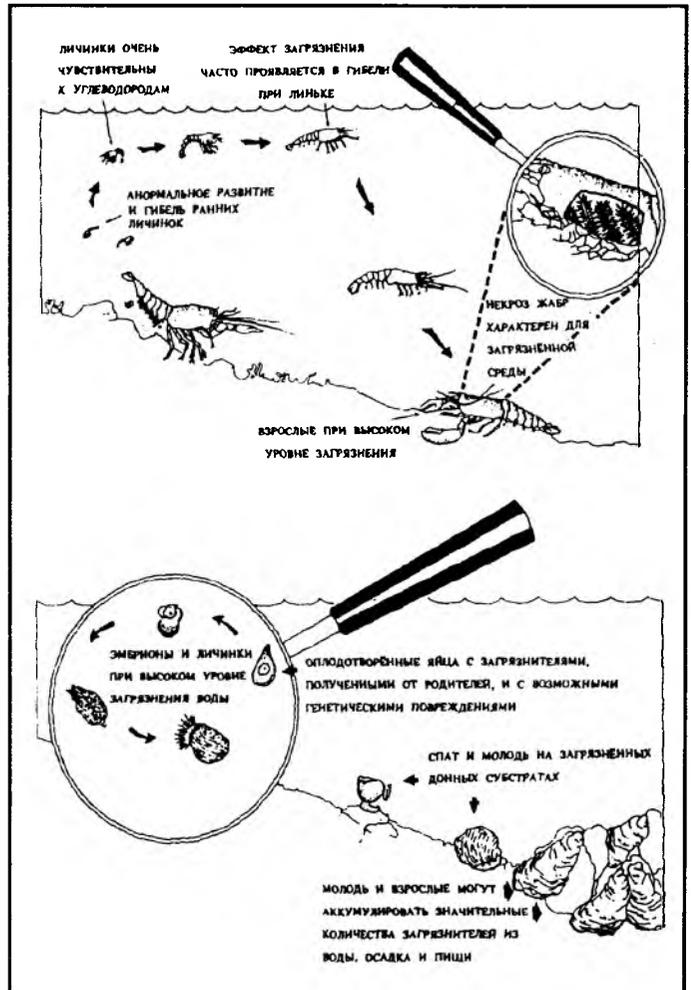


Рис. 3.23. Влияние загрязнения на жизненные циклы омара (вверху) и устрицы (то: Sindermann, 1980)

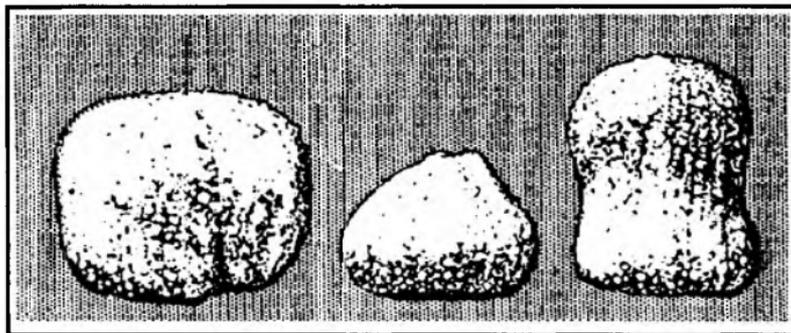


Рис. 3.24. Деформация скелета морского ежа *Tripneustes gratilla* в результате воздействия загрязнения (по: Dafni, 1980)

Специфический аспект влияния загрязнения на промысловые виды заключается в снижении коммерчески важных показателей добываемых объектов. Многие промысловые животные и растения, особенно обитатели прибрежной зоны (морские ежи, водоросли) на сильно загрязненных участках имеют настолько значительные морфологические отклонения, что непригодны для промыслового использования (рис. 3.24). Даже если загрязнение не имеет видимых отрицательных последствий для организма, оно может снижать его технoхимические характеристики.

Важный негативный аспект загрязнения — перестройка структуры экосистемы, замена одних видов, обычно хозяйственно ценных, «сорными» организмами. Загрязнение усиливает модифицирующее воздействие на экосистему промысла, которое часто вызывает сходные последствия.

ОРУДИЯ И СПОСОБЫ ЛОВА ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ

В рамках промысловой биологии характерные особенности организмов рассматриваются с точки зрения их значимости для выполнения промысловых операций, осуществляемых посредством орудий лова. В настоящей главе приводятся сведения о принципах работы орудий лова беспозвоночных и водорослей, их конструкции, способах взаимодействия с промысловыми объектами. Наибольшее внимание уделено методам, специфичным для промысла донных организмов и в то же время наименее освещенным в литературе — ловушкам и использованию водолазов.

1. Лов водных организмов: общие положения

1.1. Теоретические модели лова

Концепции, на которых строится стратегия лова водных организмов, в том числе промысла донных беспозвоночных и водорослей, постоянно совершенствуются. В процессе исторического развития определились четыре теоретические модели: сплошное процеживание, случайно-выборочный, рекогносцировочный и стимулированный лов (Трещев, 1983).

Согласно первой модели улов в численном выражении представляется как

$$N = \alpha UN_0,$$

где U — единица действия орудия лова; N_0 — число объектов, находящихся в зоне облова; α — коэффициент, характеризующий уменьшение численности промысловых объектов в результате применения единичного промыслового усилия.

Полагая, что каждое промысловое действие производится на новом, не обловленном ранее участке, можно считать, что величина отношения обловленной площади ко всей площади водоема, принимаемая за показатель интенсивности лова — величина постоянная. Интенсивность вылова также будет постоянной величиной, зависящей только от продолжительности работы орудий лова.

Рассматриваемая модель исходит из допущений о том, что промысловые организмы неподвижны и распределены по всему району промысла

равномерно с некоторой средней плотностью, а действие каждой единицы промыслового усилия независимо от действия других единиц и собственного предыдущего действия. Поскольку реальные популяции промысловых организмов существенно различаются распределением в пространстве и во времени, указанная теория может использоваться при оценке запаса и характеристике промысла только в порядке первого приближения.

Параллельно с теорией и организацией промысла по типу сплошного процеживания развивалась теория и практика случайно-выборочного лова, согласно которой процесс промысла представляет изъятие из водоема случайных проб. При этом исходят из допущения, что состав улова соответствует составу облавливаемого запаса, поскольку водоем достаточно велик, чтобы вылов за время t не влиял на соотношение и численность организмов в запасе. Условия реальных промыслов мало соответствуют этой модели, поскольку в значительной степени зависят от специфики поведения объектов и оперативной деятельности промысловиков.

Практика промысла показала, что теория случайного лова слишком далека от действительности. Гораздо совершеннее модель рекогносцировочного лова, основанная на теории активного поиска в сочетании с теорией вероятности. В современном промысле один из основных его элементов — поиск скоплений промысловых объектов. Поисковая техника непрерывно развивается и совершенствуется, соответственно растут и уловы. Однако успехи рекогносцировочного лова, как бы велики они ни были, по самой своей сущности временны. Теория рекогносцировочного лова должна основываться на той или иной схеме плотности распределения, рассматриваемой как стабильная, что предопределяет ее несовершенство.

Три рассмотренные модели промысла, несмотря на различия между ними, обладают очень существенной общей особенностью — они являются вероятностными. Действия промысловиков, с одной стороны, и поведение объектов лова — с другой не зависят друг от друга, и успех лова определяется сочетанием множества разнообразных факторов.

Принципиально отличается от них модель стимулированного лова, которая основывается на управлении поведением промысловых объектов в процессе лова. Под управлением объектом понимается такое воздействие на его поведение путем сообщения ему управляющей информации или уменьшения вредного влияния неуправляющей информации, при котором повышается эффективность промысла (Мельников, 1975). По способу передачи информации различают контактное управление — непосредственное соприкосновение объекта лова с элементами орудия лова, и неконтактное — действие на объект лова физических полей, образованных орудиями лова или специальными устройствами. Для управления движением промысловых организмов используются физические поля различной природы — световые, акустические, электрические, химические и др.

Теория стимулированного лова должна включать все достижения теории рекогносцировочного лова, и, несмотря на эффективность и популярность последней теории, прийти ей на смену. Такая модель промысла базируется на знании биологических особенностей промысловых организмов

и теоретически является идеальной; она позволяет обеспечить необходимую селективность и применять гибкую стратегию организации промысла.

1.2. Основные характеристики орудий лова

Вокруг работающего орудия лова вне зависимости от его конструкции создается несколько зон, различающихся характером и степенью воздействия на промысловые организмы. Наиболее употребительно выделение зон действия, облова и охвата.

Известно несколько определений понятия **зона действия** орудия лова: пространство, в котором проявляется действие силовых полей орудий лова (Никонов, 1973); объем водного пространства, из которого объект имеет потенциальную возможность попасть в улов (Трещев, 1983); часть пространства, в котором вероятность обнаружения объектом рассматриваемого сигнала или шума отлична от нуля (Мельников, 1983); объем водного пространства, ограниченный силовой поверхностью физического поля, образуемого орудием лова, напряжение которого в каждой точке поверхности равно порогу чувствительности наиболее дальнедействующих рецепторов объекта, что создает потенциальную возможность его попадания в улов (Буняк, 1990а).

Объект, находящийся в пределах **зоны облова**, практически неизбежно захватывается орудием лова. Из **зоны охвата** объект имеет возможность как попасть в орудие лова, так и избежать его; ее площадь определяется как разность величин зоны действия и зоны облова.

Физическое поле, источником которого служит непосредственно орудие лова или средства интенсификации промысла, можно рассматривать как поле сигнала, а поля, образованные другими источниками, — как поле шумов. Зона действия источника поля, в свою очередь, подразделяется на ряд участков. Так, по биологической значимости раздражителя по мере удаления от источника поля можно выделить зоны безусловной и ориентировочной реакции и зону обнаружения. В зависимости от вида реакций, вызываемых физическим полем, различают участки допороговых, пороговых, нормальных, максимальных и сверхсильных раздражений. Исходя из задач управления ловом физические поля орудий лова и средств интенсификации промысла можно разбить на зоны управляющих, нейтральных и отрицательных воздействий.

В процессе лова размеры и форма зон управляющих и неуправляющих воздействий могут изменяться, поэтому делить поле на зоны необходимо не только в пространстве, но и во времени. Разбивка поля по пространственному признаку позволяет установить функции отдельных его участков и наметить пути улучшения качества поля, изменяя параметры и распределение орудий лова и средств интенсификации промысла, технику и организацию лова. Общая методика определения размеров зон и участков физических полей разработана В. Н. Мельниковым (1973).

Важнейшей характеристикой орудий лова является их **уловистость**, отражающая состав животных в зоне действия орудия и в улове. Это свойство орудий лова определяется коэффициентами уловистости (КУ). Отношение

количества организмов в улове ко всему их количеству, находящемуся на облавливаемой площади дна, называется абсолютным коэффициентом уловистости; если этот показатель относится к определенным размерным группам объектов лова, то его называют дифференциальным коэффициентом уловистости по данной размерной группе³.

В общем случае абсолютный коэффициент уловистости можно выразить функцией

$$\gamma = f(\eta, \omega),$$

где η — коэффициент, отражающий уловистость в зависимости от способа лова и режима применения орудия лова, ω — коэффициент, связывающий уловистость с поведением объекта в процессе лова. При лове неподвижных и малоподвижных объектов это выражение упрощается: $\gamma = f(\eta)$.

Для практического определения абсолютного коэффициента уловистости используют выражение

$$\gamma = \frac{N}{N_0},$$

где N — количество объектов в улове; N_0 — количество объектов в зоне действия орудия лова. Если количество объектов, выходящих из зоны действия орудия лова, стремится к нулю, получим $\gamma = \frac{N}{N_0} = 1$. Следует обратить внимание на то, что, хотя при $\gamma = 1$ орудие лова работает с максимальным КПД, такой случай можно считать идеальным только с технической точки зрения. Высокая уловистость обязательно должна сочетаться с высоким уровнем другой важной промысловой характеристики — селективности (избирательности).

Селективность промысла в общем виде выражается кривой (рис. 4.1), левая часть которой (кривая отбора) имеет форму сигмоиды, а правая обычно совпадает с кривой населения (Трещев, 1974). Предельный случай отбора (когда орудием вылавливаются все без исключения особи одного размера) выражается графиком полного («жесткого») отбора. Селективность отдельных типов орудий лова обсуждается в соответствующих разделах.

Специальная функция орудий лова — взаимодействие с промысловыми организмами. Эффективность промысла зависит не только от технических характеристик орудий лова, но и от биологических особенностей облавливаемых организмов, в частности от их индивидуального поведения.

Взаимодействие со скоплениями промысловых организмов осуществляется во времени и пространстве по определенному циклу, свойственному каждому виду орудия. Рабочие операции для подвижных орудий — это обеспечение их движения с определенной скоростью в заданном направлении, для неподвижных — управление их работой или управление поведением объектов в зоне действия орудий (Торбан, 1977).

³ Уловистость, характеризующую относительную результативность орудия лова, нельзя смешивать с улавливаемостью — понятием, характеризующим относительную результативность единицы промыслового усилия (Бабаян, 1990).

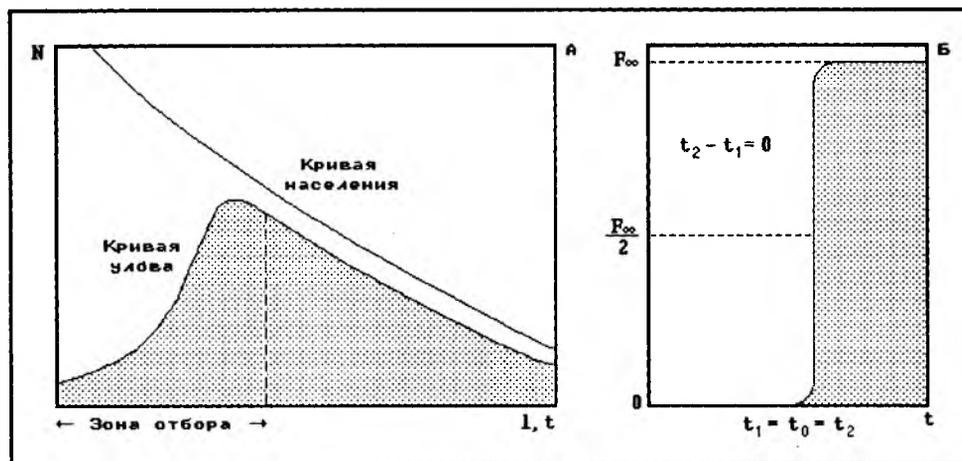


Рис. 4.1. Теоретические графики селективности промысла (по: Трещев, 1974)

А — общий случай; Б — полный отбор

Именно эти операции определяют основной принцип работы орудия лова, т. е. тип его взаимодействия со скоплениями промысловых организмов.

Орудия лова работают по двум принципиально различающимся схемам: «открытой» (контактные, тралируемые, насосные орудия) и «замкнутой» (кошельковые и закидные невода, ловушки). Один из основных путей совершенствования технологических операций — обеспечение непрерывного режима работы оборудования. Однако по непрерывному способу могут работать только орудия лова с «открытой» рабочей операцией. При этом возможны три варианта: в двух рабочая операция осуществляется непрерывно, тогда как подача улова производится либо периодически, либо непрерывно; в третьем непрерывность достигается за счет последовательного использования нескольких рабочих органов, каждый из которых работает по периодическому циклу.

Рассмотренные вопросы касались повышения эффективности лова. Однако это не единственный показатель, определяющий качество орудий и технологии лова. В последние годы очень выросли требования к экологичности орудий, увеличению их селективности, мерам снижения случайной гибели пойманных животных и др. Некоторые приемы обеспечения этих требований рассмотрены при описании конкретных орудий лова.

2. Орудия и способы лова донных организмов

Термин «лов» без оговорок может применяться только к некоторым группам подвижных донных и придонных беспозвоночных, в первую очередь — к ракообразным и головоногим моллюскам. Добычу малоподвижных и неподвижных донных животных, а тем более растений, правильное

именовать не ловом, а сбором (как это принято, например в сельском хозяйстве). В то же время в рыбохозяйственной практике широко используется в этих случаях именно термин «лов» и его производные (например, «ловец-оператор»).

Хотя число промысловых видов донных организмов (беспозвоночных, водорослей и морских трав) относительно невелико, их добычу ведут с помощью орудий лова, существенно различающихся принципом действия и конструкцией. Такое разнообразие объясняется многообразием технических задач, которые приходится решать при промысле, поскольку среди беспозвоночных имеются и формы, свободно лежащие на грунте или передвигающиеся по нему, и прочно прикрепляющиеся к грунту, и закапывающиеся. Сами грунты также различаются по топографии и механическим характеристикам, что затрудняет использование орудий добычи.

Технология лова донных организмов прежде всего зависит не от их видовой принадлежности, а от особенностей биологии, характера субстрата и других параметров. Поэтому близкие виды иногда приходится добывать различными по конструкции орудиями, и, напротив для сбора таксономически отдаленных объектов (даже животных и растений) можно использовать однотипные технологические приемы и конструкции орудий лова, заменяя только отдельные узлы или вовсе ничего не меняя.

Классифицировать орудия сбора донных организмов, основываясь на принципах подразделения орудий лова рыб, довольно сложно. Существующие классификации орудий рыболовства (Лукьянов, 1969; Никоноров, 1973; Трещев, 1958, 1974) основаны (в явной или неявной форме) на различных способах захвата и удерживания, так как при лове таких подвижных животных, как рыбы, захват в сущности и соответствует лову. Добычу же многих донных организмов можно рассматривать как чисто техническую операцию транспортировки объектов с разными физическими свойствами на поверхность. В этом случае собственно «лов» заключается в отделении объектов от субстрата или в подаче их на судно. Поэтому и орудия лова часто именуют, исходя из способов отделения объектов от субстрата (например, подводная косилка), их подачи на поверхность (эскалаторный снаряд), подготовки грунта (гидродрага периодического действия). Для этих орудий характерно комплексное использование разных технологических приемов и типов привода в одном орудии.

Орудия лова донных организмов можно подразделять исходя из нескольких критериев.

А. По принципу действия

- а) **отцеживающие** (оттертралы донные и придонные, бимтралы, снюрреводы, драги с сетным мешком);
- б) **ловушки**;
- в) **подъемные** (грейферы, эскалаторные снаряды);
- г) **самоловящие** (гидравлические драги с непрерывной разгрузкой улова);

д) **ручные** (канзы, щипцы, грабли и пр., ручной сбор, водолазы и ныряльщики);

е) **повреждающие** (остроги, ненаживные крючки, отравляющие средства и пр.).

Б. По способу движения орудия и типу привода

а) **перемещаемые по дну, или тралируемые** (тралы, снюрреводы, драги);

б) **неподвижные** (ловушки);

в) **с механическим и электрическим приводом** (эскалаторные снаряды с гибкой или жесткой подвеской рабочего органа, гидродраги, эжекторы, косилки);

г) **ручные** (остроги, канзы и пр., водолазы и ныряльщики).

В. По способу управления ловом

а) **лов без управления** (ловушки, контактные орудия);

б) **неуправляемый лов с предшествующим наведением на объект** (траллируемые орудия, косилки);

г) **управляемый лов**

- оператор находится вблизи орудия (водолаз, ПОА с залавливающим устройством);

- оператор контролирует лов с поверхности (орудия сбора, работающие при прямом визуальном или телеконтроле).

При систематизации данных, относящихся к орудиям лова донных беспозвоночных и водорослей, целесообразно раздельно рассматривать способы осуществления основных технологических операций.

Подготовка включает операции, облегчающие захват. Структура таких операций определяется прежде всего характеристиками добываемых организмов. Подготовка может включать приведение объекта в положение, способствующее захвату (водоросли с длинными слоевищами), рыхление грунта струями воды от насоса, установленного на залавливающем устройстве (закапывающиеся моллюски) и др.

Захват объекта рабочим органом может быть выполнен сжиманием (клещами, манипуляторами подводных аппаратов), защемлением (например, моллюсков и иглокожих — шестами с упругими стержнями); подхватыванием (грейферами, снюрреводами, драгами); нанизыванием (на остроги, копья и специальные элементы орудий ручного и механического лова); накручиванием (ручными и механическими канзами при добыче ламинариевых водорослей); запутыванием (буксируемыми по дну швабрами, расплетенными концами и др. животных, имеющих шипы и другие выросты).

Отделение от субстрата производится срезанием орудиями с проти-ворежущими частями (косилки, стригущие машинки и др.) и без них, (ножевые драги, орудия с режущими устройствами на гибких элементах); подъемом или отрывом (перемещением объекта под углом к субстрату после предварительной фиксации одним из рассмотренных выше способов);

сгребанием (перемещением объекта параллельно поверхности субстрата (драги, эскалаторные снаряды; всасыванием (центробежными насосами, эжекторами и эрлифтами); подхватыванием (отделением неприкрепленных или слабоприкрепленных объектов с помощью подводимых под них штырей, пластин и других устройств, действующих под углом к субстрату); черпанием (дночерпатели, грейферные ковши).

Подача улова. Подача может быть индивидуальной (при ручном сборе с поверхности), контейнерной, с помощью транспортеров и гидротранспорта. В качестве контейнера может быть использовано само орудие лова (грейферы, тралы, драги, ловушки); при лове по непрерывной схеме используются специальные контейнеры, служащие только для транспортирования улова (сменные питомзы, заменяемые мешки драг и др.). Транспортеры обеспечивают непрерывную подачу большого объема улова; наиболее известны эскалаторные снаряды для сбора морских растений, мидий, устриц и других организмов. Все более широкое применение в различных орудиях находит гидротранспортирование.

Указанные операции в полном объеме и отдельно удается выделить в работе не всех типов орудий лова и во многих случаях они могут совмещаться или выпадать.

Рассмотрим основные орудия и способы лова донных организмов.

2.1. Трالیруемые орудия

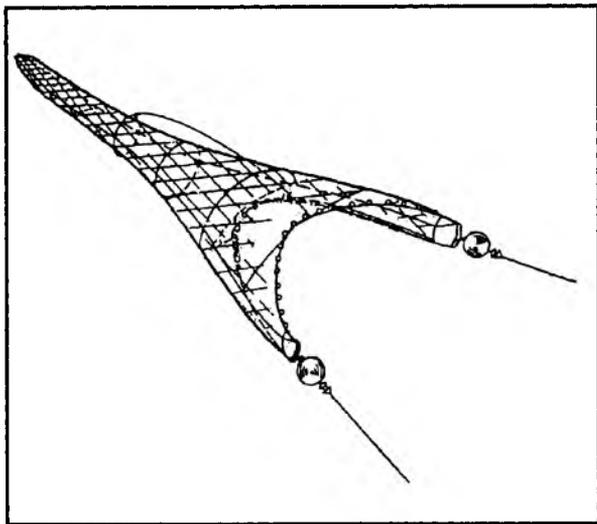
Трالیруемые орудия (донные тралы, снюрреводы, драги) в относительно недавнем прошлом были основным средством добычи донных и придонных рыб и беспозвоночных. В настоящее время их использование при промысле донных беспозвоночных и водорослей довольно ограничено, что связано прежде всего с относительно низкой селективностью этих орудий и со значительным и трудно контролируемым их воздействием на донные грунты и сопутствующий бентос. Из важных в промысловом отношении групп беспозвоночных больше всего трالیруемыми орудиями вылавливают двустворчатых моллюсков и креветок; в той или иной мере их используют и при промысле некоторых других объектов. В то же время тралы как орудия тотального лова широко используют и будут использовать для учетных съемок и калибровки других орудий лова, в частности, наиболее мощного современного типа орудий — ловушек.

Конструктивные особенности этих орудий лова и их работа детально разбирается в ряде руководств (Войниканис-Мирский, 1969; Мельников, 1973, 1979; Никоноров, 1973; Трещев, 1974, 1983; Честной, 1977, и др.). Их использование при промысле беспозвоночных мало отличается от такового для лова рыбы.

2.1.1. Донные тралы

Донный трал (рис. 4.2) — это сетной мешок специальной формы, который буксируется по дну водоема и улавливает встречающиеся на его пути объекты. Раскрытие и расправление мешка происходит по ходу судна

Рис. 4.2. Донный трал



от сопротивления воды движению мешка, от действия распорных досок (щитов, прикрепленных к передней части трала под некоторым углом к его движению) и специальной оснастки.

Нижняя подбора сетного мешка оснащена грунтропами, которые «подрезают» находящиеся на дне животных и способствуют их попаданию в трал. На мягких грунтах грунтроп представляет собой трос, который обматывают старой делью. На жестких грунтах и в случаях, когда характер дна не известен, используют жесткий грунтроп — стальной трос с насаженными на него деревянными или металлическими катушками (бобинцами).

Донными тралами в настоящее время облавливают преимущественно такие важные в промысловом отношении группы беспозвоночных, как креветки, придонные кальмары, голотурии. В некоторых странах правила рыболовства допускают их использование и при промысле других объектов.

Состав и величина наблюдаемых траловых уловов существенно отличается от ожидаемых на основе упрощенного представления о тралах как о чисто отсеживающих орудиях лова (Серебров, 1986; 1988). Дифференциальная уловистость трала зависит как от удерживающей способности (селективности) траловой системы, так и от способности организмов разного вида и размера активно уходить из зоны облова.

В ходе исследований из подводного обитаемого аппарата «ТИНРО-2» были получены следующие значения КУ стандартного донного трала: для крабов (камчатского, синего, стригуна и волосатого) 0,15-0,70, для креветок (гребенчатой, северной и шримсов) 0,10-0,25, для розового гребешка и морских ежей 0,05-0,15, для букцинид и кукумарии 0,10-1,35 (Мирошников и др., 1985). В ходе другого исследования на том же ПОА коэффициент уловистости донного трала для камчатского краба составил 0,27-0,96 (Мясоедов, 1986).

Бимтрал (рис. 4.3) занимает как бы промежуточное положение между тралами и драгами. Он получил свое название от жесткой поперечной перекладины — бима, соединяющего салазки, полозья которых способствуют

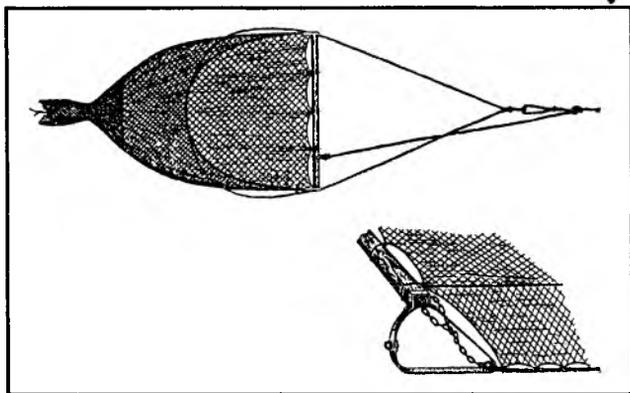


Рис. 4.3. Бимтрал

скольжению бимтрала по дну, и формирующего верхнюю часть его входного отверстия. Бим и салазки обеспечивают постоянное горизонтальное раскрытие устья бимтрала. К салазкам крепятся концы грунтропа, который формирует донную часть устья. Центральную часть грунтропа и низ сетного полотна часто защищают каким-либо противоабразивным материалом.

2.1.2. Снюрреводы

Снюрревод конструктивно сходен с закидным неводом и состоит из крыльев, конусовидной мотни и цилиндрического кутка — мешка, в котором собирается улов (рис. 4.4). Урезы снюрревода имеют большую длину.

Цикл работы орудия включает три основных операции: выметку урезов и снюрревода, их буксировку (сбивку урезов) и выборку. Выметка производится по кругу или по квадрату. После вымета второго уреза судно возвращается к концу первого уреза, обозначенному бумом, и выбирает концы обоих урезов на борт. Тягу урезов можно производить европейским или дальневосточным способом. В первом случае судно ставят на якорь и урезы тянут лебедкой, во втором — урезы и невод буксируют ходом судна, и лишь после того, как урезы сойдутся, проводят тягу и выборку с помощью лебедки.

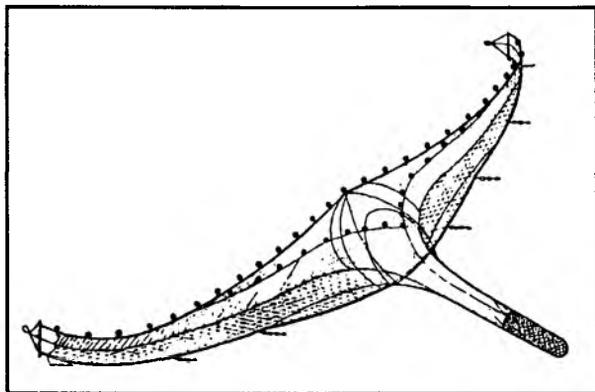


Рис. 4.4. Снюрревод

Снюрреводы используются преимущественно на промыслах среднего масштаба и местных с малотоннажных промысловых судов. Ими облавливают практически все группы беспозвоночных, обитающих на мягких грунтах — крабов, голотурий, морских ежей и др.

Коэффициент уловистости снюрревода q пропорционален отношению площади захвата орудия F к площади облавливаемого участка A_i (Sinoda, 1968):

$$q = \frac{rF}{A_i}; \quad r \leq 1,$$

где r — коэффициент пропорциональности, характеризующий эффективность операций. При промысле краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в Японском море (Sinoda, 1968) была определена величина $q = 0,29$; таким образом, 71% крабов, окруженных сетью и ваерами, избегают орудия, уходя под ваера или закапываясь.

2.1.3. Драги

Этими орудиями добывают очень большое количество разнообразных донных беспозвоночных и водорослей; драги различных размеров и конструкций широко используют на местных промыслах двустворчатых моллюсков, иглокожих и других объектов. Достоинство драг — их простота и дешевизна, возможность добывать труднодоступных (прочно прикрепленных к субстрату и закапывающихся) животных и работать на грунтах разного типа, в том числе и на каменистых.

Основа конструкции драги — жесткая рама, которая образует ее устье; к раме присоединен сетной мешок или жесткий короб. Рама обычно прямоугольная, у некоторых драг, используемых преимущественно на местных промыслах, она может быть иной формы. Размеры драг значительно варьируют. Очень крупные драги используются на промысле гребешка у восточного побережья США и Канады: их ширина 3-4 м, высота устья 30 см.

Конструктивные особенности драг зависят от вида облавливаемых объектов, а также от ряда субъективных факторов. Рама наиболее распространенной на промысле гигантского и исландского гребешков в США и Канаде драги снабжена наклонным козырьком, укрепляющим конструкцию и способствующим прижатию передней части орудия к грунту (рис. 4.5). Мешок драги кольчужный, из стальных колец. Передний край нижней стороны мешка крепится к цепной нижней подборе; на каменистом грунте она дополнительно соединяется с рамой специальными цепями. К угловым скобам рамы крепится также свободно провисающая «тревожащая» цепь [tickler chain], которая идет по грунту впереди нижней подборы и «вспугивает» моллюсков, увеличивая эффективность лова.

Драги для промысла закапывающихся двустворок (клемов) обычно имеют ширину около 1 м. На нижней кромке их устья укреплены под углом около 45° зубья длиной 10-15 см. Сходную конструкцию имеют драги для добычи устриц (см. рис. 4.5В,Г).

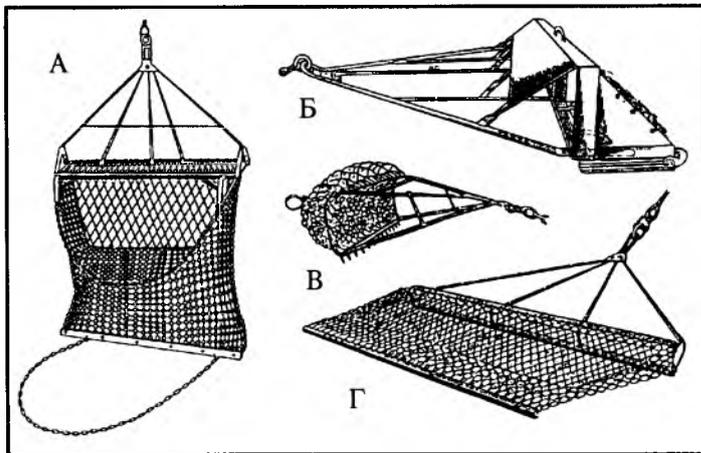


Рис. 4.5. Драги для лова гребешков (А, Б) и устриц (В, Г)

Описанные драги, которые можно назвать механическими, просты по устройству, надежны, однако ими трудно обеспечить высокую производительность, особенно при добыче клемов, поскольку буксировка драг с зубьями по грунту требует значительных усилий. Наиболее простой и в то же время эффективный способ снижения этого усилия — рыхление грунта перед драгой струей воды, подаваемой под напором в трубчатые патрубки (рис. 4.6).

Ограничивает производительность и периодичность работы драг. Предпринимались попытки повысить этот показатель увеличением числа драг (пример — так называемый кольцевой трал, использующийся при добыче мидий на Черном море), однако резкое повышение производи-

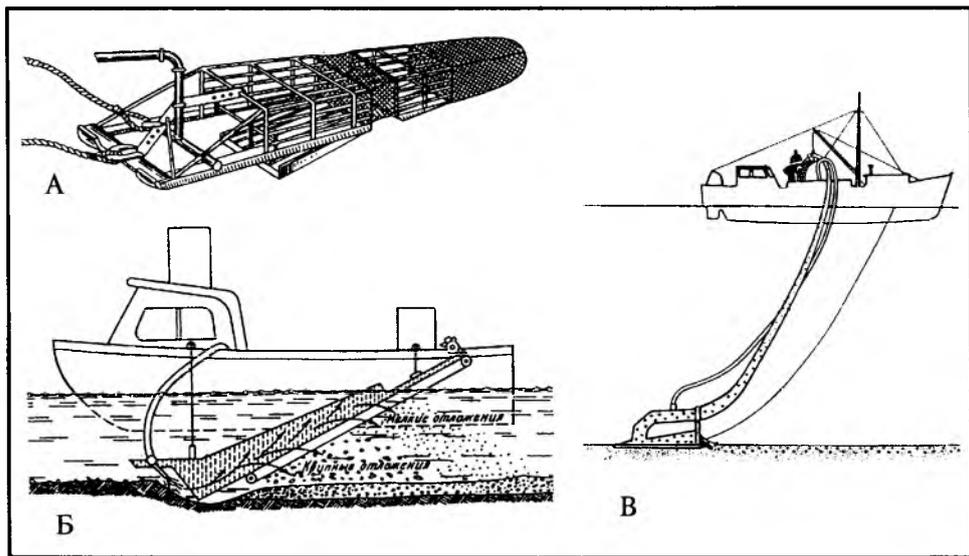


Рис. 4.6. Гидродраги

А — Периодического действия с гидроразмывом; Б — непрерывного действия с гидроразмывом и подачей улова транспортером; В — непрерывного действия с гидроразмывом и гидротранспортировкой улова

тельности достигается только введением непрерывной разгрузки. Наиболее широкое применение нашли два способа. Первый — это подача улова транспортной лентой, установленной на шарнирно связанной с судном ферме; это орудие часто называют «эскалаторным снарядом» (см. рис. 4.6Б). Второй способ — гидравлическая разгрузка: улов подается на палубу всасывающим насосом по трубопроводу, соединяющему сетной мешок или короб драги с судном. Наибольший эффект использования воды проявляется в устройствах, комбинирующих гидравлическое рыхление грунта с гидравлической непрерывной разгрузкой (см. рис. 4.6В).

Из сказанного следует, что термин «гидродрага» не имеет устойчивого определения и применяется по отношению к трем типам орудий:

- а) вода используется только для рыхления грунта,
- б) вода используется только для разгрузки улова,
- в) вода используется и для рыхления, и для разгрузки.

Наибольшее количество сведений имеется о работе самого распространенного типа драг — механических. В ходе водолазных наблюдений за действием драги на промысле устриц было установлено (Allen, Cranfield, 1979), что ее работу можно разбить на три фазы:

1) Сетной мешок пуст, нижняя часть рамы глубоко проникает в грунт и захватывает все твердые объекты на глубине 4-8 см; уловистость драги составляет в этот период 90-100%.

2) Передняя половина сетного мешка заполнена, устрицы и другой материал образуют вал перед драгой; значительная часть объектов, минуя мешок, проходят по бокам рамы и над ней, в результате чего уловистость драги снижается до 50-80%;

3) Мешок наполнен, устье драги поднимается над грунтом; уловистость не выше 1-2%.

Детальный анализ работы гребешковой драги (Chapman et al., 1977) показал, что с увеличением размеров моллюсков вероятность их поимки вначале возрастает, а затем, начиная с определенного размера, быстро

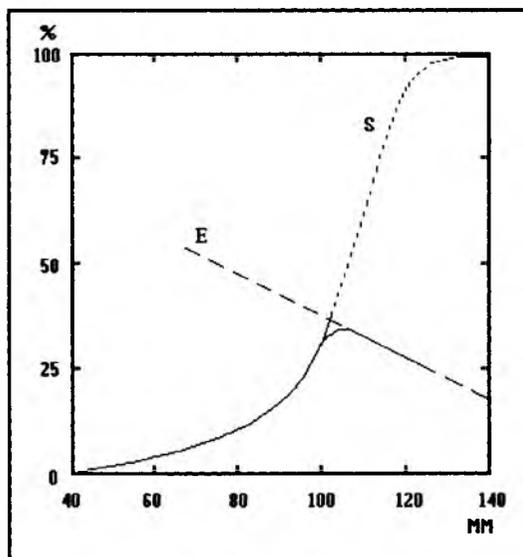


Рис. 4.7. График общей селективности стандартной гребешковой драги (по: Chapman et al., 1977)

падает (рис. 4.7). По мнению авторов, селективность зубьев и сетного мешка драги описывается обычной для сетных орудий кривой (пунктирная линия на рисунке). Если бы селекция этого типа была единственным фактором, эффективность лова крупных гребешков оказалась бы равной 100%. Однако общая селективность ограничивается другим фактором (штриховая линия на рисунке) — при движении драги перед ее зубьями образуется валик из грунта, ракушек и т.п., затрудняющий попадание в драгу животных. При этом вероятность поимки крупных гребешков, более глубоко погруженных в грунт, меньше, чем моллюсков среднего размера.

Драги для промысла водорослей конструктивно могут принципиально отличаться от используемых для добычи беспозвоночных и рассматриваются в разделе 2.5.

2.2. Ловушки

Ловушки [англ. pot; trap] — орудия лова, принцип действия которых заключается в привлечении добываемых животных пищевой приманкой и удерживании их до подъема ловушки на поверхность. Ловушки относятся к наиболее универсальным и результативным орудиям лова. Они обладают рядом очень важных достоинств: могут использоваться на любых типах грунта и в большом интервале глубин, относительно дешевы, не требуют большой мощности судовых двигателей и сложного палубного оборудования, обеспечивают значительную избирательность облавливаемых объектов, позволяют добывать живых и совершенно нетравмированных животных и возвращать неповрежденных малоразмерных особей.

Ловушками облавливают представителей различных таксономических групп морских беспозвоночных, объединенных двумя общими особенностями: мобильным образом жизни и питанием макроскопической пищей (чаще животной, реже растительной). К ним относятся десятиногие ракообразные — крабы, омары, лангусты, креветки; брюхоногие (прежде всего трубачи) и головоногие (осьминоги) моллюски; морские ежи и некоторые другие группы. Общие уловы ловушек весьма велики — только донных ракообразных этими орудиями вылавливают в год около 500 тыс. т.

Использование ловушек имеет очень длительную историю, но современные высокопроизводительные и конструктивно совершенные орудия этого типа появились относительно недавно. Крупномасштабный ловушечный промысел шельфовых крабов впервые был организован в Японии после Второй Мировой войны. В США ловушки для этих целей стали применять с 1954 г. (Browning, 1974). В нашей стране предложения о замене на промысле камчатского краба сетей более совершенными орудиями высказывались с середины 60-х годов (Родин, 1966); широкое использование ловушек началось с 1973 г. у берегов западной Камчатки на промысле камчатского краба, а затем трубачей и креветок; в дальнейшем эти орудия начали применять и на других акваториях.

2.2.1. Конструкция

Ловушки в зависимости от их целевой ориентации, технических и финансовых возможностей изготовителей, конструктивно весьма различны; тем не менее по принципу действия все они могут быть разделены, хотя и довольно условно, на три группы.

Ловушки первой, самой большой, группы содержат устройства, препятствующие выходу попавших в них животных. Такая ловушка состоит из объемного каркаса, обтянутого сетным полотном или обшитого планками из какого-либо материала. На региональных промыслах могут применяться ловушки, изготовленные из местных материалов — веток, прутьев, дерева; на крупномасштабных промыслах используются современные материалы: металл, пластмасса, синтетическое сетное полотно. По форме ловушки бывают прямоугольные, конусовидные, пирамидальные и др. Варьируют и их размеры — от нескольких десятков сантиметров до 2 м; соответственно их масса меняется от нескольких до 300 кг.

Ловушки второй группы отличаются от первой принципом улавливания. Эти орудия не содержат препятствующих выходу устройств и привлеченные животные остаются в ней просто потому, что к моменту подъема не успели уйти. Ловушки этой группы используются при промысле только малоподвижных животных — некоторых брюхоногих моллюсков, морских ежей и др. Конструктивно они значительно проще и обычно состоят из поддона из того или иного материала (дерево, прутья) или обручей, обтянутых сетным полотном. Поскольку в этом случае полотно не выполняет удерживающих функций, размер ячеи определяется чисто механическими соображениями.

К третьей группе можно отнести ловушки для промысла осьминогов. С ловушками второй группы они сходны тем, что не содержат удерживающих устройств и привлеченные в них животные остаются там «добровольно». Однако принцип их действия несколько отличен: животные используют ловушку как убежище и остаются в ней даже после использования приманки. Ловушки этой группы конструктивно весьма существенно отличаются от рассмотренных выше и обычно представляют собой емкости со сплошными, а не сетчатыми стенками. Размер, форма, материал ловушки могут сильно варьировать в зависимости от целевого объекта и технологических возможностей.

Наиболее широко распространены ловушки на промысле ракообразных. Одна из первых серийных ловушек, специально сконструированная для добычи крупных шельфовых крабов, имеет форму усеченной пирамиды размером 2000 × 160 × 70 см; каркас изготовлен из стального прута диаметром 20-22 мм. На узких торцевых сторонах находятся входные отверстия, образованные нижней пластью, расположенной под углом 45°, верхней пластью (козырьком) и боковыми стенками. Входное отверстие размером 100 × 20 см расположено горизонтально (Хасэгава, 1974).

Очень обычны на промысле крупных шельфовых крабов конусные ловушки, впервые разработанные в Японии (рис. 4.8). Размеры наиболее распространенных ловушек: высота 50-70 см, диаметр нижнего основания

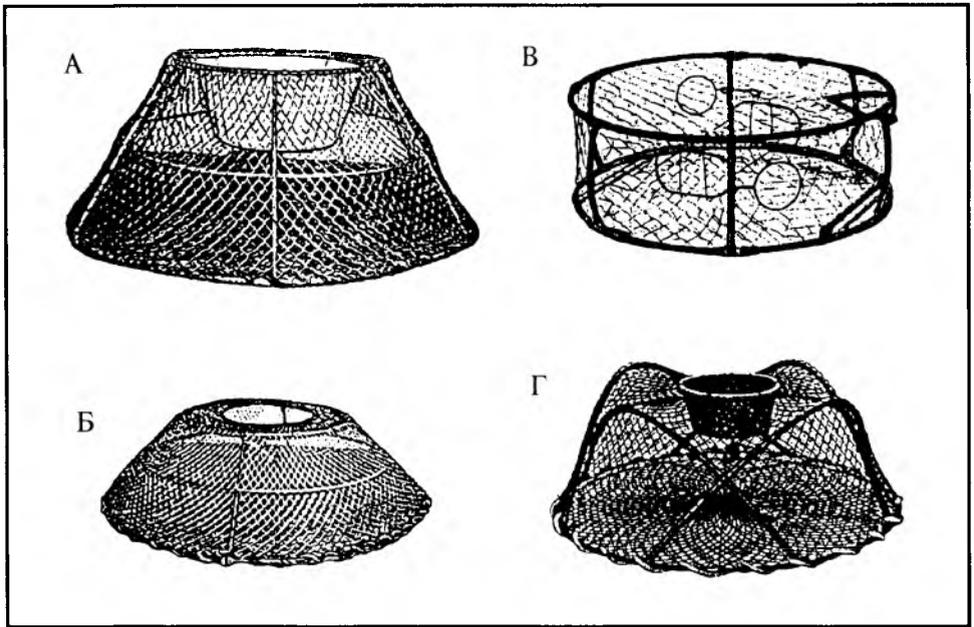


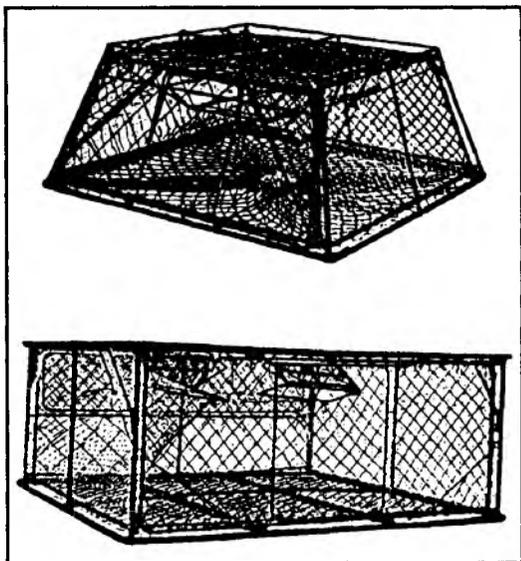
Рис. 4.8. Круглые ловушки для крабов (А, В, Г) и трубача (Б)

135-150, верхнего 70-77 см. Каркас из стального прута диаметром 10 мм, для защиты от коррозии покрыт расплавленным полиэтиленом. Входное отверстие одно, располагается на верхнем основании ловушки. Горловина изготовлена из пластика толщиной 1,5 мм; ее размеры: большой диаметр 55 см, малый 38-40, высота 25 см. Рубашка из дели толщиной нити 3 мм, ячея 60 мм (по японскому стандарту).

Широко используются на промысле крабов — как шельфовых, так и глубоководных, — пирамидальные и прямоугольные ловушки. Существует множество вариантов конструктивного оформления каркаса, входных отверстий, удерживающих устройств этих орудий. Входы (обычно их два) располагаются на торцевых сторонах. Входная горловина прямоугольная, обычно снабжена удерживающими устройствами в виде гибких «пальцев» из пластика. Конструкция учитывает видовые особенности облавливаемых животных и выпускаются ловушки, специально предназначенные для лова камчатского и синего краба и для лова крабов-стригунов (рис. 4.9).

Для добычи креветок в разных регионах сконструировано множество типов ловушек, различающихся формой, размерами, количеством и расположением входных отверстий и др. На промысле дальневосточных креветок наибольшее распространение получили конусные ловушки японского производства. Они выпускаются нескольких типоразмеров; один из наиболее обычных: нижний диаметр 72, верхний 52, высота 48 см. Входов два, располагаются по образующим ловушки. Внутреннее входное отверстие круглое, диаметром 10 см. В комплект ловушки входит перфорированный стаканчик с крышкой для размещения приманки.

Рис. 4.9. Пирамидальная (вверху) и прямоугольная ловушки для крабов



Ловушки для промысла трубача имеют форму усеченного конуса с входным отверстием на верхней плоскости. Конструктивно они очень близки к конусным крабовым ловушкам, отличаясь от них более пологим наклоном стенок, отсутствием горловины и меньшими размерами (см. рис. 4.8Б).

В последние году ловушки стали применять для добычи морских ежей. В Японии используют ловушки-корзины из проволочного кольца диаметром 45-50 см, обшитого сетным полотном с шагом ячеей 80 мм. В ТИПРО (г.Владивосток) были опробованы ловушки для морских ежей в виде усеченного конуса с двумя кольцами из стального прутка (Царева, 1990).

Ловушки очень распространены на местных промыслах и существует множество конструкций этих орудий, учитывающих биологию облавливаемых организмов и местные условия.

Поскольку количество выставляемых ловушек очень велико, они занимают на судне много места и большое значение имеет возможность уменьшения их объема в транспортном положении. Конструкция некоторых ловушек (например, американской пирамидальной) позволяет после отделения дна вкладывать их друг в друга; выпускаются и складные ловушки.

Устанавливают эти орудия индивидуально (преимущественно при глубоководном промысле или сложном рельефе дна) или соединенными в ряды. Число ловушек в порядке очень сильно варьирует в зависимости от условий промысла — от нескольких десятков до нескольких сотен. Каждую ловушку крепят к хребтине обычно индивидуальным поводком, чтобы в случае ее зацепа при подъеме не разорвать порядок и не потерять остальные ловушки.

Опускают порядок ловушек на лине, длина которого в среднем в 1,5 раза превышает глубину в месте постановки. Место установки порядка отмечают буйами, которые служат и для подъема. Размещают ловушки на промысловом участке разными способами в зависимости от биологии целевого объекта, конфигурации и плотности скопления.

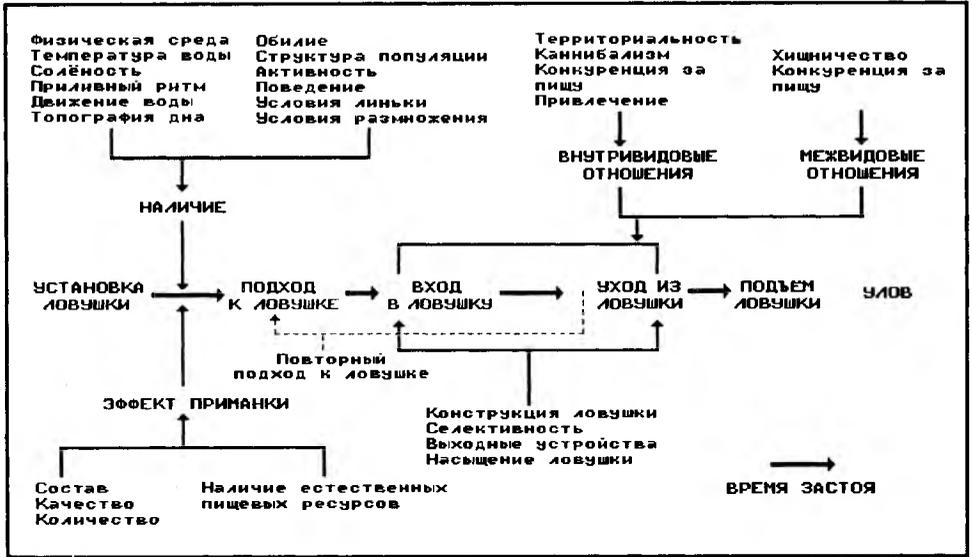


Рис. 4.10. Факторы, влияющие на процесс добычи животных ловушками (по: Bennett, Brown, 1979)

2.2.2. Эффективность

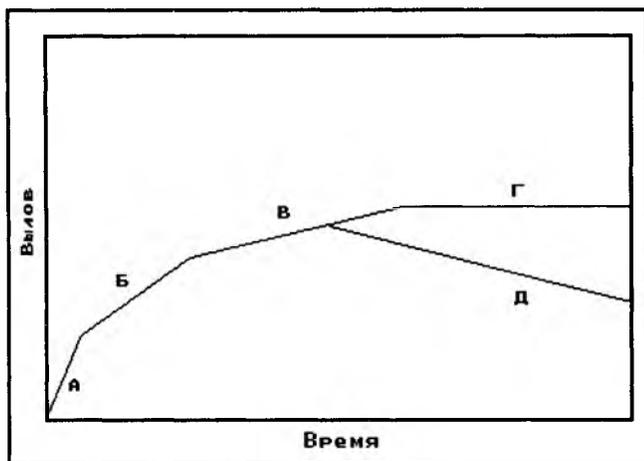
Процесс «работы» ловушки включает несколько последовательных этапов: обнаружение животным приманки, подход к орудию, удерживание и др. (рис. 4.10). На ход этих этапов влияет множество факторов, связанных с биологическими особенностями добываемых объектов, конструкцией ловушки и технологией лова. Основные факторы, влияющие на уловистость ловушек (Miller, 1990), рассмотрены ниже.

Время застоя (время от погружения до подъема) ловушек существенно сказывается на их уловистости, но связь эта неоднозначна. Для ловушек, как и для большинства других стационарных орудий лова, с увеличением времени застоя улов в пересчете на сутки снижается, однако в различных условиях эта закономерность может нарушаться. Р.Миллер отмечает, что большинство исследований, сопоставляющих время застоя и улов ловушек, выполнялось *post hoc* на основании анализа данных промысла. В то же время при интерпретации таких данных имеется определенный риск: минимальное время застоя на коммерческом промысле (обычно не менее 1 сут) может быть меньше времени насыщения ловушки (см. ниже), и в результате увеличение времени застоя на скажется на улове; подаваемые промысловиками данные могут быть неполными или неточными; выбор времени застоя может определяться субъективными факторами и традицией.

Принципиально зависимость величины улова от времени застоя можно изобразить следующим образом (рис. 4.11). На начальном участке А скорость увеличения улова максимальна, поскольку свежая приманка образует интенсивное поле запаха и ловятся в основном животные, находившиеся в непосредственной близости от ловушки. В дальнейшем

Рис. 4.11. Обобщенная схема зависимости величины улова от времени застоя ловушки (по: Miller, 1990)

Пояснения в тексте.



(участки Б и В) улов начинает снижаться. После того, как площадь, накрытая шлейфом запаха приманки, обловлена, дальнейший улов возможен при иммиграции на участок новых особей или при изменении направления течения и, соответственно, направления шлейфа. Горизонтальный отрезок Г соответствует потере привлекательности приманки или, реже, наполнению ловушки. Снижающийся участок Д соответствует превышению числа вышедших животных над числом вошедших.

С увеличением времени застоя и количества уловленных животных возрастает вероятность ухода животных из ловушки. В наиболее общем виде зависимость числа вышедших из ловушки животных n_c от числа находящихся в ней животных n_1 и времени t можно выразить соотношением (Трещев, 1983)

$$n_c = n_1 e^{-\alpha t},$$

где α — коэффициент, зависящий от размера и конструкции ловушки, биологии объектов лова и других факторов.

При анализе эффективности ловушек необходимо учитывать эффект насыщения, выражающийся в том, что имеющийся в ловушке улов снижает ее ловающую способность. Первая причина такого снижения — отпугивание животных от ловушки, обусловленное, по-видимому, комбинацией звуков, запахов и поз пойманных животных; вторая — увеличение возможности ухода из переполненной ловушки.

Очень большой объем информации накоплен по влиянию на уловистость ловушек размера животных. Такое влияние связано как с поведенческими особенностями объектов лова, так и с конструкцией ловушки. Например, ее вход может быть слишком мал для крупных особей или, напротив, мелкие животные могут уходить через ячейку сетного полотна. У ракообразных влияние может оказывать агрессивность крупных особей, отпугивающих от ловушки более мелких.

В общем случае зависимость уловистости ловушки от размера животных выражается логистической кривой — уловистость для мелких особей нулевая, с увеличением размера она увеличивается сначала

постепенно, затем быстро; для крупных животных ловистость остается на том же уровне или даже снижается.

В реальных условиях размерная селективность ловушек, связанная с размером ячеей сетного полотна, носит сложный характер. Так, в экспериментах с крабом-стригуном *Chionoecetes japonicus* было установлено (Sinoda, Kobayasi, 1969), что наибольшие уловы наблюдаются в ловушках с мелкочаеистой (46 мм) сеткой. Это нельзя объяснить только задержкой более мелких особей (что было бы вполне естественно), поскольку уловы на единицу усилия возрастали для всех размерных групп, включая и более мелкие. Аналогичное явление отмечено и при лове креветки — эффективность ловушек с более мелкой сеткой была выше для креветок всех размерных групп (Kojima, Yorita, 1968).

Размерная селективность ловушки может быть выражена размером животного, при котором оно имеет 50%-ую вероятность остаться в ловушке или пройти через сетку. В упомянутом эксперименте с крабом-стригуном (Sinoda, Kobayasi, 1969) такой размер составил 70,5 мм для ячеей 90 мм, 82,0 мм для 120 мм и 89,5 мм для ячеей 150 мм.

Один из важнейших факторов эффективности ловушек — приманка. Действие приманки основано на образовании поля растворенных веществ, что связано со сложными процессами массопереноса — течениями, турбулентной диффузией и др. (Мельников, 1983). Основной характеристикой этого поля является концентрация растворенных аттрактантов. Для описания поля растворенных веществ, диффундирующих под действием течения, может быть использована теория турбулентного диффузного переноса (Буняк, 1990а).

Поле растворенных веществ в спокойной воде имеет форму круга, под действием течения оно вытягивается в одном направлении (рис. 4.12). Если порог чувствительности обонятельных рецепторов (наименьшее количество аттрактанта, которое животное способно выделить из фона) C_n , то максимальное расстояние X , на котором животное способно воспринимать запах приманки, определится уравнением

$$X = \frac{q}{2\pi C_n} \sqrt{A_y A_z},$$

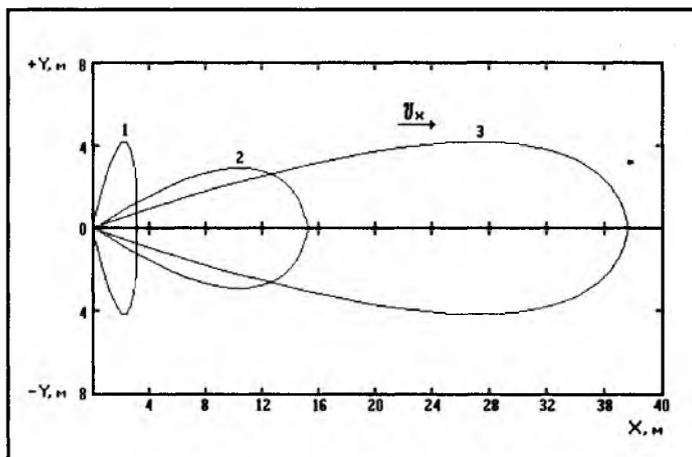
где A_y и A_z — коэффициенты горизонтальной и вертикальной диффузии, соответственно.

Реальная дистанция обнаружения приманки может быть довольно значительной. Так, в опытах с лангустами *Palinurus cygnus*, несущих электромагнитную метку, она составляла 75-100 м.

Исходя из физиологических критериев в поле растворенных веществ в общем случае выделяют зоны обнаружения, ориентировочной, условной и безусловной реакций. Размеры этих зон во многом определяются порогом чувствительности органа обоняния (вкуса), который, к сожалению, для гидробионтов очень слабо изучен; поэтому подбор приманки осуществляется в основном эмпирически.

Чаще всего используют естественную приманку, для хищных животных это обычно рыба. Так, эксперименты на промысле трубача (Овсянников, Пономарев, 1990) показали, что наилучший эффект дает

Рис. 4.12. Форма и размер зоны действия приманки в горизонтальной плоскости при разной скорости течения (по: Буняк, 1990а)



комбинированная приманка: соленая сельдь + свежемороженый минтай (улов 9,3 кг/ловушку. сут), соленая сельдь + свежемороженая сельдь иваси (11,1 кг). При использовании в качестве естественной приманки мертвых особей того же вида в одних случаях они отпугивали новых животных, в других — привлекали.

Для животных со смешанным типом питания (морские ежи) в качестве приманки применяют подсушенные водоросли (ламинарию, саргассы и др.) и рыбу. Водоросли часто оказываются предпочтительнее — не столько из-за большей привлекательности, сколько из-за большей сохранности, поскольку рыба быстро поедается различными животными, в первую очередь морскими звездами, что приводит к необходимости ежедневного осмотра и смены приманки.

Много усилий было затрачено на разработку искусственных приманок. Было установлено, что привлекательность таких приманок очень редко выше, чем естественных; индивидуальные химические соединения менее привлекательны, чем смеси; большое значение имеет время освобождения аттрактанта от носителя.

Очень важная проблема при использовании ловушек — определение величины зоны действия этих орудий и их улавливаемости, определяемой как доля запаса, добытая единицей промыслового усилия (Рикер, 1979).

Если улов на подъем одной ловушки обозначить $\frac{c}{f}$, а плотность запаса D , то коэффициент улавливаемости q определится выражением

$$q = \frac{c}{f D},$$

в этом случае коэффициент q выражается в единицах площади, приходящейся на ловушку, и ему может придаваться значение эффективной площади.

Величина q соответствует площади, в пределах которой в ловушку попадает 100% животных, а за ее пределами — ни одного. Эта площадь меньше, чем действительная площадь, с которой привлекаются животные (рис. 4.13).

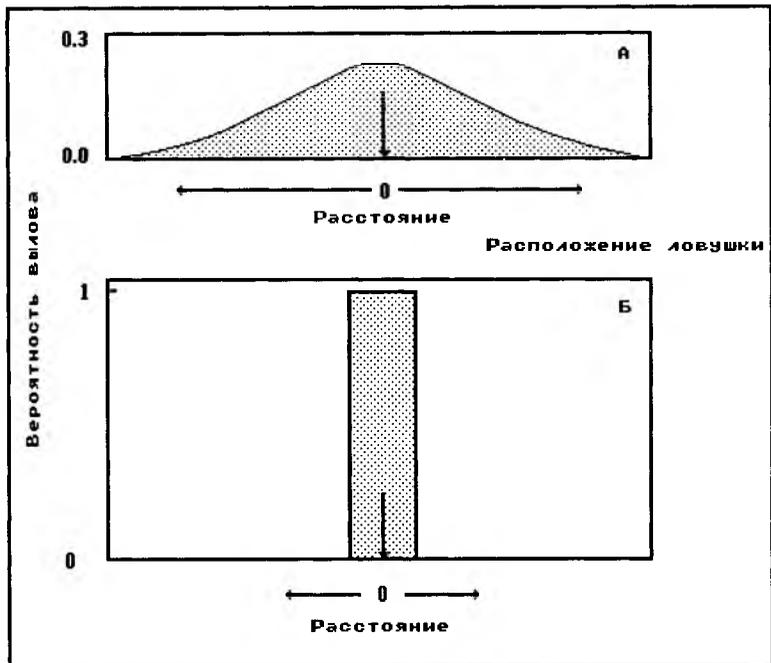


Рис. 4.13. В е - роятность поимки в зависимости от расстояния до ловушки (по: Miller, 1990)

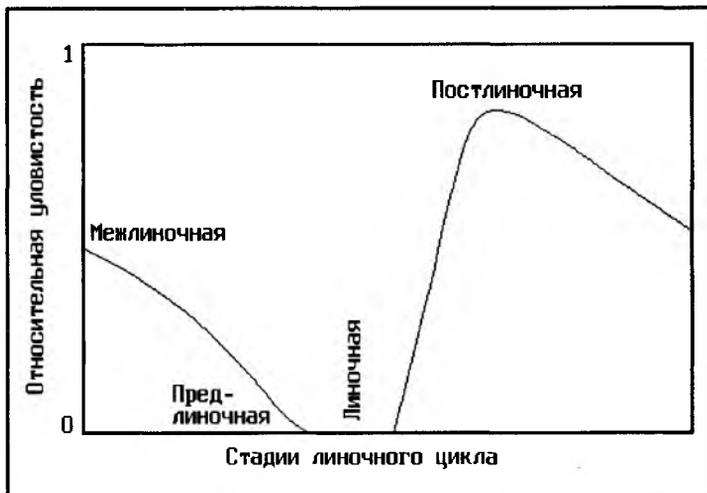
А — площадь привлечения; Б — эффективная площадь облова q

Оценку q выполняют по результатам прямого учета животных и улова ловушек в том же районе. В нескольких экспериментах были определены следующие величины q : для *P. cygnus* — 144-174 м²; для краба-стригуна опилю — 2470-5290 м²; для трубоча *Viccinum undatum* — 2706 м². Необходимо, однако, иметь в виду, что на величину площади привлечения влияет множество факторов, таких как рельеф дна, количество пищи, характер распределения животных, температура и др.

С величиной площади привлечения связан такой весьма важный для промысловиков показатель, как количество одновременно выставляемых ловушек и расстояние между ними. Из общих соображений ясно, что расстояние должно быть минимальным, но в то же время достаточно большим, чтобы ловушки не «конкурировали» друг с другом. Длительной практикой установлено, что эффективность отдельной ловушки повышается с увеличением их общего числа. Это положение подтверждается на орудиях лова другого типа, но также основанных на пищедобывательном поведении — крючковых. Показано (Буняк, 1990б), что эффективность использования крючков возрастает с уменьшением их числа в секции более высокими темпами, чем общее снижение улова.

На эффективность ловушечного лова могут оказывать влияние такие факторы как температура и пол животных. В частности, у ракообразных самки, особенно зрелые, менее уязвимы для ловушечного лова, чем самцы. Имеет значение дневной и лунный циклы, которым подчиняется активность многих гидробионтов, движение воды и др. Большое значение имеет физиологическое состояние объектов лова. В разных группах гидробионтов события, влияющие на состояние и активность животных, не одинаковы. У ракообразных, например, наблюдаются наиболее драматические

Рис. 4.14. Обобщенная схема зависимости уловистости ловушки от стадии линчного цикла краба (по: Miller, 1990)



изменения жизненного цикла, связанные с линькой. Соответственно, очень четко выражена зависимость уловистости от стадии линчного цикла (рис. 4.14).

На эффективности ловушек сильно сказывается их размер. Обычно улов больших ловушек выше, чем маленьких, но связь размера орудия с выловом не прямая. Причина этого может заключаться в снижении эффекта насыщения в больших ловушках.

Большое значение имеет конструкция входа, идеальная конструкция должна обеспечивать легкое проникновение животных в ловушку и исключать их уход. На практике используются многочисленные варианты количества, формы, размеров и размещения входов. Кроме свободных входов применяют и различные специальные устройства, препятствующие выходу — заслонки, защелки, гибкие пальцы и др.

Ловушки превосходят все известные типы орудий лова по возможностям обеспечения селективности и экологических требований. Выполнение

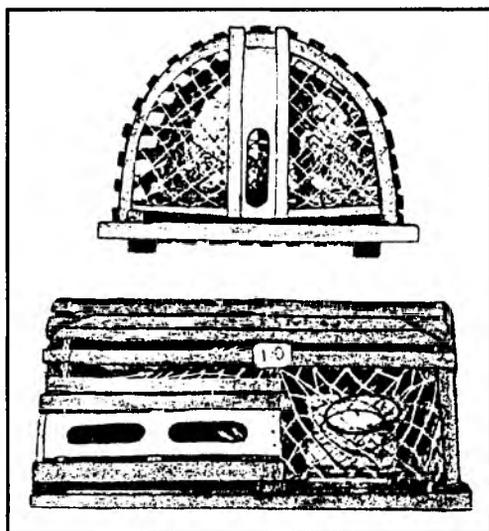


Рис. 4.15. Ловушка для омаров с различными ориентированными отверстиями для выхода (по: Krouse, 1978)

этих задач облегчается введением в конструкцию ловушек различных дополнительных устройств. Один из наиболее распространенных типов таких устройств — отверстия определенного размера для выхода маломерных (сублегальных) животных (рис. 4.15). Использование калиброванных отверстий имеет существенные преимущества перед выпуском маломерных животных при переборке улова, поскольку смертность самостоятельно вышедших из ловушки животных значительно ниже; повышаются и технологические показатели промысла.

Ловушки позволяют относительно просто решить проблему «самолова» потерянных или оставленных по той или иной причине орудий. Оставленные ловушки продолжают «работать», пока не будут разрушены коррозией и штормами, на что иногда требуется значительное время. Свести к минимуму ущерб можно, предусмотрев отверстия для выхода и включив в конструкцию быстро разрушающихся в морской воде элементы. Хорошо себя зарекомендовали панели, объединяющие калиброванные отверстия и разрушаемые элементы (дерево, натуральная нить и др.).

Вероятность поимки животного ловушкой P_{Π} может быть выражена соотношением

$$P_{\Pi} = P_{\kappa} P_{\text{вх}} (1 - P_{\text{вых1}} - P_{\text{вых2}}),$$

где P_{κ} — вероятность для животного войти в контакт с ловушкой; $P_{\text{вх}}$ — вероятность входа в ловушку; $P_{\text{вых1}}$ — вероятность ухода через входные отверстия; $P_{\text{вых2}}$ — вероятность ухода другими путями (например, через специальные отверстия).

Отсюда видно, что направление совершенствования ловушек — увеличение вероятности входа в них животных и снижение вероятности ухода. Достигается это разными путями. Один из них состоит в улучшении приманки: хорошая приманка действует при очень низких концентрациях и сохраняет привлекательность в течение всего периода застоя. Уход через входное отверстие снижается обеспечением его недоступности для



Рис. 4.16. Водолаз в вентилируемом снаряжении за добычей водорослей (30-40-е годы)

пойманных животных, уменьшением размера и изменением конструкции входа; одна из эффективных мер — секционирование внутреннего объема ловушки. Размерная селективность регулируется подбором размера ячеей сетного полотна и специальных отверстий.

Принципиальное улучшение эффективности лова может быть достигнуто при решении двух проблем: а) регулирование направления запаха от приманки таким образом, чтобы он проходил преимущественно через вход ловушки; б) снижение репеллирующего эффекта пойманных в ловушку животных устранением или маскированием исходящих от них визуальных и запаховых стимулов. Эти проблемы достаточно сложны, но их решение представляется возможным.

2.3. Водолазный промысел

Весьма своеобразным «орудием лова» является водолаз⁴. Водолазный промысел имеет ряд существенных преимуществ перед другими видами промысла и обладает рядом уникальных особенностей. К числу важнейших из них относится очень высокая селективность и практически полное отсутствия неблагоприятного воздействия на среду обитания гидробионтов. Из недостатков водолазного промысла следует отметить существенную зависимость времени работы под водой и производительности от глубины и температуры воды.

Использование водолазов для целей промысла началось почти сразу же после изобретения водолазного снаряжения современного типа, т.е. с середины прошлого века, но масштабы такого промысла были весьма незначительны. До 1950 г. практически единственным видом промыслового водолазного снаряжения было вентилируемое (рис. 4.16); кое-где оно применяется и в настоящее время. После изобретения акваланга последний постепенно вытеснил вентилируемое снаряжение

В России впервые водолазные аппараты начали применять с 1891 г. при промысле дальневосточного трепанга в Уссурийском заливе Японского моря. Тогда для этой цели были приглашены японцы с двумя водолазными аппаратами. До конца 30-х годов на промысле трепанга работали только водолазы-корейцы, поскольку считалось, что только они обладают необходимыми для такой сложной работы качествами (Яковлев, 1927). Широкое использование российских водолазов на промысле трепанга началось в послевоенные годы. В начале 60-х годов в единственной в СССР специализированной бригаде водолазов-промысловиков на рыболовецком комбинате на о-ве Попова близ Владивостока впервые стал использоваться акваланг, но до конца 80-х годов широкого применения в нашей стране он не получил.

⁴ Этим термином здесь обозначается как собственно водолаз, т.е. человек, использующий снаряжение для дыхания под водой, так и ныряльщик без дыхательного снаряжения. В англоязычной литературе любой погружающийся под воду именуется ныряльщиком [diver], а специальные условия обозначаются пояснительным термином (аквалангист — SCUBA diver, погружающийся на малых глубинах — skin diver, «свободный» ныряльщик — free diver, и др.).

В настоящее время водолазы и ныряльщики используются при промысле довольно ограниченного специфичного круга организмов. Сравнительно низкая производительность труда и значительные затраты на производство водолазных работ делают водолазный промысел рентабельным только в тех случаях, когда собранные объекты имеют высокую рыночную стоимость. Это прежде всего деликатесные морские организмы, источники получения ценных химических и медицинских веществ, объекты сувенирного значения. Водолазы добывают губок, кораллы, двустворчатых, брюхоногих и головоногих моллюсков, крабов и лангустов, иглокожих, а также некоторые водоросли. В России на коммерческом промысле водолазы используются при добыче только двух групп морских беспозвоночных: иглокожих (дальневосточный трепанг и морские ежи) и двустворчатых моллюсков (мидия Грея, модиолус).

Для промысла используется стандартное водолазное снаряжение — как вентилируемое шланговое, так и автономное — акваланги. За рубежом часто применяется полуавтономный вариант водолазного снаряжения с подачей воздуха по шлангу от небольшого индивидуального компрессора низкого давления, установленного на обеспечивающем судне [англ. аббревиатура HOOKAH] (рис. 4.17). Теплозащитная одежда зависит от типа промысла и финансовых возможностей: используются все виды сухих и мокрых гидрокостюмов, в т.ч. современные сухие гидрокостюмы с герметичной молнией и поддувом.

Ныряльщики, не применяющие дыхательных аппаратов, довольно многочисленны и участвуют во многих традиционных промыслах, имеющих преимущественно узко региональное значение. Это и знаменитые японские ныряльщицы «ама», и жители приморских районов тропической и субтропической зоны. Общее количество животных и растений, добываемых ныряльщиками, довольно велико, но поскольку они используются преимущественно на месте, в статистику вылова эти организмы практически не попадают.



Рис. 4.17. Современное промышленное водолазное снаряжение с подачей воздуха по шлангу от индивидуального компрессора

При водолазном промысле используются различные дополнительные технические средства — сетчатые мешки (питомзы) для улова, багорки, крючки, ломы, парашюты и поддуваемые воздухом герметичные емкости для подъема улова на поверхность. Их набор и конструкция зависят от условий конкретного промысла, традиций, личных вкусов водолаза.

Наиболее важная особенность водолаза как «орудия лова» — необычный характер его селективности. В отличие от всех других орудий лова, селективность которых жестко определена конструкцией и относительно постоянна, диапазон селективности водолаза может меняться в самых широких пределах: от полного отсутствия захвата до почти 100%-ного захвата всех объектов, попавших в зону облова.

Селективность водолаза, в отличие от селективности сетных орудий, проявляется не в процессе взаимодействия орудия лова с объектом, а предшествует этому процессу. Она коренным образом отличается и от «предзахватной» селективности бессетевых орудий, которая обеспечивается привлечением в зону непосредственного облова дифференцированных особей, но сам лов практически остается неселективным. Водолаз же отбирает объекты по индивидуальному принципу в зависимости от результатов предварительной визуальной оценки. Что касается отбора объектов по размеру, то и здесь селективность водолаза по многим параметрам значительно отличается от селективности любых орудий лова: ее можно описать кривой П-образной формы, что совершенно недостижимо при использовании других орудий лова. Наконец, известно, что обеспечить селективность орудий лова в отношении вида объекта — чрезвычайно сложная, а часто и неразрешимая задача, в то время как возможности водолаза в этой области практически не ограничены.

Водолазный промысел имеет определенные предпосылки для саморегулирования, так как концентрируется на плотных скоплениях организмов и отбирает животных строго определенного коммерческого размера, поскольку водолаз быстро вырабатывает способность весьма точно оценивать размер организмов.

Еще одна замечательная особенность водолаза — возможность приспособиваться к характеристикам грунта и работать на участках, рельеф которых не позволяет использовать другие орудия лова, при практически полном отсутствии нежелательного неконтролируемого влияния на окружающий субстрат и живые организмы.

Рассмотрим основные факторы, определяющие эффективность работы водолаза.

Время одного цикла лова (одного водолазного спуска) $T_{\text{общ}}$ подразделяется на производительное (сбор объектов) T и непроизводительное (спуск и подъем водолаза, транспортировка улова и др.) $T_{\text{непр}}$:

$$T_{\text{общ}} = T + T_{\text{непр}}$$

Естественно, что эффективность тем выше, чем меньше времени тратится непроизводительно. Снизить непроизводительное время можно разными мерами, наиболее важные из которых — оптимальная организация водолазных спусков и механизация транспортировки улова.

В настоящее время водолазы и ныряльщики используются при промысле довольно ограниченного специфического круга организмов. Сравнительно низкая производительность труда и значительные затраты на производство водолазных работ делают водолазный промысел рентабельным только в тех случаях, когда собранные объекты имеют высокую рыночную стоимость. Это прежде всего деликатесные морские организмы, источники получения ценных химических и медицинских веществ, объекты сувенирного значения. Водолазы добывают губок, кораллы, двустворчатых, брюхоногих и головоногих моллюсков, крабов и лангустов, иглокожих, а также некоторые водоросли. В России на коммерческом промысле водолазы используются при добыче только двух групп морских беспозвоночных: иглокожих (дальневосточный трепанг и морские ежи) и двустворчатых моллюсков (мидия Грея, модиолус).

Для промысла используется стандартное водолазное снаряжение — как вентилируемое шланговое, так и автономное — акваланги. За рубежом часто применяется полуавтономный вариант водолазного снаряжения с подачей воздуха по шлангу от небольшого индивидуального компрессора низкого давления, установленного на обеспечивающем судне [англ. аббревиатура НООКАХ] (рис. 4.17). Теплозащитная одежда зависит от типа промысла и финансовых возможностей: используются все виды сухих и мокрых гидрокостюмов, в т.ч. современные сухие гидрокостюмы с герметичной молнией и поддувом.

Ныряльщики, не применяющие дыхательных аппаратов, довольно многочисленны и участвуют во многих традиционных промыслах, имеющих преимущественно узко региональное значение. Это и знаменитые японские ныряльщики «ама», и жители приморских районов тропической и субтропической зоны. Общее количество животных и растений, добываемых ныряльщиками, довольно велико, но поскольку они используются преимущественно на месте, в статистику вылова эти организмы практически не попадают.



Рис. 4.17. Современное промышленное водолазное снаряжение с подачей воздуха по шлангу от индивидуального компрессора

При водолазном промысле используются различные дополнительные технические средства — сетчатые мешки (питомзы) для улова, багорки, крючки, ломики, парашюты и поддуваемые воздухом герметичные емкости для подъема улова на поверхность. Их набор и конструкция зависят от условий конкретного промысла, традиций, личных вкусов водолаза.

Наиболее важная особенность водолаза как «орудия лова» — необычный характер его селективности. В отличие от всех других орудий лова, селективность которых жестко определена конструкцией и относительно постоянна, диапазон селективности водолаза может меняться в самых широких пределах: от полного отсутствия захвата до почти 100%-ного захвата всех объектов, попавших в зону облова.

Селективность водолаза, в отличие от селективности сетных орудий, проявляется не в процессе взаимодействия орудия лова с объектом, а предшествует этому процессу. Она коренным образом отличается и от «предзахватной» селективности бессетевых орудий, которая обеспечивается привлечением в зону непосредственного облова дифференцированных особей, но сам лов практически остается неселективным. Водолаз же отбирает объекты по индивидуальному принципу в зависимости от результатов предварительной визуальной оценки. Что касается отбора объектов по размеру, то и здесь селективность водолаза по многим параметрам значительно отличается от селективности любых орудий лова: ее можно описать кривой П-образной формы, что совершенно недостижимо при использовании других орудий лова. Наконец, известно, что обеспечить селективность орудий лова в отношении вида объекта — чрезвычайно сложная, а часто и неразрешимая задача, в то время как возможности водолаза в этой области практически не ограничены.

Водолазный промысел имеет определенные предпосылки для саморегулирования, так как концентрируется на плотных скоплениях организмов и отбирает животных строго определенного коммерческого размера, поскольку водолаз быстро вырабатывает способность весьма точно оценивать размер организмов.

Еще одна замечательная особенность водолаза — возможность приспособляться к характеристикам грунта и работать на участках, рельеф которых не позволяет использовать другие орудия лова, при практически полном отсутствии нежелательного неконтролируемого влияния на окружающий субстрат и живые организмы.

Рассмотрим основные факторы, определяющие эффективность работы водолаза.

Время одного цикла лова (одного водолазного спуска) $T_{\text{общ}}$ подразделяется на производительное (сбор объектов) T и непроизводительное (спуск и подъем водолаза, транспортировка улова и др.) $T_{\text{непр}}$:

$$T_{\text{общ}} = T + T_{\text{непр}}.$$

Естественно, что эффективность тем выше, чем меньше времени тратится непроизводительно. Снизить непроизводительное время можно разными мерами, наиболее важные из которых — оптимальная организация водолазных спусков и механизация транспортировки улова.

Производительность сбора водолазом промысловых организмов определяется целым рядом факторов, как объективных — вида добываемого организма, условий его обитания, видимости под водой и мн. др., так и субъективных — опыта водолаза, его психофизических особенностей, качества снаряжения.

На сбор одного объекта затрачивается время t , которое удобно представить как

$$t = t_{\text{сб}} + t_{\text{пер}},$$

где $t_{\text{сб}}$ — «чистое» время, затрачиваемое на собственно сбор (захват и перемещение объекта); $t_{\text{пер}}$ — время, затрачиваемое на поиск и передвижение между объектами.

Динамика выборки водолазом скоплений организмов неодинакова прежде всего из-за различной мощности и конфигурации скоплений. Относительно редким случаем является сохранение постоянной концентрации организмов в ходе промысла; это возможно при значительной протяженности промыслового скопления, позволяющей водолазу с помощью соответствующей организации маршрута проводить сбор на еще не обловленных участках.

В условиях реального промысла водолазы обычно ищут участки с наиболее высокой плотностью объектов, на которых и концентрируют свои усилия. Когда хорошее скопление найдено, бригада водолазов обычно проводит на нем весь день. Практически водолазы не имеют возможности перемещаться на полностью не обловленные участки, поэтому средняя плотность организмов на промысловом участке снижается.

Промысловая мощность водолаза определяется размером площади, обловленной в единицу времени (Beinssen, 1979). Непосредственно определить эту площадь довольно сложно, и практически ее удобнее характеризовать таким операциональным показателем, как величина улова C . Приняв за время облова время передвижения (поскольку оно пропорционально плотности распределения объектов δ), промысловую мощность водолаза r можно представить как

$$r = \frac{C/T_{\text{пер}}}{\delta}; \text{ ее размерность } \left[\frac{L^2}{T} \right].$$

Выразив время передвижения через легко поддающееся измерению общее время погружения, можно записать:

$$\frac{C}{T - t_{\text{сб}}} = r \delta,$$

или

$$\frac{T}{C} = t_{\text{сб}} + \frac{1}{r\delta}.$$

Для калибровки метода определения промысловой мощности фиксируют результаты сбора в единицу времени на участках с разной плотностью распределения объектов; плотность определяют каким-либо независимым методом.

2. Орудия и способы лова донных организмов

Число собранных водолазом организмов зависит не только от плотности их распределения, но и скорости движения водолаза. Выразим количество собранных за время T объектов формулой

$$N = \frac{T}{t_{сб} + t_{пер}} = \frac{T}{t_{сб} + \frac{l_{ср}}{v}},$$

где $l_{ср}$ — среднее расстояние между объектами; v — скорость движения водолаза.

Площадь S' , приходящаяся на один объект при их равномерном распределении, определяется соотношением

$$S' = l_{ср} \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

С другой стороны, очевидно, что $S' = \frac{1}{\delta}$, откуда

$$N = \frac{T}{t_{сб} + \frac{1,07}{v \sqrt{\delta}}}.$$

Величина $t_{сб}$ зависит от вида собираемых организмов, характера грунта, температуры воды (определяющей тип используемого гидрокостюма) и др. При $t_{сб} \gg t_{пер}$ число добытых объектов почти не зависит от плотности их распределения, а определяется в основном «чистым» временем сбора. Такая ситуация может наблюдаться при промысле закапывающихся и прочно прикрепленных организмов, когда $t_{сб}$ достигает значительной величины (одна минута и более), а также при сборе свободно лежащих на дне объектов с высокой плотностью поселения, почти не требующих перемещения водолаза. В то же время максимальное число таких объектов (даже некрупных), которые могут быть собраны под водой, не превышает 40 в минуту, поэтому $t_{сб} > 0,025$ мин.

При промысле свободно лежащих организмов с низкой плотностью поселения (менее 3 экз./м²) меняется структура периода между захватами t . В этом случае, часто встречающемся на практике, водолаз может использовать «чистое» время сбора на передвижение между объектами, поэтому величину $t_{сб}$ в последней формуле можно отбросить. Тогда, принимая среднюю скорость водолаза $v = 20$ м/мин, можно записать $N = 19T\sqrt{\delta}$.

В.Г.Муравьев (1985) при использовании указанной методики в Красном море определил более низкие значения производительности сбора свободно лежащих объектов (20 экз./мин) и средней скорости движения водолаза (12 м/мин). При этих условиях количество фактически добытых организмов (морская звезда акантастер, морской еж диадема, голотурия из семейства стихоподида и мягкие кораллы горгонарии и альционарии) хорошо согласуются с расчетным. На практике за единицу времени при водолажном промысле применяются разные показатели: час или 10 мин погружения, водолазный день (смена), при работе в автономном снаряжении — время расходования воздуха в акваланге со стандартным для данного промысла объемом баллонов.

Поскольку площадь сбора в единицу времени и, следовательно, промысловая мощность водолаза находится в обратной зависимости от плотности распределения организмов, величина промысловой смертности на эксплуатируемом участке по мере снижения запаса будет увеличиваться. Так, при промысле халиотисов (Beinssen, 1979) при средней плотности 0,2 экз./м² время погружения распределилось следующим образом: 25% собственно сбор и 75% — поиск (передвижение); за 1 час погружения водолаз облавливал площадь 900 м². По ходу промысла на участке доля $T_{сб}$ снижалась до 25% и, таким образом, промысловая смертность за единицу времени погружения увеличивалась втрое. При снижении плотности распределения халиотисов на 90% вылов на единицу промыслового усилия (общее время погружения) снижался только втрое.

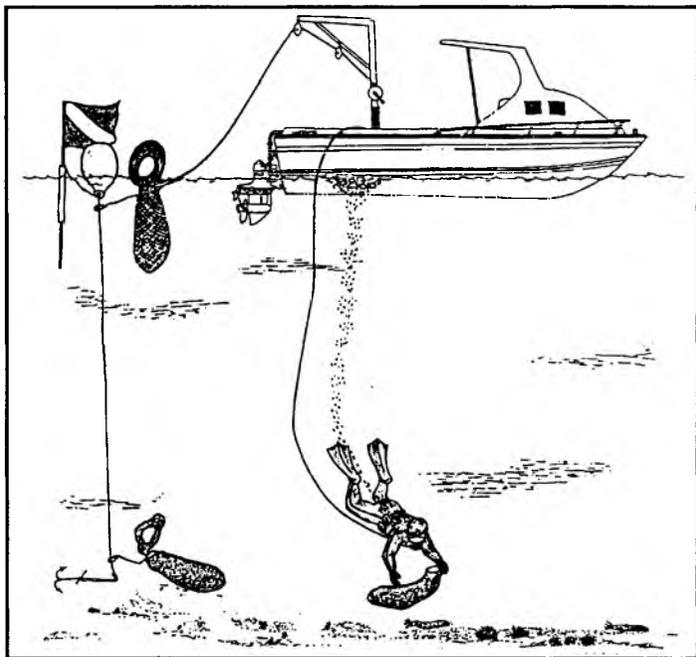
При промысле гребешка *Chlamys tehuetcha* в Аргентине (Orensanz, 1986) средний улов на единицу промыслового усилия составил 450-525 кг/вод.день. Группа из 5-7 водолазов эффективно использовала площадь 1000-2500 м²; за период промысла средняя плотность гребешка снизилась с 60,4 до 42,0 экз./м².

«Ловящая способность» водолаза в значительной степени определяется способностью обнаружить объект на дне, зависящей от особенностей визуального восприятия под водой. Для некоторых видов беспозвоночных, обитающих открыто на относительно ровном грунте, проблема обнаружения не представляет сложности. Для видов, обитающих на дне со сложным рельефом и/или имеющих защитную форму и окраску (халиотисы, морские ежи и др.) доля животных, не замеченных водолазом, может быть весьма высока. Так, уровень визуального обнаружения водолазами мелких халиотисов в специально выполненных исследованиях составил 41% в первый день, 23% на 6-й и 20% на 45-й день после выпуска меченых моллюсков, крупных — 37, 15 и 13% соответственно (Tanaka et al., 1991).

Средний ежедневный вылов у разных водолазов даже при одинаковых внешних условиях значительно варьирует. Главный фактор, определяющий индивидуальную производительность лова — способность водолаза обнаруживать участки с повышенной плотностью распределения организмов (эту способность очень трудно формализовать, она в значительной степени определяется интуицией) и организовывать маршрут передвижения по дну таким образом, чтобы минимизировать перекрывание маршрута поиска. Дополнительные факторы повышения промысловой мощности — увеличение скорости движения и улучшение техники добычи, минимизирующие чистое время сбора.

Как уже указывалось, важнейшим преимуществом водолаза как «орудия лова» является очень высокая и легко регулируемая селективность. Поэтому механизация и интенсификация труда водолаза целесообразны только при сохранении этой важной характеристики. Наиболее желательно механизировать такие трудоемкие операции, как отделение от субстрата прикрепленных животных и растений, раскапывание грунта, транспортировку собранного материала (рис. 4.18). При непродуманной механизации основных операционных процессов, способствующей чрез-

Рис. 4.18. Водолаз-ный промысел морских ежей с использо-ванием для подачи улова на поверхность поддуваемой камеры



мерному увеличению скорости передвижения водолаза под водой и ширины захвата, он может частично или полностью потерять преимущества, определяемые его селективной способностью.

В то же время в отдельных случаях применение специальных механических приспособлений способствует повышению производительности труда водолаза или даже делает возможным выполнение некоторых видов работ. К ним относятся, например, ручные всасывающие устройства для лова укрывающихся ракообразных, пневматические стригущие машинки для сбора водорослей и др. Сюда не следует относить работу водолаза совместно с орудиями лова, приводимыми в действие с поверхности. Эти орудия способны работать и самостоятельно, водолаз же обеспечивает повышение их производительности, ориентируя и контролируя деятельность залавливающих устройств и его возможности повышения селективности ограничиваются конструкцией орудия.

2.4. Прочие орудия и способы лова беспозвоночных

Помимо рассмотренных орудий, применяющихся на крупномасштабных коммерческих промыслах, существует множество орудий и способов лова, которые не имеют широкого распространения и используются на разнообразных местных промыслах. Такие способы обычно относятся к традиционным; они отработывались в течение длительного времени, прекрасно учитывают биологические характеристики объектов и местные условия, часто очень интересны и даже экзотичны. Поскольку иерархическая классификация орудий местных промыслов настолько громоздка, что теряет

какую-либо практическую ценность, здесь упоминаются только некоторые из таких орудий.

При сборе беспозвоночных на мелководье применяют различные «сухопутные» инструменты — лопаты, грабли, совки и пр. Разработано и множество специальных технических средств. Некоторые из них довольно универсальны, другие же рассчитаны на добычу определенных организмов. К таким орудиям относятся остроги с расходящимися упругими прутьями для защемления моллюсков и специальные грабли для добычи клемов, щипцы (тонги) для захвата и отрыва от субстрата устриц (рис. 4.19) и мн. др. Особенно разнообразны ручные орудия для сбора клемов. Помимо указанных, для добычи крупных глубоко закапывающихся двустворок используется «кулик» [sandpiper] — уплощенный отрезок трубы, заканчивающийся длинным стержнем с поперечной рукояткой.

Ручная добыча моллюсков — очень тяжелый труд, и неоднократно предпринимались попытки его облегчить. Так, помимо ручных тонг применяются и механические, в которых сжатие створок и подъем улова производится палубными лебедками. Очень интересно использование «малой механизации» при выкапывании клемов. Известно несколько вариантов механических систем, но наиболее перспективна гидравлическая копалка, в которой вода подается в трубчатый коллектор с патрубками, укрепленный на ручной двухколесной тележке.

Множество своеобразных методов применяется при лове тропических беспозвоночных. Используют такие средства, как остроги, ручной сбор, химическое «глушение», малые портативные ловушки и мн. др.

В качестве примера применения «местных» способов укажем на лов осьминога крюковой снастью, сохранившийся на Средиземном море. Снасть состоит из нескольких крупных крючков, укрепленных на общем основании. Моллюсков привлекают укрепленной на снасти приманкой (например, краб), яркой тряпочкой или даже зеркалом. Добыча ведется

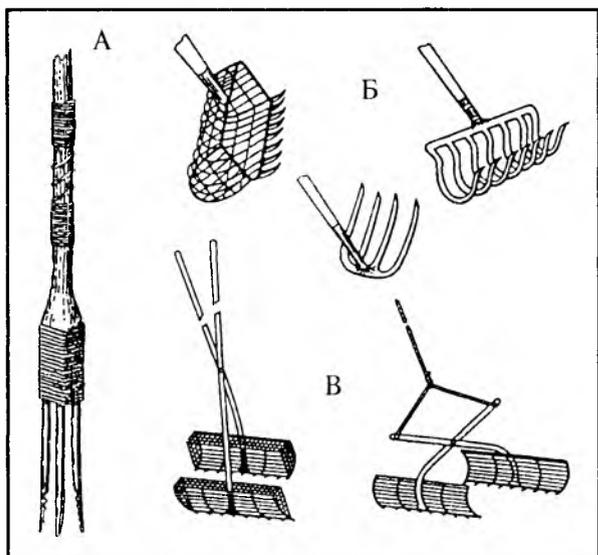


Рис. 4.19. Ручные орудия добычи двустворчатых моллюсков: острога (А) и грабли (Б) для клемов, тонги для устриц (В)

с лодки при визуальном контроле через ящик со стеклянным дном («корейское окно»). Ловец подводит прикрепленную к шесту снасть к обнаруженному моллюску и двигает ее, привлекая внимание. После того, как осьминог бросается на приманку, его быстро поднимают на поверхность.

В некоторых районах тропической зоны осьминогов ловят, устраивая на мелководье длинные (до километра) лабиринты из веток. Моллюски в прилив забираются в лабиринт, а когда вода уходит, их собирают руками.

2.5. Добыча морских растений

Добыча морских донных водорослей и трав имеет некоторые специфические особенности.

Наиболее полно отработана технология промысла неприкрепленных пластообразующих водорослей — анфельции и филлофоры. Для их добычи широко применяются грейферы и простейшие драги различных конструкций. Имеется опыт использования гидродраг, обеспечивающих непрерывную подачу водорослей на судно с помощью насосов или эрлифта (Цапко, 1968).

Значительно сложнее добыча прикрепленных водорослей, особенно с длинными слоевищами⁵, и морских трав. Технология их добычи на прибрежном мелководье, часто на скальных, глыбовых и других «неудобных» грунтах до сих пор удовлетворительно не отработана, хотя в таких районах сосредоточены основные запасы макрофитов. В существующих орудиях сбора водорослей используются два основных способа отделения растений от субстрата — отрыв и срезание, но эти принципы часто совмещаются и имеется множество модификаций, различающихся способом захвата водорослей, транспортировки улова и др.

А. Орудия, отрывающие водоросли от грунта

А1. Использующие принцип защемления

К этой категории относятся драги якорного типа — конструктивно наиболее простые и в то же время весьма производительные орудия. В отличие от драг для беспозвоночных, в которых отделение организмов от субстрата производится без предварительной фиксации, в водорослевых драгах растения перед отрывом защемляются между специальными конструктивными элементами драги. Другая особенность водорослевых драг — они часто делаются симметричными относительно горизонтальной плоскости, чтобы при переворачивании на неровном грунте ловящая способность орудия сохранялась.

Наибольшее распространение получили драги «паук», в общем виде представляющие собой прямую или изогнутую в виде скобы трубу, к которой приварены с двух сторон ряды изогнутых прутковых зубьев

⁵ В литературе, особенно промысловой, слоевище (таллом) водорослей иногда называют «стеблем» и «листьями», что является грубой ошибкой.

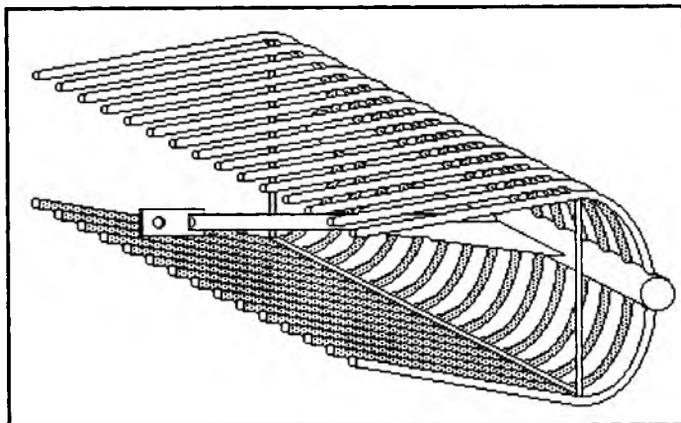


Рис. 4.20. Драга “паук” для сбора водорослей (ориг.)

(рис. 4.20). От средней части несущей трубы отходит шток, у основания которого крепится конец буксирного троса.

Второй тип хорошо зарекомендовавших себя драг якорного типа — орудие, сконструированное фирмой «Протан» (Норвегия). Драга представляет собой относительно короткие и широкие салазки, полозья которых образуют гребенку, между зубьями которой защемляются слоевища водорослей.

Для разгрузки рассмотренных драг после подъема их переворачивают и стряхивают водоросли на палубу. Если судно оборудовано краном-манипулятором, все операции выполняют без использования ручного труда. При отсутствии манипулятора после подъема драги проводят переостропку ваера, после чего драгу поднимают судовой стрелой и переворачивают.

А2. Использующие принцип накручивания

К этой категории относятся ручные канзы и механические орудия, основанные на том же принципе. Канзы способны обеспечить высокую прицельность и селективность лова, но имеют низкую производительность и эффективно работают на глубине не более 5 м (рис. 4.21). Механические канзы лишены как недостатков, так и достоинств ручных орудий этого типа. Они обычно представляют собой головку с отходящими под углом прутьями. Головку опускают в воду грузовой стрелой, вращение ей передается посредством гибкой связи от гидромотора.

Б. Орудия, срезающие водоросли

Попытки использовать на промысле водорослей принцип, наиболее широко применяющийся в агротехнике — срезание — предпринимались неоднократно. Однако сбор водорослей, несмотря на внешнее сходство со сбором наземных растений, технически кардинально отличается от последнего. Слоевища водорослей очень пластичны и либо стелются над грунтом под действием течения, либо лежат на нем, поэтому перед срезанием их необходимо ориентировать по отношению к рабочему органу. Поскольку водоросли имеют нейтральную или положительную плавучесть, требуются специальные меры для предотвращения потери всплывающих после срезания слоевищ. Наконец, сложной проблемой является

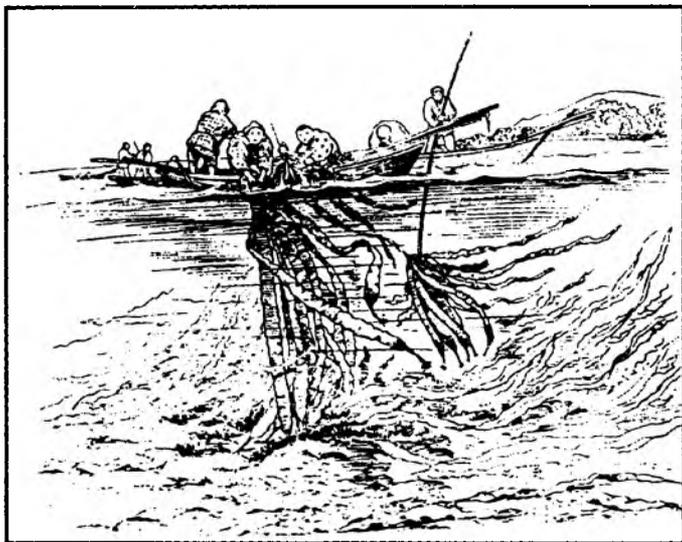


Рис. 4.21. Ручная добыча ламинарии в Японии

поддержание постоянного расстояния рабочего органа от грунта («копирование» рельефа дна). В орудиях разного типа эти проблемы пытаются решить разными способами.

Б1. С неподвижными режущими приспособлениями

Для перерезания слоевищ водорослей требуется относительно небольшое усилие (на порядок меньше, чем на перерезание стебля хлебных злаков равной площади сечения), что дает возможность использовать устройства, обеспечивающие срезание без применения противорежущих частей.

Из многочисленных орудий, в которых использовался этот принцип срезания, практическое применение нашли только драги. Наиболее известна драга фирмы «Протан». Она состоит из прямоугольного листа, уложенного на три полоза; средний удлиненный полоз служит для крепления буксирного троса. В передней части драги на 5-7 см выше полозьев установлены неподвижные ножи. Срезанные водоросли поступают в сетной мешок (рис. 4.22).

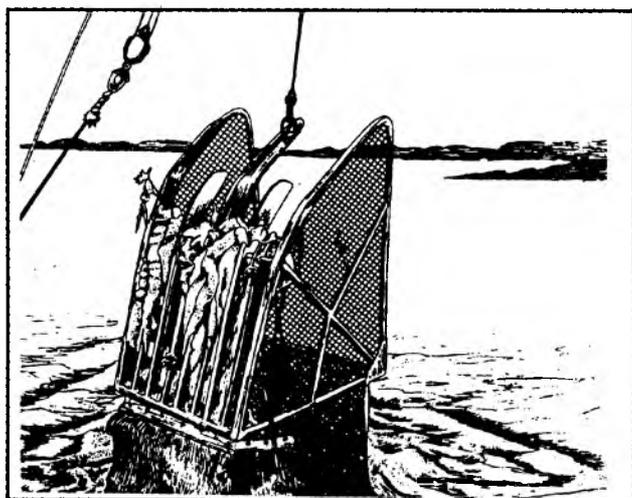


Рис. 4.22. Салазочная драга с неподвижными ножами для добычи ламинарии

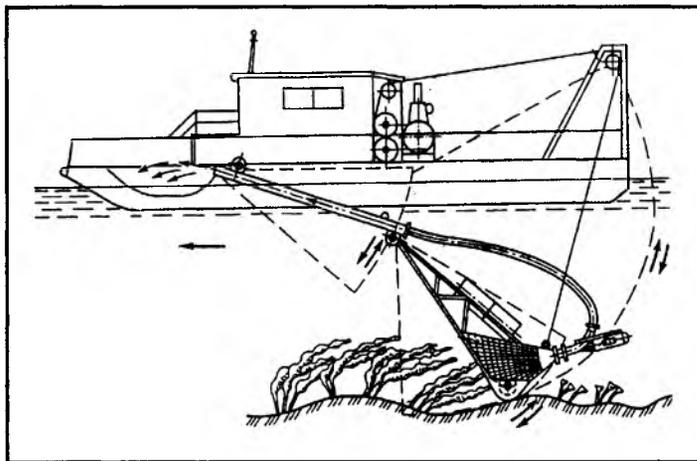


Рис. 4.23. Экспериментальное гидравлическое устройство для добычи ламинарии (по: Кухтаров, 1988)

Б2. С подвижными ножами

Испытывался целый ряд устройств для сбора водорослей, снабженных режущим аппаратом с подвижными ножами. Особенности строения и произрастания водорослей объясняются неудачи многочисленных попыток применения режущего аппарата возвратно-поступательного типа, широко используемого в косилках, комбайнах и других сухопутных агрегатах. Более перспективными оказались вращающиеся ножи и специальные режущие приспособления.

Существует несколько вариантов конструкций режущих головок, способов «копирования» грунта, доставки срезанных водорослей на судно. Чаще всего для последней цели используются транспортеры. Испытываются устройства, в которых срезанные водоросли доставляются на поверхность эрлифтом или всасывающим насосом (рис. 4.23).

Интересный принцип заложен в устройство для сбора ламинарии с рабочим органом в виде провисающей на двух барабанах конвейерной ленты. На ленте закреплены зубчатые ножи, наклоненные к ней под углом 45° , и иглы. Лента при движении создает поток воды, поднимающий слоевища ламинарии, которые захватываются иглами и срезаются наклонно (что требует значительно меньших усилия резания). Конструкция рабочего органа обеспечивает ориентирование слоевищ, срезание их в нижней части и транспортирование на поверхность. При контакте с препятствием рабочие органы удовлетворительно реагируют на рельеф дна (Шпаков, 1977).

В заключение этого раздела необходимо упомянуть очень важный в хозяйственном отношении способ добычи водных растений — сбор штормовых выбросов (хотя в строгом смысле термина он не является морским промыслом, поскольку осуществляется на суше). Этим методом собирают очень значительное (хотя и трудно поддающееся учету) количество водорослей.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ

1. Параметры численности популяции

Численность популяции в условиях отсутствия промысла и эмиграции-иммиграции определяется рождаемостью и смертностью. В общем виде ход этих процессов показан на рисунке 5.1. Разность между величинами, представленными двумя кривыми (число рожденных минус число погибших) представляет чистую скорость пополнения. В начальный период эта скорость мала, затем возрастает и вновь снижается, т.е. описывается S-образной, или сигмовидной, кривой.

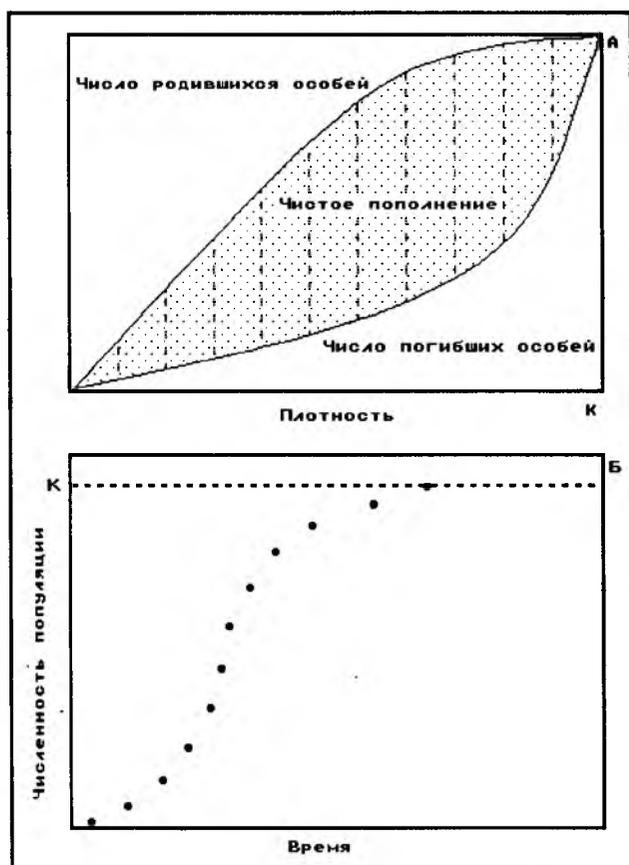


Рис. 5.1. Рост численности популяции (по: Бигон и др., 1989)

А — зависящие от плотности изменения числа родившихся и погибших особей; Б — результирующий S-образный, или сигмовидный рост

Такой рост может быть описан целым рядом уравнений; наибольшее распространение получило самое простое из них — так называемое логистическое (оно впервые было предложено в 1838 г. В.-Ф. Ферхюльстом и переоткрыто через 80 лет Р. Перлем и Л. Ридом). В основе логистической модели лежит предположение о линейном снижении удельной скорости роста r с возрастанием численности N . Скорость роста такой популяции выражается уравнением

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K-N}{K},$$

где r — константа экспоненциального роста; K — предельная плотность популяции, определяемая емкостью среды.

На реальную популяцию организмов влияет множество факторов, которые либо способствуют повышению ее численности, либо, напротив, снижают ее. Некоторые из этих факторов общие для любых живых существ, другие же специфичны для данной группы организмов или конкретных условий обитания (рис. 5.2).

Для промысловых организмов очень большое, а иногда и ведущее значение имеет снижение численности, обусловленное выловом, т.е. промысловая смертность. Ее можно характеризовать несколькими показателями.

Мгновенный коэффициент смертности Z — относительная (удельная, в расчете на одну особь) скорость смертности от разных причин, определяется из выражения

$$Z = - \frac{dN}{Ndt},$$

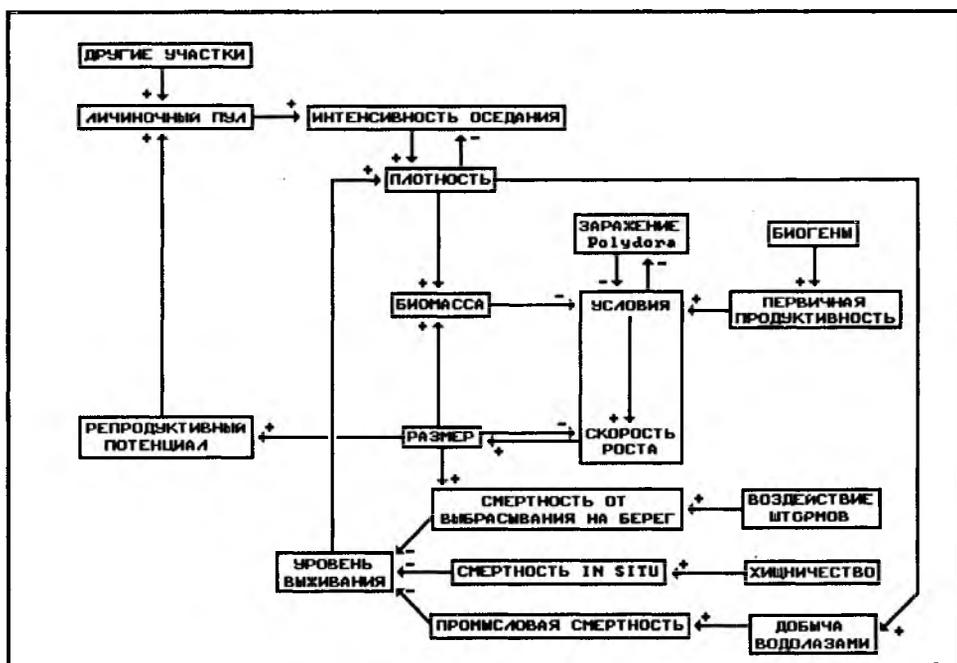


Рис. 5.2. Схема комплекса факторов, положительно (+) или отрицательно (-) влияющих на популяцию (гребешок *Chlamys tehuelcha*; по: Orensanz, 1986)

где N — численность некоторой группы особей. Размерность Z $[\frac{1}{t}]$. Мгновенный коэффициент общей смертности равен сумме коэффициентов естественной (от хищников, старости и др.) смертности M и промышленной смертности F :

$$Z = M + F.$$

Если рассматриваемый интервал равен году, то доля выживших особей S составляет e^{-Z} ; эту величину называют коэффициентом выживаемости. Доля особей, погибших от разных причин в течение года, называется коэффициентом убыли; очевидно, он равен $1 - S$. В зависимости от причин, вызывающих гибель, различают коэффициенты общей φ , естественной φ_M и промышленной φ_F убыли. Коэффициент промышленной убыли, равный отношению улова (в численном выражении) к начальной численности $\varphi_F = \frac{C}{N}$ называют также коэффициентом эксплуатации; в этом случае он обозначается символом E .

Промысел изымает (или, по крайней мере, должен изымать) не всех особей данного вида, а только тех из них, которые составляют промысловый запас, т.е. соответствуют определенным критериям. Критерии эти разнородны — биологические, технологические, рыбоохранные, но наиболее часто рассматривается только один из них — возрастной (размерный). Процесс вступления организмов в промысловую фазу жизни, на которой они становятся доступными для промысла, называется пополнением; этим же термином определяется совокупность особей, впервые вступающих в промысел⁶.

Механизм обеспечения пополнения для разных групп организмов не одинаков. Для мигрирующих животных момент вступления в промысел может определяться тем, что объекты впервые оказываются в районе промысла. Если молодь и взрослые животные обитают в одном и том же районе, момент пополнения может быть связан с переходом к образу жизни взрослых особей и с увеличением их размера до величины, доступной для орудий лова, селективных по размеру (Бивертон, Холт, 1969).

Различают несколько типов пополнения (Рикер, 1979). При скачкообразном все организмы данного возраста становятся уязвимыми для промысла в определенное время данного года, после чего их уязвимость остается на одном уровне. Среди беспозвоночных такой тип пополнения наблюдается, например, у кальмаров. Для порционного пополнения характерно постепенное повышение уязвимости в течение нескольких лет, тогда как в течение данного года каждая отдельная особь либо полностью уязвима, либо полностью неуязвима для промысла. Это типично для видов животных, имеющих нагульные миграции, когда неполовозрелые особи не смешиваются с половозрелыми. Характерный пример из

⁶ Значение этого термина в рыбохозяйственной литературе отличается от общепромыслового, где под пополнением обычно понимается молодь по достижении ею жизнестойкой стадии.

беспозвоночных — некоторые крабы. Наиболее распространенный тип пополнения — **непрерывный**; в этом случае уязвимость представителей некоторого поколения постепенно увеличивается в соответствии с увеличением размеров животных и изменением их поведения.

Характер зависимости численности пополнения от численности производителей на любой стадии жизненного цикла выражается графиком, называемым кривой воспроизводства. Наибольшее распространение при анализе динамики популяций промысловых организмов получили графики, отражающие частный случай воспроизводства — взаимосвязь численности родительского стада и численности рекрутов (Рикер, 1979; рис. 5.3).

Динамика снижения численности популяции в результате элиминации особей, вызванной естественными (хищничество) или антропогенными (промысел) причинами в разных условиях не одинакова. В терминах экологической концепции «хищник-жертва» она может быть описана формой функционального ответа хищника, выражающего связь между скоростью потребления пищевых объектов и их плотностью.

Чаще всего наблюдается функциональный ответ типа 2 (по: Holling, 1959) — с увеличением плотности жертвы скорость потребления возрастает вначале быстро, а затем снижается. Это связано с тем, что время, затрачиваемое на обработку (преследование, поимка, поедание) одной жертвы с ростом плотности относительно увеличивается. В случае промысловой деятельности такая зависимость наблюдается при добыче объектов (индивидуальный организм или скопление организмов), время поиска которых достаточно велико.

При функциональном ответе типа 1 с увеличением плотности пищевых объектов скорость потребления линейно растет, но, достигнув опре-

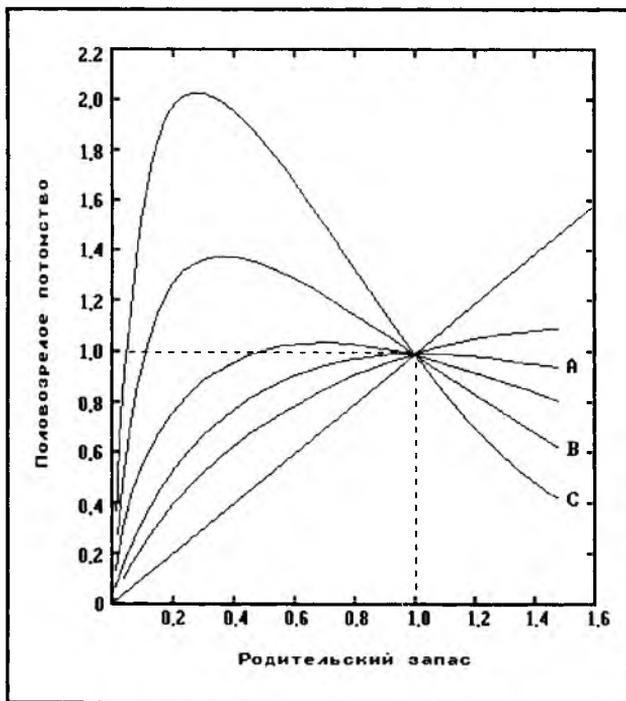


Рис. 5.3. Кривые воспроизводства Рикера. Точки, в которых эти кривые пересекают биссектрису координатного угла, соответствуют замещающему уровню запаса и воспроизводства (по: Рикер, 1979)

деленного уровня, остается на нем независимо от плотности, что обусловлено превышением «пропускной способности» пищедобывательных механизмов. В применении к промыслу данная зависимость реализуется при добыче индивидуальных организмов (например, ручной, в частности, водолазный промысел) на очень плотных скоплениях при достижении минимально возможного времени обработки (захват, перенос) одного объекта.

2. Математические модели

Один из доступных методов, которые используются при оценке состояния запасов и выработке мер регулирования промысла — математическое моделирование популяций.

Модели динамики численности обычно относятся к изолированным популяциям и описывают только главные черты изменения их численности и состава. В них, как правило, не учитывается пространственное распределение промысловых объектов, а рассматриваются суммарные численность и биомасса популяций в целом или отдельно по возрастным группам, принимая во внимание пополнение, рост, естественную и промысловую смертность. Влияние абиотических факторов, как правило, не учитывается, либо вводится косвенно — через параметры модели. Значительно реже моделирование применяют для описания динамики реальных промысловых сообществ, состоящих из нескольких взаимодействующих видов (Булгаков, Кизнер, 1987).

Наиболее употребительна группа моделей, в которых используются как биологические данные, так и данные по уловам организмов по возрастным группам — аналитические, виртуальной популяции и др.

Все современные аналитические модели основаны на закономерностях динамики промыслового запаса, предложенных Ф.И.Барановым (1918). Модели этого типа строят с учетом процессов пополнения, роста и смертности (рис. 5.4).

Изменения численности поколений животных с возрастом определяются зависимостью

$$\frac{dN(t)}{dt} = -ZN(t),$$

решением которого является выражение

$$N_t = N_0 e^{-Zt},$$

где N_0 — начальная численность; N_t — численность в момент t ; Z — мгновенный коэффициент общей смертности. Величина возможного улова (в единицах массы) определяется выражением

$$\frac{dY}{dT} = FN(t)W(t),$$

где F — коэффициент промысловой смертности.

Аналитические модели позволяют наиболее точно оценить промысловый запас и дать рекомендации по промыслу только в применении к

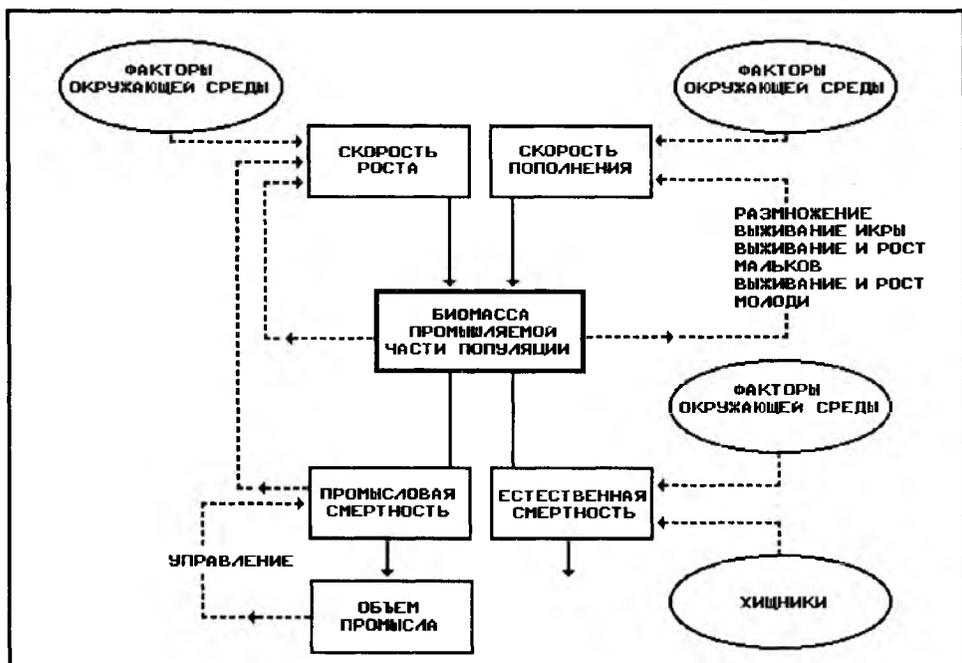


Рис. 5.4. Общая структура аналитической модели (по: Бигон и др., 1989)

объектам с относительно большой продолжительностью жизни и незначительными колебаниями пополнения. Практически в настоящее время их используют не для нахождения абсолютных параметров улова, а для определения величины промысловой смертности F_{max} , соответствующей максимальной величине улова, и выявления общих тенденций возможного улова и численности запаса при разных режимах промысла (Бабаян и др., 1984).

Большое развитие получил метод **виртуальной популяции (VPA)**. Основу метода разработал в 1922 г. А.Н.Державин, а его широкое применение связано с именем Ф.Фрая (Fraу, 1949). Виртуальная популяция, или наименьшая величина запаса — это суммарный вылов объектов одного поколения на протяжении промыслового периода жизни — от вступления в промысловое стадо до выбывания из него; это популяция, существующая в данный момент времени, за исключением животных, которые впоследствии погибнут от естественных причин. Метод VPA позволяет вычислить серию возможных уловов, соответствующих различным режимам промысловой эксплуатации, только если имеется информация о возрастном составе улова.

Одна из широко используемых групп моделей — производственные — устанавливают связь между величиной популяции и темпом естественного прироста (продуктивностью). В этом случае популяция рассматривается как цельный объект, без учета внутренних связей, и естественный прирост запаса определяется его величиной. Концептуальной основой разработки таких моделей является представление о популяции как гомеостатической системе и концепция уравновешенных уловов. Практическая задача применения производственных моделей — оценка максимально уравновешенного вылова.

Наиболее известны продукционные модели В.Шефера, В.Фокса, И.Пеллы и П.Томлинсона. Исходное уравнение модели Шефера:

$$Y_E = k_{\infty}(V_{\infty} - V)V,$$

где V_{∞} — максимальная численность популяции, k — постоянная, характеризующая рост популяции.

В модели использована логистическая кривая роста, верхняя асимптота которой соответствует максимальной численности популяции, а ее точка перегиба — значению $\frac{V_{\infty}}{2}$ (рис.5.5А). При условии, что промысел изымает прибавочную продукцию запаса с той же скоростью, с которой она продуцируется, зависимость между уловом и уловом равновешенной биомассой описывается параболой (рис.5.5Б).

Биомасса запаса, для которой равновесный вылов (оптимальная величина запаса) максимален, составляет половину максимальной уловом равновешенной биомассы; он равен одной четвертой максимальной биомассы, умноженной на мгновенный коэффициент увеличения запаса при очень небольшой (приближающейся к нулю) биомассе (Рикер, 1979).

Очень сходны с моделью Шефера модели Фокса:

$$Y_E = kV_{\infty}(\ln V_{\infty} - \ln V)V$$

и Пеллы-Томлинсона:

$$Y_E = k(P_{\infty} - V^{m-1})V,$$

где m — показатель степени.

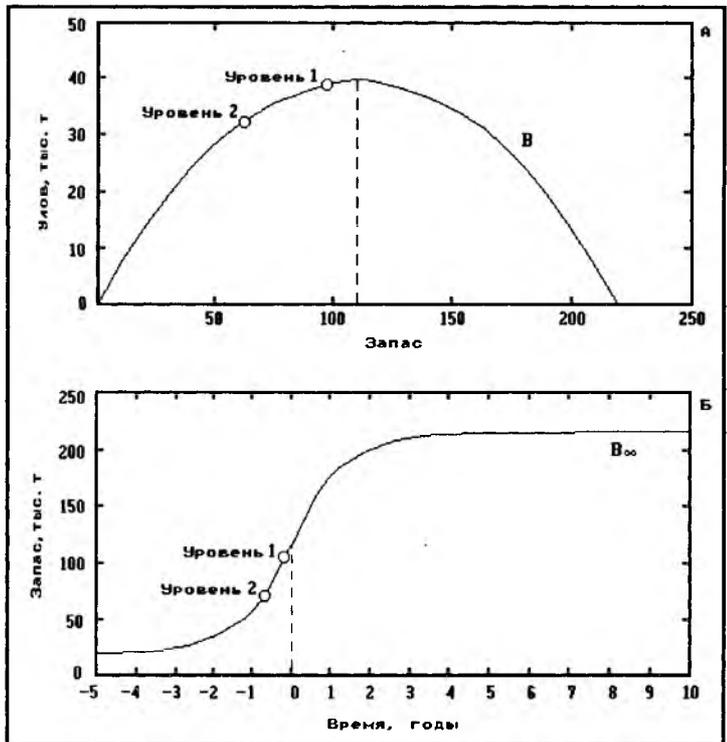


Рис. 5.5. Логистическая кривая роста популяции (А) и соответствующая параболическая зависимость вылова от величины запаса (Б) (по: Рикер, 1979)

Их различие в содержательном плане заключается в различном представлении гомеостатических свойств популяции и, соответственно, использовании различных кривых роста: логистической (модель Шефера), кривой Гомпертца (модель Фокса) и уравнения роста Берталанфи (модель Пеллы-Томлинсона).

В конечном виде продукционные модели приводят к получению зависимостей между уловом на единицу усилия и усилием, уравновешенным уловом и усилием, уловом и размером популяции (Локшина, 1978а,б). Для реализации указанные модели требуют только промысловых данных. Они обычно используются в случаях отсутствия информации о параметрах роста и смертности, в частности, для объектов, определение возраста которых затруднено или невозможно.

Продукционные модели основаны на нескольких весьма сильных допущениях (Бабаян, 1982): рассматриваемая популяция (или запас) биологически изолирована; популяция находится в уравновешенных условиях и основной фактор, определяющий величину запаса — промысел; естественный прирост биомассы не зависит от возрастной структуры запаса; любое изменение запаса мгновенно переводит его в новое состояние равновесия; между коэффициентом промысловой смертности и стандартизованным промысловым усилием существует зависимость.

В реальных популяциях и в условиях реального промысла эти допущения выполняются очень редко. Одно из необходимых условий равновесия — поддержание интегральной величины годового усилия на относительно стабильном уровне в течение периода перехода популяции на новый уровень, тогда как на практике механизм воспроизводства эксплуатируемой популяции не успевает реагировать на изменения интенсивности промысла. Таким образом, в большинстве случаев имеющиеся данные по уловам и уловам на усилие не отражают равновесного состояния запаса. Для уменьшения ошибок в определении промыслового режима с помощью продукционных моделей предложены методы коррекции, рассмотренные, в частности, В.К.Бабаяном (1982).

В 80-е годы стал применяться анализ редукиции запаса (SRA) — метод оценки запаса, в котором используется экспоненциальная форма уравнения улова и весовые оценки годовых уловов (Kimura, Tagart, 1982; Kimura et al., 1983). SRA не может быть однозначно отнесен ни к продукционным моделям, ни к моделям типа VPA. Он ближе к продукционным моделям — как и они, моделирует биомассу, а не численность, и дает оценку равновесного запаса. Однако в отличие от моделей этого типа в SRA не используются данные по величине промыслового усилия. Главное преимущество SRA состоит в том, что эти модели не требуют детальных данных по возрасту объектов и величине промыслового усилия.

Модели «запас-пополнение» основаны на предположении, что среди характеристик популяции, влияющих на воспроизводство и пополнение, особо значимую роль играет численность производителей, что позволяет использовать ее величину для анализа и прогнозирования уловов (Рикер, 1979). Такие модели математически описывают механизм воспроизводства запаса в виде функциональной зависимости величины пополнения от

величины родительского стада (Beverton, Holt, 1957; Pella, Tomlinson, 1969; Шарпан, 1973; Рикер, 1979).

Стабильный уравновешенный вылов для разных уровней запаса зависит от типа кривой воспроизводства, используемой в моделях. С помощью этих кривых воспроизводства можно определить величину запаса, соответствующую оптимальному пополнению, при котором будет обеспечен максимальный стабильный вылов.

Очень важные в практическом отношении модели промысла основаны на предположении, что по мере изъятия из популяции промыслом объектов величина улова на единицу промыслового усилия, которая принимается пропорциональной величине запаса, снижается. Впервые эта идея была выдвинута Ф.И.Барановым (1918), а практически применена для оценки запаса П.Лесли и Д.Девисом (Leslie, Davis, 1939) и Д.ДеЛури (DeLuri, 1947); позже эти модели были несколько модифицированы Д.Браатеном (Braaten, 1969).

Методология Лесли-Девиса включает построение графика зависимости производительности промысла (или другого индекса обилия популяции) от кумулятивного (накопленного) улова за период промысла. Пересечение графика с осью абсцисс дает оценку начального запаса, а наклон — оценку улавливаемости. Эта зависимость выражается уравнением

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_0 - qK_t,$$

где N_0 — начальная численность популяции; K_t — накопленный улов за период t ; q — коэффициент улавливаемости, характеризующий долю популяции, изымаемую единицей промыслового усилия.

Метод ДеЛури аналогичен описанному, но для построения графика используется логарифм улова на усилие, а вместо накопленного улова — накопленное усилие E_t :

$$\ln\left(\frac{C_t}{f_t}\right) = \ln(qN_0) - qE_t.$$

Важный потенциальный источник ошибок при применении методов оценки величины популяции, основанных на изменениях улова на единицу промыслового усилия — изменчивость улавливаемости. Эта характеристика меняется из-за сезонных изменений условий среды, особенностей поведения животных и др.

В условиях реального промысла ошибки возникают из-за вариабельности пространственного распределения как промысловых объектов, так и промысловых единиц. При относительно небольшой интенсивности лова каждая промысловая операция производится на новом месте, на котором не сказывается влияние предшествующих операций, и локальная плотность объектов несмотря на снижение общего запаса, может почти не меняться. На уловах могут сказываться и миграции животных.

Один из наиболее распространенных приемов снижения искажений оценок, вносимых вариабельностью условий промысла — использование относительно коротких промежутков времени. Для обнаружения и учета

миграционных процессов предложено сравнивать расчетные параметры (размер запаса, величину вылова и улавливаемость) за несколько отрезков времени и таким образом определять характер изменения запаса (Андреев, Драпацкий, 1991).

Рассмотренные модели предполагают, что запас однороден и промысловое изъятие из него неселективно. В тех случаях, когда эксплуатируемый запас подразделяется на два или большее число классов — по виду, полу, возрасту и другим характеристикам, и промысел селективен с точки зрения принятой классификации, величину запаса можно определить по составу улова. Этот метод, впервые предложенный Г.Келкером (Коли, 1979), в последующем был значительно усовершенствован; в рыбохозяйственной литературе он известен как метод «изменения состава» или «дихотомии» (Рикер, 1979).

Пусть C — общий улов, C_x и C_y — численность в улове особей, обладающих признаками x и y , соответственно; p_1 и p_2 — доля в популяции особей, обладающих признаком x , в начале и в конце промыслового периода, соответственно. Тогда начальную численность популяции можно определить из соотношения:

$$N = \frac{C_x - p_2 C_y}{p_1 - p_2}.$$

Метод дихотомии незаменим в случаях, когда требуется информация о численности особей, обладающих определенным признаком y , добыча которых запрещена. В этом случае о численности группы, находящейся под защитой, можно судить по результатам вылова обитающей совместно с ней промысловой группы, т.е. одну из групп используют в качестве контрольной, позволяющей следить за численностью другой.

Серьезный недостаток большинства моделей эксплуатируемых популяций состоит в том, что в них популяция как бы вычленяется из экосистемы и рассматривается или как изолированная от внешних воздействий, или ее взаимосвязи с остальными элементами задаются весьма жестко. Попыток выполнить моделирование промысловой экосистемы в целом очень немного. К их числу относится разработка американских ученых Т.Левасту и Г.Ларкинза по моделированию морских экосистем северо-восточной части Тихого океана (1987).

Эти исследователи показали, что для решения вопросов управления рыбными ресурсами необходимо, помимо данных о количественных параметрах запаса, располагать информацией о некоторых дополнительных факторах, которые могут влиять на оценку возможного вылова. К их числу относится возможность отделить естественные колебания, существующие в экосистеме независимо от промысла, от колебаний, вызванных промыслом; информация о факторах, определяющих восстановление запаса, и о скорости такого восстановления, и др.

3. Особенности анализа динамики популяций донных беспозвоночных

Классическое развитие динамики эксплуатируемых популяций было инициировано нуждами исследования рыб; характеристикам регулирования популяций беспозвоночных, несмотря на большую экономическую значимость этих групп, до недавнего времени уделялось очень мало внимания. В то же время беспозвоночные имеют существенные для регулирования их запасов биологические особенности, требующие специального рассмотрения (см. также главу 2).

Основные отличия популяций беспозвоночных от рыб, существенные для построения моделей — это очень высокий репродуктивный потенциал, высокая вариабельность силы годовых классов, быстрый и в некоторых группах (ракообразные) прерывистый рост, трудности определения возраста, заметная зависимость скорости роста сессильных видов от плотности поселения, сложное пространственное распределение, выраженная сезонность промысла и сезонная вариабельность уловистости, трудности стандартизации промыслового усилия (Hancock, 1979; Hilborn, 1986).

В основу большинства классических промысловых моделей положена концепция «объединенного запаса» и в них промысловая смертность F принимается пропорциональной промысловому усилию f . Однако улавливаемость q в известном уравнении $F = qf$ остается из года в год постоянной только если остается постоянным относительное распределение запаса и усилия (Caddy, 1975). Очевидно, что равная вероятность поимки любой особи, подвижной или неподвижной, возможна только в теоретической ситуации, а именно при равномерном распределении промыслового усилия по всей площади распределения запаса.

У беспозвоночных вследствие ряда факторов, некоторые из которых были упомянуты в главе 2, пространственное распределение имеет очень сложный характер и его игнорирование при построении моделей приводит к получению неадекватных результатов. Модели должны также учитывать неоднозначность у беспозвоночных количественных отношений запаса и пополнения.

Одна из наиболее известных моделей эксплуатации популяций донных беспозвоночных, учитывающих информацию о пространственном распределении, построена Д.Ф.Кадди (Caddy, 1975) для гребешка *Placopecten magellanicus*. В этой модели имитируется неслучайное пополнение и вылов седентарных организмов и предполагается, что:

а) пополнение распределено пятнами, размер и расположение которых случайны, при этом локальная биомасса не превышает начальную в каждом эксплуатируемом районе;

б) доля промыслового усилия в пределах каждого статистического района определяется локальной биомассой с учетом «традиционной промысловой практики».

Модель Кадди, несмотря на ряд упрощений, позволила получить результаты, существенно отличающиеся от прогнозов моделей, использующих концепцию «единого запаса»:

- при пропорциональном распределении промыслового усилия с ростом усилия относительно уровня, предусмотренного MSY (см. главу 6), вылов снижается быстрее, чем предусмотрено «классическими» моделями;
- пик смертности и соответствующая точка полного пополнения на кривой улова с ростом усилия или степени скученности располагаются на более ранних стадиях и в большинстве случаев последовательно снижаются с возрастом;
- дисперсия биомассы на единицу площади промыслового участка снижается с возрастом.

Сложная пространственная структура запаса донных беспозвоночных принимается во внимание при эксплуатации этого запаса и влияет на размещение промысловых единиц. В ходе промысла постоянно оцениваются градиенты плотности запаса и, при наличии такой информации, промысловое усилие имеет тенденцию распространяться на участки с плотностью выше средней. Неточность навигации, невысокая скорость обмена информацией между судами и желание найти еще более перспективные районы приводит к рассредоточению усилия, тем не менее районы с высокой плотностью облавливаются интенсивнее. На распределение усилия влияют и факторы, не связанные с обилием, такие как рельеф дна и расстояние от порта.

Значительные трудности возникают при использовании для описания популяций промысловых беспозвоночных моделей «запас-пополнение». У беспозвоночных отношения между величиной родительского стада и пополнением — результат нескольких процессов, которые не согласуются из-за разного масштаба пространственной и временной шкал, а потому характер такой зависимости может быть очень неоднозначный.

Так, у обитающего у побережья Англии гребешка *Pecten maximus* пополнение регулярное, но пространственно неоднородное (Bannister, 1986). Из-за относительно низкой эффективности гребешковых драг экономически целесообразно эксплуатировать только участки с наиболее высокой плотностью моллюсков. Поэтому наиболее вероятно, что воспроизводство обеспечивается остаточным запасом (хотя возможно также, что ключевой момент воспроизводства — личиночное развитие и дрейф личинок). Если пополнение пространственно-зависимо, стабильность популяции связана с особенностями крупномасштабного распределения плотности и агрегированности, что может привести к прогрессивному снижению эффективности мобильного промысла. Общие модели вылова на рекрута не принимают в расчет эти особенности и игнорируют такую интерпретацию организации запаса.

Анализ зависимости пополнения от родительского запаса гребешка *Chlamys tehuelcha* (Orensanz, 1986) показал отрицательную корреляцию между биомассой родительских особей и оседанием. Оседание (пополнение) ингибируется, когда биомасса родительского запаса превышает определенную величину. Из-за возможности приноса личинок с других участков оседание может быть успешным даже если плотность взрослых низкая (на кривых запас-пополнение нет крутого подъема левой ветви, обычного для графиках, характеризующих «закрытый» запас). Для успеха

3. Особенности анализа динамики популяций донных беспозвоночных

оседания новой когорты недостаточно наличия субстрата; оседание может снижаться по другим причинам — климатическим, гидрологическим и пр.

Отрицательная взаимосвязь величины пополнения и родительского стада проявляется в распределении старых и молодых особей гребешков (рис. 5.6). Высокая плотность моллюсков возраста 1+ во всех случаях не совпадает с высокой плотностью старших животных. Приведенный график показывает, что максимальная емкость среды определяется скорее биомассой, чем численностью.

Добыча многих видов беспозвоночных настолько интенсивна, что многие особи выживают более года после вступления в промысел. В этих условиях наиболее достоверный показатель состояния запаса на ближайшую перспективу — число пререкрутов (Jamieson, Caddy, 1986). Однако для многих эксплуатируемых популяций беспозвоночных получение текущей информации, точность которой достаточна для осуществления превентивных управленческих действий, — весьма сложная проблема. Ювенильные стадии большинства видов ведут скрытый образ жизни, обитают отдельно от взрослых и недостаточно эффективно улавливаются промысловыми орудиями. Пятнистое и рассредоточенное распределение затрудняет определение обилия рекрутов, не давая информации о ювенильных когортах.

При изучении пополнения и прогнозировании силы годовых классов беспозвоночных наиболее важны следующие моменты:

а) **Независимые от промысла оценки пополнения.** Такие оценки получают или прямой съемкой, или использованием личиночных и постличиночных коллекторов. Анализ основан на допущениях, что существует корреляция между численностью пререкрутов и последующих стадий и что принятые методы обеспечивают учет возрастных стадий пропорционально их относительной численности в популяции.

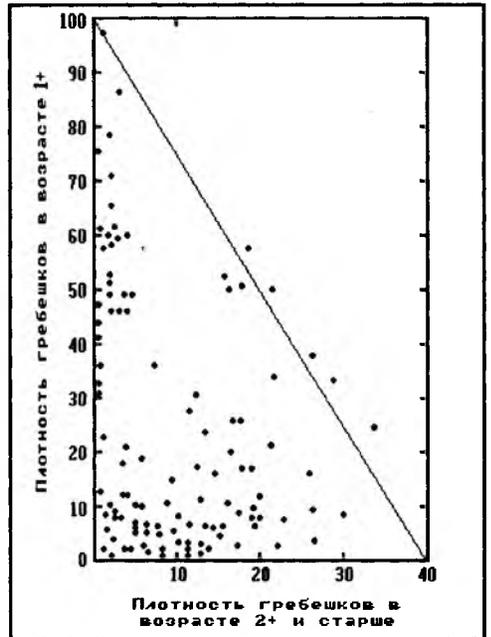


Рис. 5.6. Зависимость плотности гребешка *Chlamys tehuelcha* в возрасте 1+ от плотности животных старших возрастов, экз/м² (по: Orensanz, 1986)

б) Установление корреляции между успехом пополнения и параметрами среды. Прогнозирование успеха пополнения основано на эмпирически установленных отношениях абиотических факторов (метеорологические условия, температура воды и другие гидрологические параметры) и численностью отдельных возрастных стадий; при этом принимается, что физические факторы определяют репродуктивный успех и/или выживание потомства.

в) Анализ моделей, включающих временные серии величин уловов, промысловых усилий и переменных, характеризующих состояние среды и биотические факторы.

г) Выяснение влияния на пополнение и численность биотических процессов, таких как хищничество, паразитизм, конкуренция и каннибализм. Изменение численности пополнения сказывается на численности популяции посредством таких механизмов, как изменение уровня естественной смертности, плодовитости, конкуренции за пространство для оседания и жизни, поведения.

Несмотря на то, что изучение пополнения и определение силы годовых классов донных беспозвоночных привлекают серьезное внимание ученых, остается не выясненным ряд очень существенных вопросов (Jamieson, Caddy, 1986):

а) На какой стадии жизненного цикла определяется сила годового класса и какие связанные с этим факторы остаются стабильными во времени? Это один из наиболее важных вопросов, поскольку учет пререкрутов строится на допущении, что сила годовых классов уже была определена. В более общем виде эта проблема состоит в поиске отношений между численностью разных жизненных стадий, или между пополнением и биотическими и/или абиотическими переменными.

б) Каковы факторы, контролирующие успех годовых классов? Хотя хорошие модели динамики популяций не обязательно отражают причинно-следственные отношения, включение таких факторов способствует лучшему пониманию глубоких процессов, влияющих на продукцию.

в) Какова продолжительность временных серий данных, необходимая для качественного прогнозирования?

При использовании «классических» моделей для описания дезагрегированного запаса седентарных организмов, каковыми являются многие бентические животные, возникают такие специфические проблемы, как репрезентативный отбор проб и сложная пространственная структура распределения промыслового усилия. Поэтому модель эксплуатации такого запаса должна включать блоки, соответствующие разным уровням информации и состояния отдельных субзапасов.

Стратегия эксплуатации запаса определяется не только его характеристиками, но и системой организации промысла, в частности, его распределением во времени. Так, разработана модель эксплуатации запаса периодическим (пульсирующим) промыслом высокой интенсивности, ориентированным на добычу особей, размер которых превышает промысловую меру I_T (Sluczanowsky, 1986; рис. 5.7). Величина периода P между последовательными промысловыми экспедициями в каждый субзапас (пе-

риод закрытия промысла) может использоваться как мера превышения интенсивности эксплуатации над средними величинами. Модель показывает, как долгопериодный вылов (биомасса) и количество яиц на рекрута зависят от комбинаций I_r и P .

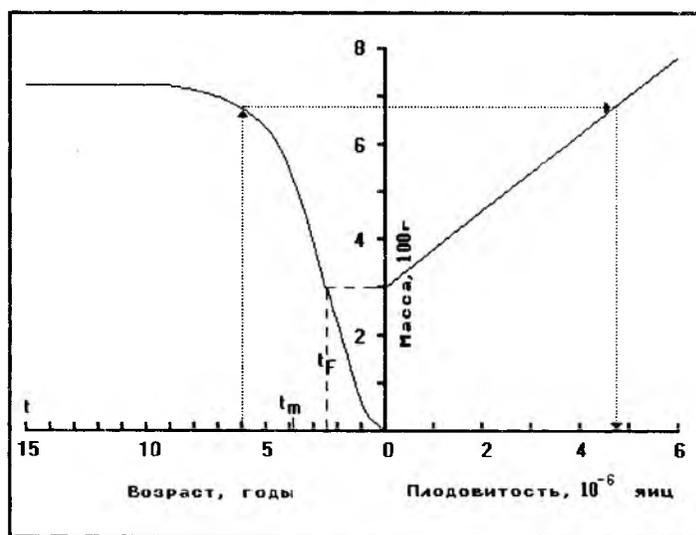
Эта модель удобна для практического применения, поскольку P , в отличие от коэффициента промысловой смертности F , отражает уровень эксплуатации относительно средних величин, а такие оценки могут быть получены на основании имеющейся статистики уловов и усилий. Заложенные в модели концепции применимы не только к мелководным брюхоногим моллюскам, но и к другим видам со сходной организацией запаса, например, к морским ежам.

При регулировании промысла донных беспозвоночных широкое распространение получили простые и удобные модели Лесли и ДеЛури (см. выше). Однако использование этих моделей требует соблюдение ряда довольно жестких условий, что далеко не всегда учитывается (Bailey, 1983). Одно из основных допущений методологии Лесли-ДеЛури состоит в том, что промысел — единственная причина изменения величины запаса. В промысловом районе должны отсутствовать значительные миграции промысловых организмов (хотя случайные перемещения отдельных особей только благоприятны для анализа, поскольку способствуют рандомизированию распределения). Вылов целевого объекта в качестве прилова другими промыслами должен отсутствовать или быть настолько низким, чтобы им можно было пренебречь.

Наблюдаемые отклонения от случайного распределения промыслового усилия могут быть результатом смещения оценки улова, не отражающего распределение плотности организмов по всему эксплуатируемому району. Например, участки со стабильной, но низкой плотностью запаса могут пренебрегаться промысловиками в пользу участков с высокой локальной плотностью; дальние участки даже с высокой плотностью организмов могут эксплуатироваться менее интенсивно, чем близкие к базе.

Рис. 5.7. Взаимосвязь возраста, массы тела и плодовитости абалони *Haliotis* spp. (по: Sluczanski, 1986)

t_m — возраст достижения максимальной биомассы в своем возрастном классе; t_f — расчетный возраст половозрелости



Условия получения корректных данных по методу Лесли-ДеЛури можно сформулировать следующим образом: случайное распределение промыслового запаса по эксплуатируемому участку; запас не модифицируется линькой, миграцией или другими факторами, помимо прямой эксплуатации (или эти изменения могут быть учтены); промысловая статистика полна и усилия точно документированы; уловистость орудий может быть принята постоянной.

В определенных условиях модель Лесли может служить эффективным инструментом оценки запаса и при несоблюдении строгих ограничений его закрытости и пространственной гомогенности. Результаты полученных этим методом оценок зависят от динамики снижения величины запаса в процессе промысла и от того, какой блок имеющихся данных использован при построении линии регрессии. Предложено усовершенствование модели Лесли, названное авторами (Mohn, Elner, 1987; рис. 5.8) методом аккумулярованного улова-Лесли (АС-L).

Сам по себе характер полученной при этом зависимости динамики промысла от величины запаса не всегда позволяет судить о качестве оценок; необходимо принимать во внимание и другие обстоятельства. Так если на графике снижения величины запаса имеется плато, обусловленное чувствительностью к пополнению на промысловом участке с гомогенным запасом, этот метод дает несмещенную оценку улова, качество которой зависит только от качества вводимых данных. Напротив, если такую картину вызывает перемещение судов, эксплуатирующих пространственно гетерогенный запас, даже высококачественные данные приведут к существенной его недооценке.

По-видимому, эти причины, а также недостаточная для получения статистически представительных данных продолжительность сезона промысла обуславливают обычно более низкую величину оценок запаса по методу Лесли по сравнению с оценками, полученными прямым учетом (Otto, 1986; рис. 5.9).

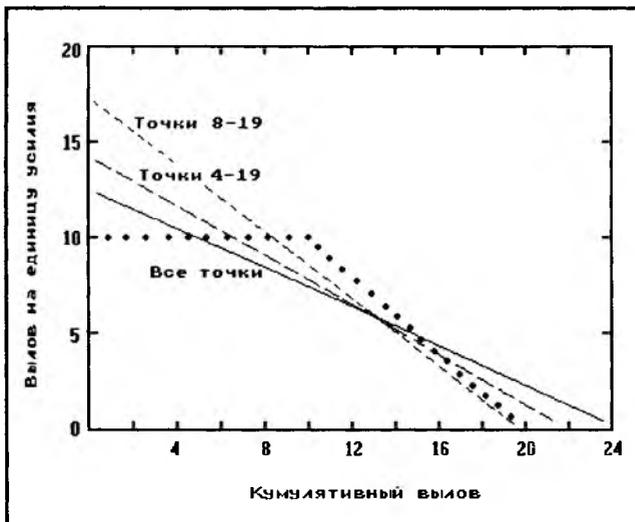
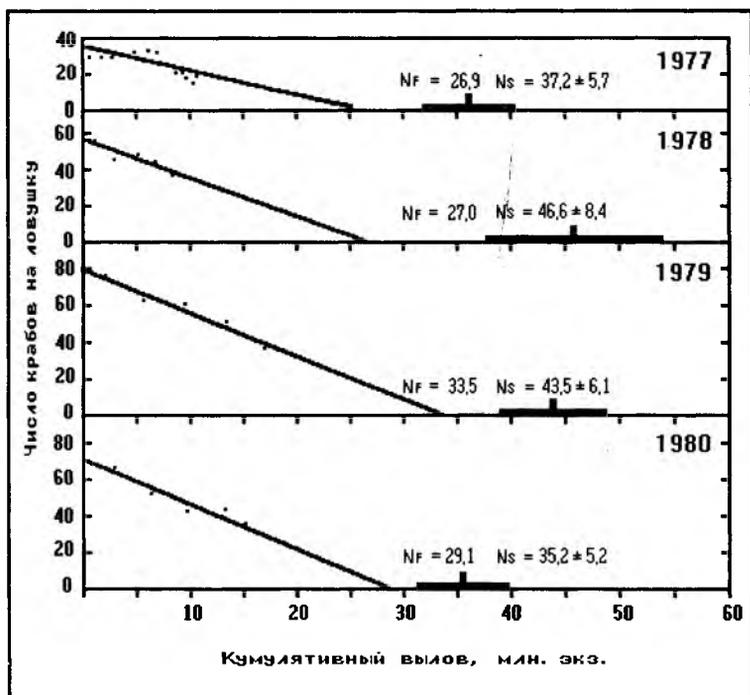


Рис. 5.8. Зависимость величины оценки запаса по методу Лесли от длины ряда первичных данных (Mohn, Elner, 1987)

3. Особенности анализа динамики популяций донных беспозвоночных

Рис. 5.9. Сравнение оценок численности самцов краба в Бристольском заливе, полученные методом Лесли и прямым учетом (по: Otto, 1986)



Популяции беспозвоночных можно рассматривать как частично саморегулирующиеся, взаимосвязанные посредством разноса личинок, и восстановление в таких популяциях не может описываться моделями «закрытого» запаса. Аналитические модели полезны при решении проблем, связанных с пространственным распределением одного масштаба (дисперсия личинок, динамика взрослых особей в пределах скопления), но количественное представление всего запаса или процессы, которые протекают в шкалах разного масштаба могут быть практически реализованы только компьютерной имитацией (Orensanz, 1986).

Для полного моделирования популяций беспозвоночных необходима оценка таких пространственных параметров, как зависящие от плотности перемещения взрослых особей, интенсивность оплодотворения и оседания (крупномасштабные процессы), корреляция между силой годовых классов и факторами среды, характер и интенсивность дисперсии личинок между промысловыми участками (мелкомасштабные процессы).

При анализе динамики эксплуатируемого запаса следует учитывать, что далеко не всегда снижение численности и даже депрессивное состояние наблюдаемых популяций является прямым следствием промысла; они могут вызываться и естественными биологическими процессами.

Биотические факторы осложняет реакцию запаса на промысловые действия и на меры регулирования. Так, опыт промысла краба-стригуна *Ch. opilio* в зал. Св. Лаврентия привел к парадоксальным результатам: в условиях интенсивного промысла при одинаковом режиме управления численность краба на одних участках увеличилась, на других осталась стабильной и на третьих резко снизилась (Elner, Bailey, 1986). Несмотря на то, что промысел базируется исключительно на зрелых самцах, а самки

этого вида имеют высокую плодовитость, пополнение было непредсказуемо. В данном случае основными факторами, влияющими на пополнение и обуславливающими разную реакцию запаса на одинаковые управленческие действия является, по-видимому, влияние хищников (треска) и конкуренция за пространство и пищу.

При анализе характеристик запаса промысловых организмов широко используются модели роста. Особенно часто их применяют по отношению к животным, определение индивидуального возраста которых не вызывает затруднений, в первую очередь к двустворчатым моллюскам. Так, разработана модель анализа возможного вылова спизулы *Spisula sachalinica*, основанная на анализе роста раковины и содержащая три основных уравнения: изменения биомассы, урожая и скорости роста раковины за сезон (Nakamura et al., 1989).

Разработана и методика оценки вылова в случаях, когда трудно или невозможно получить систематические оценки возраста, но имеется информация о характере роста. Описана техника прогноза возможного вылова мии *Mya arenaria*, включающая уравнение роста Берталанфи и уравнение смертности; модель показала хорошее совпадение с результатами, полученными с использованием возрастных оценок (Brethes, Desrosiers, 1981).

Для обеспечения соответствия моделей динамики промысловых популяций реальной картине в них приходится включать целый ряд «служебных» субмоделей, отражающих отдельные биологические особенности — характер размножения, плодовитость, питание и многие другие.

Так, модели роста обычно рассматривают изменение размеров организма как функцию времени и успешно описывают непрерывный рост, характерный для большинства животных. Однако при применении таких классических моделей к росту одной из наиболее важных групп промысловых беспозвоночных — ракообразным, возникают проблемы (Mc Caughran, Powell, 1977): размер этих животных увеличивается только во время линьки, и большая вариабельность размера с возрастом не описывается средней для популяции ростовой функцией.

В связи со сказанным в модель роста ракообразных необходимо включать такие параметры, как частота линек и величина увеличения размера в каждую линьку. Линочный рост, связанный с размерами животных, часто может быть представлен двуфазной (ювенил-взрослый) линейной функцией долиночного размера, и оценка ее параметров не представляет существенных проблем. Значительно сложнее охарактеризовать вероятность линьки [molting probability] особей данной популяции; для этого была разработана система постлиночных индикаторов и соответствующая методика их анализа (Mohr, Hankin, 1989).

4. Биологические последствия промысла

Любой промысел в большей или меньшей степени оказывает влияние на организмы, взаимодействующие с орудиями лова, окружающую среду и, в конечном счете, на всю экосистему района, в котором он ведется. Рассмотрим некоторые аспекты такого воздействия.

4.1. Непредусмотренная промысловая смертность

Основной вид воздействия, оказываемый промыслом на организмы, на которые он ориентирован (целевые), заключается, естественно, в их гибели вследствие вылова, т.е. в промысловой смертности; эти вопросы специально рассмотрены в главе 5. Поскольку изъятие определенных организмов и является основной целью промысла, промысловая смертность неустранима; более того, ее величина — один из основных показателей эффективности промысла. Однако в результате как прямого воздействия промысловых операций, так и в силу косвенно связанных с промыслом причин гибнет множество промысловых и непромысловых организмов, уничтожение которых не оправдано хозяйственной целесообразностью. Эта сторона промысловой деятельности привлекает мало внимания и ее масштабы часто недооцениваются.

Промысловая смертность должна затрагивать не всех особей целевых видов, а только тех из них, которые удовлетворяют условиям, определяемым производственными потребностями или охраняемыми мерами — например, соответствуют определенному размеру, полу, физиологическому состоянию и др. Согласно правилам рыболовства маломерные животные, самки, некондиционные особи должны выпускаться в море; при этом подразумевается, что они останутся живы. Однако очень часто животные в процессе лова травмируются и гибнут либо сразу же, либо спустя какое-то время. В экспериментах (Stevens, 1990) гибель крабов (камчатского, стригунов опилио и Бэрда) при донном тралении составила свыше 20%. Смертность растет с увеличением времени до освобождения от 0% при 3 ч до 100% при 17 ч. Смертность крабов снижается, если промысел проводится в период, когда личинная активность минимальна (рис. 5.10).

Гибель в результате вылова — не единственная причина увеличения смертности организмов как прямого следствия промысла. Использование многих орудий лова приводит к гибели животных, не попавших в орудие, но вступивших с ним в контакт. Промысел может повышать уязвимость организмов к их естественным врагам. Так, подводные наблюдения за результатами драгирования гребешка *Placopecten magellanicus* показали, что в образуемых драгой бороздах, в которых скапливаются гребешки, в течение 1 ч после прохода драги количество хищных рыб и крабов было в 3-30 раз выше, чем за их пределами (Caddy, 1975).

Орудия лова способны вызывать гибель гидробионтов не только в процессе промысла. Определенную проблему представляют «орудия-призраки», т.е. стационарные орудия лова (ставные сети, ловушки), утерянные в ходе



Рис. 5.10. Зависимость гибели краба-стригуна Бэрда непосредственно после вылова (А) и через некоторое время после вылова (Б) от линочной стадии (по: Stevens, 1990)

Состояние панциря: 1 — мягкий; 2 — новый твердый; 3 — старый

промысловых операций и продолжающие неконтролируемый лов. В последние годы значительное внимание уделяется разработке специальных мер, направленных на снижение ущерба, причиняемого такими орудиями — улучшение организации промысла или конструктивные изменения орудий лова (Stevens et al., см. также главу 4).

4.2. Воздействие на сопутствующие виды

Одновидовой промысел, изымающий только один целевой объект, в чистом виде существует только в теоретических моделях; при реальном промысле помимо организмов, на которых он ориентирован, фактически добываются организмы многих видов. Соотношение целевых и нецелевых объектов весьма лабильно; тем не менее, несмотря на всю условность деления видов промысла по числу и соотношению добываемых объектов, оно необходимо для рыбохозяйственной практики.

При специальном (одновидовом) промысле целевым объектом является один вид, другие же организмы, попадающие в орудия лова, рассматриваются как прилов. При смешанном (многовидовом) промысле имеется несколько целевых объектов. Как уже отмечалось, такая терминология весьма условна; кроме того, состав и целевых объектов, и прилова может варьировать, и в одном и том же районе в условиях конкретного промысла целевые объекты и прилов могут «меняться местами».

В состав прилова при промысле рыб и беспозвоночных попадает очень много ценных промысловых видов, не являющихся, однако, целевыми при данном промысле. Так, при добыче камбал и трески в восточной части Берингова моря в 1988 г. было добыто 88 тыс. особей камчатского краба, 751 тыс. стригуна Бэрда и 2,4 млн. стригуна опилио, что составляет соответственно 0,07, 0,58 и 1,84 экз. краба /т рыбы (Stevens, 1990).

Но прилов включает, разумеется, не только промысловые виды. В процессе промысла улавливают и поднимают на борт огромное число различных животных, состав и численность которых зависят от района, где ведется лов, используемых орудий и множества других факторов. Общие

объемы вылова нецелевых организмов весьма велики. Так, ежегодное изъятие непромыслового зообентоса в Баренцевом море только российскими траулерами оценивается в 1,5 млн. т (Денисенко, Денисенко, 1991).

Правилами рыболовства обычно предусматривается после разборки улова выпуск всего прилова или его части в море, однако большинство этих животных в процессе лова, подъема на судно и пребывания на палубе травмируются и гибнут. Масштабы смертности зависят от очень многих факторов — типа орудия лова (наименее травмирующие орудия — ловушки), вида животных (особенно страдают животные с мягкими покровами), сезона (зимой животные обмораживаются на воздухе и смертность резко возрастает), интенсивности лова (при больших уловах травмирование и смертность увеличивается).

Травмирование непосредственно в ходе промысловых операций — не единственная причина гибели выловленных организмов. Значительное число животных погибает уже после возвращения на дно. Многие прикрепленные виды не способны повторно закрепиться и обречены. Гибнут также животные, которые попадают на участки, не пригодные для их обитания (например, закапывающиеся — на каменистый грунт). Даже если условия для жизни возвращенных на грунт животных удовлетворительны, они некоторое время, пока не пройдет шок от поимки, легко доступны для хищников и их смертность резко увеличивается.

Проблема попутной добычи нецелевых видов (прилова) весьма сложна и многоаспектна. Абсолютно селективных орудий лова не существует (исключение — водолаз); соответственно, те или иные меры могут только снизить прилов, но не ликвидировать его. Ущерб, наносимый обитателям промыслового района в результате попутного вылова нецелевых объектов стараются снизить разработкой высокоселективных орудий лова, правильной организацией и контролем за соблюдением режима промысла, использованием знаний о биологии облавливаемых объектов и другими способами.

Применяют и экономические рычаги. Так, при траловом промысле желтоперой камбалы с приловом камчатского краба был предложен метод, основанный на подсчете общего дохода от траления в каждом районе (Somerton, June, 1984). Он определялся как доход от реализации всего улова минус доход от улова запрещенного вида, приходящиеся на единицу тралового усилия. Доход от промысла краба определялся как стоимость особей, которые были бы добыты целевым промыслом, если бы не были пойманы в прилове. Этот доход рассчитывается не только от ожидаемого улова в текущем промысловом году, но и от ожидаемого улова во все будущие годы, пока эти крабы участвуют в промысле.

Специфичные проблемы возникают при смешанном промысле, когда имеется несколько целевых объектов. Каждый из этих организмов не существует изолированно, и режим использования одного из них в той или иной степени сказывается на другом. При этом приходится решать задачи как технического, так и биологического характера.

Некоторые недавние разработки развивают многовидовой подход, принимающий во внимание пищевые отношения (Brander, Bennett, 1986).

Модель взаимоотношений между норвежским омаром *Nephrops sp.* и треской в Ирландском море, включающая технические (прилов) и биологические (хищничество трески на омаре, интенсивность которого функционально связана с биомассой трески) отношения дает представление об объединенном ответе этих видов на разные уровни эксплуатации (рис. 5.11). Модель показывает, что если задача состоит в увеличении уловов обоих видов, то нужно снижать промысловую нагрузку на омара, увеличивая ее на треску.

Встречаются и более сложные случаи взаимовлияния промысловых групп морских организмов. В качестве примера можно привести изменения численности омара *Homarus americanus*, морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* и бурой водоросли ламинарии в совместных поселениях на атлантическом побережье Канады (Garnick, 1989). Долгопериодные колебания вылова омара скоррелированы со снижением обилия ламинарии, которые, в свою очередь, являются следствием выедания ее морским ежом. Повидимому, ключевым моментом в этих взаимоотношениях являются не трофические факторы, а пространственные — конкуренция между омарами и ежами за убежища.

Воздействие промысла на водные растения в принципе сходно с воздействием на животных, сходными путями решаются и возникающие проблемы. Однако имеется и специфика, определяемая биологическими особенностями водорослей, в частности, в характере восстановления эксплуатируемого запаса. Так, в промысловом отношении очень важна высокая регенеративная способность водорослей, позволяющая им восстанавливать утраченные (например, в результате срезания) части слоевища. Скорость регенерации зависит от места повреждения, и если слоевище срезано слишком низко, восстановление не происходит. Таким образом, при одной и той же величине изъятия биомассы восстановление ресурса будет происходить с разной скоростью.

4.3. Другие последствия промысла

Помимо гибели целевых организмов (как предусмотренной, так и непредусмотренной) и сопутствующих видов непосредственно в ходе лова,

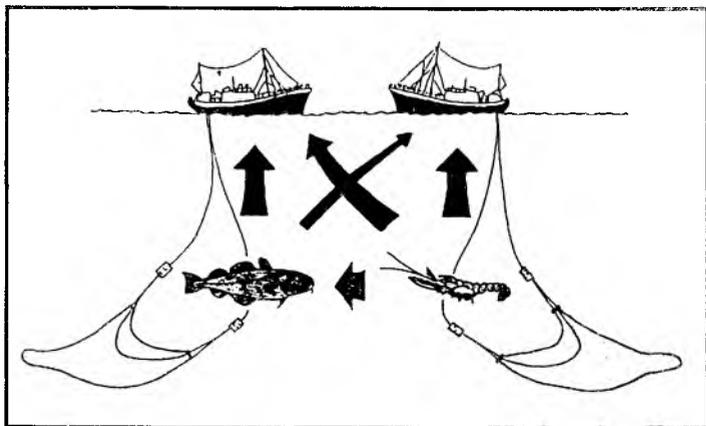


Рис. 5.11. Относительное распределение численности трески и норвежского омара в траловых уловах (по: Brander, Bennett, 1986)

промысел оказывает влияние и на другие биологические характеристики этих объектов.

Такое влияние весьма многообразно. Селективно изымая те или иные группы организмов, орудия лова меняют возрастную и половую структуру популяций, пространственное распределение особей. Конкретные виды воздействия в значительной степени определяются типом используемых орудий. Так, при дражном промысле устриц помимо снижения численности моллюсков происходит разрушение их агрегаций и животные более равномерно распределяются по площади участка (Allen, Cranfield, 1979).

Последствия промысла сказываются и после его окончания, иногда в течение очень длительного времени. Большинство моделей динамики эксплуатируемых популяций оперируют показателями промыслового запаса, структура которого во времени стабильна или же ее изменения не очень существенны. В действительности воздействие промысла в значительной степени зависит от состояния популяции и, в свою очередь, во многом определяет это состояние.

В частности, одна и та же интенсивность промысла оказывает разное воздействие на длительно эксплуатирующийся и ранее не облавливаемый (девственный) запас. До начала промысла численность отдельных возрастных групп определяется только естественной смертностью. После того, как популяция начинает облавливаться, численность более старшей ее части ежегодно снижается, пока не придет в равновесие с общей смертностью (рис. 5.12); результатом этого процесса является омоложение популяции. Соответственно меняются и показатели интенсивности промысла — величины улова и уловы на единицу промыслового усилия (рис 5.13).

Промысловые организмы постоянно взаимодействуют друг с другом и с другими промысловыми и непромысловыми видами. При этом особи непромысловых видов могут выступать как кормовые объекты, пищевые конкуренты, хищники, болезнетворные агенты и др. Естественные биотические факторы в одних случаях могут маскировать обусловленные промыслом модификации биологических характеристик популяций, в других же, напротив, являться причиной изменений, в которых «обвиняют» промысел.

Так, исследование популяции камчатского краба у архипелага Кодьяк (Blau, 1986) показало, что наблюдаемая деградация популяции объясняется в основном не перепромыслом (как полагали), а снижением продукции оплодотворенных яиц, связанное с уменьшением среднего размера самок краба. В некоторых районах большое влияние имеет повреждение икры немертинной *Carcinonemertes sp.* Крабы, особенно молодые, уничтожаются донными рыбами — треской, навагой, камбалами. Отмечены различные заболевания крабов в наблюдаемой популяции.

При оценке потенциального запаса и динамики промысловых популяций необходимо принимать во внимание влияние на численность промысловых организмов хищничества, которое в некоторых условиях может быть существенным. Так, крабы-стригуны после линьки становятся обычным объектом питания трески — на мягких грунтах было отмечено 0,59 экз. краба/желудок трески (Robichaud et al., 1989). При анализе влияния

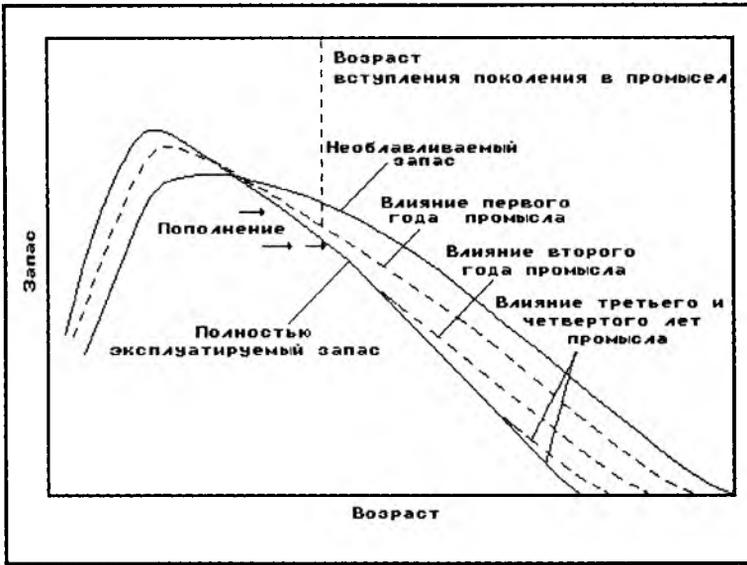


Рис. 5.12. Схема влияния промысла на возрастной состав запаса при стабильных интенсивности промысла и пополнении (по: Левасту, Ларкинз, 1987)

хищничества на популяции краба необходимо учитывать множество факторов: распределение хищника и жертвы в пространстве и времени, их размер, поведение, обилие, степень уязвимости жертвы.

В ходе указанного исследования была установлена отчетливая зависимость размера, пола и состояния крабов от размера потребляющей их трески (рис. 5.14). Однако интерпретация полученных данных далеко не однозначна. В данном случае были выдвинуты две альтернативные гипотезы влияния хищничества на запас краба:

а) хищничество трески является главным фактором снижения численности краба,

б) треска не контролирует популяцию краба, а только реагирует на варьирование его численности, вызванное иными причинами.

Непрямое воздействие промысла на сообщества и экосистемы обычно мало заметно, но потенциально это наиболее глубокое воздействие (Parrish, 1980). Снижение численности животных, поддерживающих состав и структуру экосистемы, могут приводить к значительной ее моди-

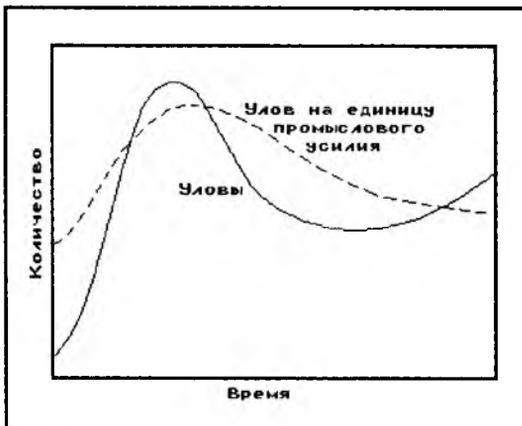
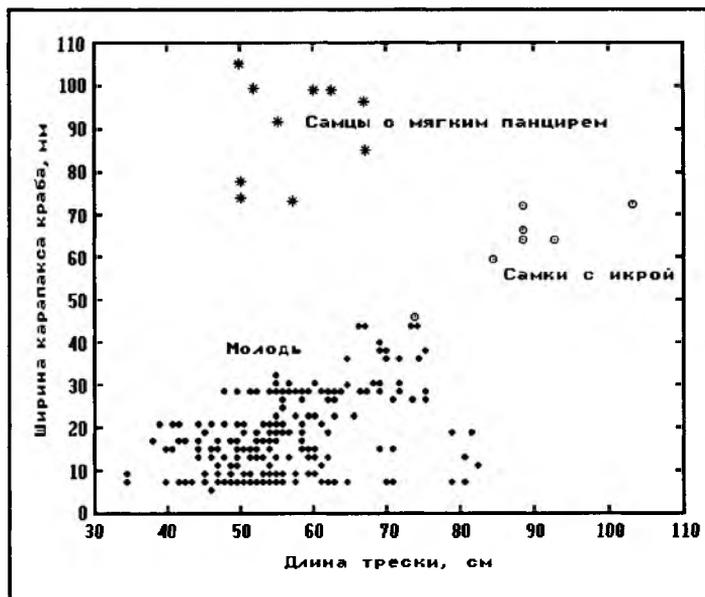


Рис. 5.13. Изменение улова и улова на единицу промыслового усилия со временем при эксплуатации ранее необлавливаемого запаса (по: Левасту, Ларкинз, 1987)

Рис. 5.14. Зависимость размеров краба-стригуна *Chionoecetes opilio* от размеров потребляющей его трески (по: Robichaud et al., 1991)



фикации в результате изменения распределения ресурсов, в частности, пищевых, и более диффузного размещения животных в физической среде.

Взаимосвязь видов в экосистеме и возможность отрицательных последствий снижения обилия и/или площади распространения одного вида на другие необходимо обязательно учитывать при оценке промысловых ресурсов акватории. Это особенно важно в отношении фонообразующих видов, в особенности морских растений. Недостаточно обоснованный в биоценотическом отношении промысел водорослей и морских трав может нанести ущерб воспроизводству беспозвоночных и рыб, которые откладывают в зарослях икру и выращивают молодь.

В некоторых экосистемах изъятие одного «ключевого» вида может привести к серьезным биологическим последствиям. (Например, есть доводы в пользу того, что известная вспышка численности морской звезды «терновый венец» на коралловых рифах, последствия которой затрагивают всю прибрежную морскую экосистему тропической зоны, явилась следствием вылова для коллекционных целей крупного и красивого брюхоногого моллюска *Charonia tritonis*, естественного врага этих звезд.) Изменения могут регистрироваться и в отдельных «блоках» экосистемы, в частности при эксплуатации многовидового запаса. Было показано (Caddy, 1986), что такой запас реагирует на интенсивный промысел заменой доминантных видов субдоминантными.

Результирующее воздействие на экосистему в значительной степени зависит от состава добываемых объектов, интенсивности и пространственных масштабов промысла. В частности, эффект местного географически ограниченного промысла отличается от воздействия крупномасштабного, причем различия здесь не только количественные, но и качественные. Орудия лова и система организации региональных прибрежных промыслов позволяет добывать в их рамках очень широкий круг объектов. Тем не менее, поскольку местные промыслы обычно очень древние по происхождению,

Гл. 5. Динамика численности донных организмов

они обладают устойчивыми традициями бережного отношения к ресурсам и сохранения видового разнообразия организмов, поэтому их влияние на прибрежные экосистемы минимально.

Некоторые виды промысла отрицательно влияют на среду обитания гидробионтов, в первую очередь на поверхность морского дна. Наиболее сильно сказывается использование донных тралов, драг и снюрреводов; эти орудия лова оставляют на дне борозды и гребни (Caddy, 1973). Воздействие тралов на грунт определяется преимущественно траловыми досками. Драги взмучивают донный осадок, взрывают залегающий под песком гравий и переворачивают камни, «огрубляя» грунт. Увлекаемый драгами грунт после их разгрузки попадает на дно с интервалами, соответствующими продолжительности драгирования.

Площадь дна, подвергающаяся многократному, иногда в течение десятков лет, воздействию тралюемых орудий лова, очень значительна. Так, только в Баренцевом море площадь, непосредственно облавливаемая тралами, составляет 25-240 тыс. км²/год (Денисенко, Денисенко, 1991).

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ

1. Общие принципы управления

Использование запасов промысловых донных организмов, как и любая другая сложная сфера производительной деятельности человека, нуждается в управлении. Управление в рыбохозяйственной деятельности есть процесс выработки решений, основанных преимущественно на объективных параметрах — биологических, социальных и экономических (рис. 6.1).

Философия управления морскими биологическими ресурсами с 1850 г. принципиально трансформировалась (Jamieson, 1986). Концепция неисчерпаемости ресурсов океана сменилась стремлением максимизировать величину изымаемого ресурса и, в свою очередь, привела в последние годы к пониманию других, не биологических целей управления. Эта относительно недавняя парадигма возникла на базе неудач биологически-

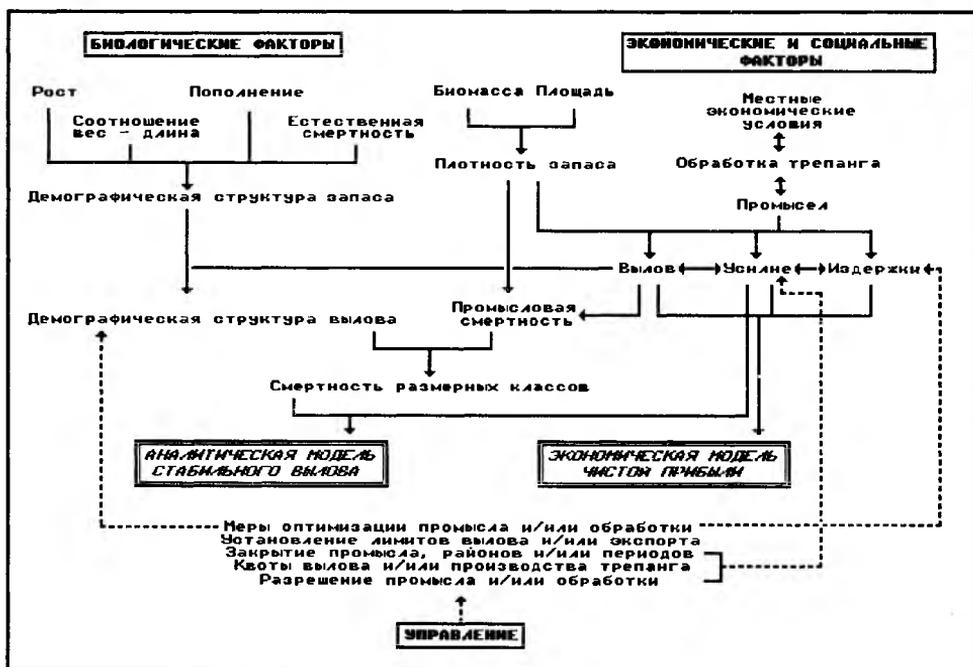


Рис. 6.1. Пример структуры информации, учитываемой при рациональной эксплуатации промыслового запаса донных беспозвоночных (голотурии Новой Каледонии; по: Conand, 1986)

ориентированных концепций, прежде всего максимального устойчивого вылова (MSY), и альтернативных ей концепций, например, максимально-экономического дохода (MEY) — см. ниже.

Деятельность, направленную на управление ресурсами, можно разделить на несколько категорий.

Текущее (срочное) управление направлено на достижение в короткие сроки максимальной выгоды от использования ресурсов; оно касается текущих социальных и экономических интересов и включает распределение ресурсов между пользователями и контроль за техникой промысла. Этот вид управления включает рекомендации по эксплуатации запаса на основании информации о его величине и распределении; при этом используют такие средства, как квотирование и установление промысловой меры.

Предупредительное управление направлено на оптимизацию использования ресурсов в течение длительного времени. Определяются районы, перспективные для использования в будущем, и необходимые для поддержания стабильного уровня экономической выгоды действия. Примеры этой категории управления: снижение смертности пререкрутов с помощью защиты нерестовых участков и конструктивных изменений орудий лова; поддержание экономической эффективности индивидуальных промысловых единиц ограничением промыслового усилия.

Возмещающее управление. Его главная цель — повышение имеющегося уровня экономической выгоды с помощью контроля над ухудшающимися факторами или введение дополнительных благоприятных факторов. Сюда относится восстановление подорванного запаса закрытием районов, улучшение «диких» популяций введением в них специально культивируемых животных, лицензирование.

Управление с **исследовательскими целями** направлено на получение данных для организации последующего производственного управления, допуская контролируемую эксплуатацию запаса. Часто это первый шаг в развитии нового промысла. Пример — ограниченные по мощности промыслы, на которых промысловикам вменяется в обязанность предоставлять детальную информацию по уловам и затрачиваемым усилиям. Этот подход также включает намеренное неоптимальное вмешательство в систему с последующим наблюдением ее реакции, что позволяет лучше понять динамику системы.

Накопленный специалистами разных стран опыт, пусть и не очень значительный, управления ресурсами беспозвоночных свидетельствует, что выработка единого подхода к управлению всеми промыслами нерациональна из-за очень существенных различий как в биологии добываемых видов, так и в технике лова. Если по условиям промысла все или большинство добываемых животных погибают при поимке, управление должно быть направлено на обеспечение возможности эксплуатировать определенную долю имеющегося запаса. В случае размерно-селективного промысла, когда животные могут освободиться с минимальными повреждениями, усилия следует направить на оптимизацию урожая и/или продукции яиц от пополнения на любом его уровне, а не пытаться контролировать будущее пополнение и обеспечить стабильность выгузки.

В большинстве случаев человек не располагает возможностями влиять на численность пополнения в границах исторически сложившегося диапазона численности популяций. Имеющиеся исключения связаны с биологической спецификой организмов — например, халиотисы с очень кратковременной распределительной личиночной стадией, или креветки, промысел которых ориентирован на вынашивающих икру самок.

Несмотря на широкий арсенал средств регулирования при добыче беспозвоночных, практика управления такими промыслами основана преимущественно на ограничениях, включая запреты на районы и периоды, квотирование улова и ограничение количества промысловых судов. Ограничительный подход в настоящее время наиболее приемлем и для промысловиков, и для общества — возможно, из-за его привычности (Jamieson, 1986). Однако введение ограничений на устоявшемся промысле обычно сталкивается со значительными трудностями и даже после их установления возникают проблемы. Психология человека такова, что он согласен на любые революционные преобразования, которые улучшат его положение, но при одном условии — чтобы ничего из того, к чему он привык, не менялось...

На выбор стратегии управления оказывает влияние, помимо наличия объективной информации и теоретических предпосылок, также и такие факторы, как длительность времени и причины, по которым ресурс впервые стал объектом управления. В противоположность промыслу рыбы, многие современные промыслы беспозвоночных были вначале традиционными, преимущественно прибрежными и эксплуатирующими локальные популяции. При такой организации выгрузка была географически рассредоточена, и использовалась пассивная стратегия управления, отражающая умеренный уровень эксплуатации.

Опыт управления показывает, что имеются три возможных стратегических варианта:

1) не предпринимать ничего (так часто поступают, например, при «управлении» различными местными промыслами);

2) вводить дополнительные ограничительные меры — запреты на районы и сроки, ограничение числа судов и др., или пытаться активно управлять введением годовых квот (пример — большинство промыслов ракообразных);

3) развивать принципиально новые подходы, такие как марикультура и экспериментальное управление.

Управление основывается (или должно основываться) на научной информации; однако необходимо иметь в виду, что принципы управления и научного анализа существенно различаются: принять управленческое решение во-время по меньшей мере так же важно, как принять его правильно, тогда как наука, напротив, должна оценивать текущие действия или потенциальные последствия будущих и, таким образом, способствовать выработке рациональных решений (Jamieson, 1986).

Принятая система управления очень сильно влияет на количество и качество научной информации и распределение научных усилий. Требования производителей к оценке величины и состояния запаса (сами

по себе справедливые) ведут к росту усилий, направляемых научным персоналом на мониторинг запаса с неизбежным снижением внимания к получению данных, по структуре и качеству пригодных для научного анализа. И рано или поздно такое пренебрежение чисто научными вопросами сказывается на производственной деятельности.

Документальной основой оценки состояния и управления промысловыми запасами является организация и использование соответствующих баз данных (Jamieson, Caddy, 1986). Для создания качественных баз данных необходимо четко выделить конкретные проблемы управления, определить, какого типа данные и в каком количестве собирать, предусмотреть возможность последующего модифицирования системы анализа для достижения наилучших показателей.

Организация баз данных затрудняется тем обстоятельством, что и промысел, и управление — динамичные системы, существенно меняющиеся во времени. При этом возникает проблема с использованием имеющихся источников информации. Накопленные многолетние ряды наблюдений имеют очень большую потенциальную ценность, но обычно они не обладают достаточной степенью формализованности и структурированности. В то же время установить оптимальную схему сбора новых данных сложно, поскольку не всегда известно, какого типа вопросы потребуют ответа в будущем. При осуществлении стандартизации данных существует опасность увлечься решением частных методических вопросов, что часто осложняет применение существующих данных в новой системе анализа. Напротив, многократные «улучшения» схем учета могут обесценить временные ряды наблюдений.

При рассмотрении научного аспекта обеспечения управления необходимо учитывать, что финансирование научных исследований часто затрудняется несинхронностью хода научной значимости работ и их экономической отдачи. Научная ценность исследований часто наиболее высока на ранних стадиях нового промысла, когда его экономические показатели не высоки, что осложняет финансирование научных работ. Для данного типа промысла стоимость исследований зависит от избранной методологии, интенсивности и частоты наблюдений и географии ресурса.

2. Критерии регулирования динамики промыслового запаса

Задача регулирования рыболовства может быть решена только на основе научного подхода. Можно выделить три уровня знаний о рыболовстве и способностей регулировать промысел (Шефер, 1957).

На первой ступени изучают взаимоотношения между величиной, количеством и качеством улова, количеством и качеством популяции, величиной естественного прироста; этой информации часто достаточно для того, чтобы определить самые общие параметры регулируемого промысла. На второй ступени раздельно определяют размножение, рост и естественную смертность, устанавливают величину естественного прироста и выявляют, как каждый из этих параметров влияет на численность и возрастной состав

2. Критерии регулирования динамики промыслового запаса

популяции. Наконец, на третьей ступени на основании полного понимания влияющих на популяцию физических и биологических факторов окружающей среды появляется возможность полностью регулировать рыболовство.

Основная проблема регулирования рыболовства была просто и ясно сформулирована Ф. Расселом в 1931 г. (Шефер, 1957):

Если масса популяции промысловых объектов в начале некоторого периода времени P_1 , а в конце этого периода P_2 , то

$$P_2 = P_1 + A + G - M - C,$$

где A — прирост массы запаса в результате размножения; G — то же в результате роста; M — потеря массы из-за естественной смертности; C — масса улова.

Эту зависимость можно переписать в виде:

$$P_2 - P_1 = A + G - M - C,$$

откуда видно, что изменение массы запаса равно приросту в результате пополнения и роста за вычетом убыли, вызываемой естественной смертностью и промыслом. Ясно, что если C больше, чем $(A + G - M)$, запас уменьшается, если меньше — увеличивается, при их равенстве остается постоянным. Улов для случая $C = A + G - M$ называется устойчивым уловом, при этом популяция находится в равновесии с окружающей средой, включая реальный промысел.

Оптимальный режим управления промысловыми запасами может быть выработан только на основании четко сформулированных критериев. В зависимости от используемых критериев управления будут меняться и рекомендуемые параметры промысла и лимиты добычи.

Наибольшее распространение в рыбохозяйственной практике получил критерий, основанный на концепции **максимального уравновешенного** (равновесного, стабильного, устойчивого, английский термин — sustainable) **вылова**. Он исходит из допущения, что биомасса (численность) необлавливаемой популяции стабилизируется на некотором уровне $V_{\infty} > (N_{\infty})$, на

котором прирост биомассы в единицу времени $\left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right)$ уравнивается потерями от естественной смертности. Этот уровень является максимальным возможным для данных условий обитания, или «емкости среды».

С началом эксплуатации популяции она переходит на новый уровень $V_1 < V_{\infty}$ ($N_1 < N_{\infty}$), на котором повышение темпа роста популяции позволяет компенсировать не только естественную смертность, но и промысловое изъятие. При увеличении усилия запас переходит на следующий уровень $V_2 < V_1$ ($N_2 < N_1$), характеризующийся собственным темпом роста и соответствующей величиной равновесного вылова, т.е. должно удовлетворяться соотношение

$$Y_E = \Delta V_E = F(V_E),$$

где Y_E — годовой уравнивающий вылов, ΔV_E — годовая продукция популяции при среднегодовом запасе V_E .

При переходе популяции в стабильное состояние ее способность продуцировать биомассу максимальна. Вылов, соответствующий такому

по себе справедливые) ведут к р-
соналом на мониторинг зап-
учению данных, по стру-
за. И рано или позд-

сказывается на г-
Документ
выми зап-
баз да-
ны-

основания полного понимания
факторов окружающей
среды просто и ясно
привести рыболовство
чекоторого

основания полного понимания
факторов окружающей
среды просто и ясно
привести рыболовство
чекоторого

запас-
крайне ред-
по величинам уси-

ласность формального применения этой
лии допущения о равновесном состоянии
условие равновесия запаса выполняется
большинстве случаев имеющиеся данные
на усилие следует рассматривать как отно-
сящиеся не к уравновешенному, а к переходному состоянию запаса.

Особенно интенсивно концепция MSY стала подвергаться критике с
конца 60-х — начала 70-х годов. В 1977 г. была опубликована статья с
выразительным названием «Эпитафия концепции максимального уравни-
вешенного улова» (Larkin, 1977). Однако и после эпитафии «покойник»
продолжал жить. Анализ научных публикаций показал (Barber, 1988), что
одна из основных причин продолжающегося использования этой концеп-
ции — ее простота и легкость понимания промысловиками, администра-
торами и менеджерами.

Помимо MSY используются и другие критерии управления промыс-
ловыми ресурсами (Бородин, 1984).

Довольно широко распространен критерий **максимального стабиль-
ного вылова на единицу пополнения MSY/R**. Его недостаток в том, что
графики MSY/R строятся на основе данных по действующему режиму
промысла, который может быть и неоптимален, и текущий улов не отра-
жает изменений колебаний пополнения и запаса. Концепция **максималь-
ного пополнения R_{max}** предусматривает эксплуатацию запасов при их вы-
соком уровне. Этот критерий консервативен, его использование обеспе-
чивает хорошую охрану запасов, но он не всегда отвечает требованиям
промрыболовства. Концепция **возмещаемой добычи RY** основана на до-
пущении, что сохранение запаса обеспечивается, если величина промысла
не превышает величины возмещаемого вылова. Критерий RY может слу-
жить основой управления при хорошем состоянии запаса, очень прост и
операционален.

Указанные критерии регулирования промысла оперируют биологиче-
скими параметрами. Однако во многих случаях, в частности, при больших
колебаниях пополнения и при многовидовом промысле целесообразнее
применять критерии экономической эффективности. При этом могут ис-
пользоваться такие показатели, как валовой продукт в оптово-отпускных
ценах, общие затраты и общая прибыль (доход).

Форма кривой возможного улова, определяемая отношением M (ко-
эффициента естественной смертности) к K (коэффициенту скорости ро-

ста), может существенно меняться. Определение F_{\max} по этой кривой возможно для долгоживущих видов, характеризующихся низким значением M/K — в этом случае кривая имеет четкий максимум. Объекты короткоцикловые характеризуются асимптотической кривой, не имеющей максимума.

Из-за сложности определения F_{\max} и стремления обеспечить щадящий режим промысла при использовании концепции MSY были разработаны формальные критерии, позволяющие искусственно понизить полученные в рамках этой концепции оценки. Наибольшее распространение получили критерии $F_{0,1}$ и $f_{0,1}$.

По критерию $F_{0,1}$ рекомендуемый мгновенный коэффициент промысловой смертности должен соответствовать точке кривой устойчивого улова, в которой маргинальный улов (стабильный прирост улова за счет дополнительной единицы усилия) составляет 10% величины маргинального улова при крайне слабой эксплуатации данного запаса (Ефимов, 1980, Бабаян, 1992). Критерий $f_{0,1}$, аналогичный описанному, но использующийся, в отличие от него, не с аналитическими, а с продукционными моделями, определяет рекомендуемое для осуществления щадящего промыслового режима значение промыслового усилия. Величины коэффициента промысловой смертности на уровне F и промыслового усилия на уровне f могут быть определены графически; более точные результаты дает аналитический расчет (Бабаян, 1982).

Рассмотренные способы определения щадящего режима довольно широко применяются, однако, по мнению ряда авторов (Абакумов и др., 1988), логически они недостаточно обоснованы.

На параметрах эксплуатации данного запаса и мерах регулирования промысла существенно сказывается характер зависимости численности пополнения от численности производителей (Рикер, 1979). Для популяций, характеризующихся крутой кривой типа C (см. рис. 5.3) возможный улов превышает первоначальную величину запаса. Если стабилизация происходит при среднем уровне эксплуатации, улов из года в год колеблется относительно некоторого довольно стабильного уровня. Для запасов, описываемых кривой B , MSY значительно ниже, чем в первом случае; стабилизация промысла немедленно приводит к стабилизации вылова, и управление такими запасами не представляет особых сложностей.

Более трудный объект управления — популяции, характеризующиеся кривой A . В этом случае при расширении промысла увеличивается и вылов, даже когда коэффициент эксплуатации значительно превышает величину, соответствующую MSY . Поскольку этот уровень в процессе промысла неизвестен, а постепенное снижение величины улова на усилие может быть не замечено, промысел может развиваться и дальше, однако при небольшом возрастании уровня эксплуатации наступает критический момент и величины вылова и вылова на единицу усилия резко снижаются. В этом случае меры, направленные на регулирование промысла, могут привести к новому уровню MSY , но никакие ограничения не приведут к устойчивому улову, приближающемуся к оптимальному в период развития промысла.

3. Прогнозирование возможного использования ресурсов

Проблема рационального рыболовства и его регулирования на научной основе объединяют два крупных научных направления (Трещев, 1983): теорию запаса (теорию вылова) и теорию промысла (теорию лова). Задача первого направления — количественно и качественно оценивать величину запаса и возможного вылова, второго — определять интенсивность и избирательность промысла, обеспечивающего устойчивый вылов.

Максимальный улов, оптимальный из соображений теории запаса, может быть неоптимальным при использовании других критериев. Так, исходя из теории лова (Трещев, 1983) соотношение между интенсивностью лова и интенсивностью вылова выражается экспоненциальной зависимостью (рис. 6.2).

Из графика видно, что интенсивность лова I можно увеличивать неограниченно (например, облавливая водоем несколько раз), при этом растет и промысловое усилие, расходуемое на единицу вылова. С позиций теории лова интенсивность лова оптимальна ($I = 1$) при интенсивности вылова $\nu \approx 0,62$. С увеличением величины вылова, определяемой из условий рациональной эксплуатации запаса, скорость увеличения интенсивности лова возрастает по сравнению с оптимальной. Это объясняется тем, что интенсивность лова непосредственно связана с уловистостью промысловых орудий и снижается по мере вызванного выловом уменьшения плотности распределения организмов.

В подавляющем большинстве эксплуатируемых популяций величина запаса находится ниже уровня, обеспечивающего MSY, и его оценки не могут быть приняты в качестве рекомендуемых значений улова. В качестве прогнозной величины годового промыслового изъятия используется показатель **общего допустимого улова** (ОДУ, англ. аббревиатура TAC); он рассчитывается с учетом биологических особенностей данного запаса и целей его эксплуатации. Часть ОДУ, которую можно, согласно прогнозу, реально изъять из данного запаса с учетом его доступности и возможностей промыслового флота, называется **возможным допустимым уловом** —

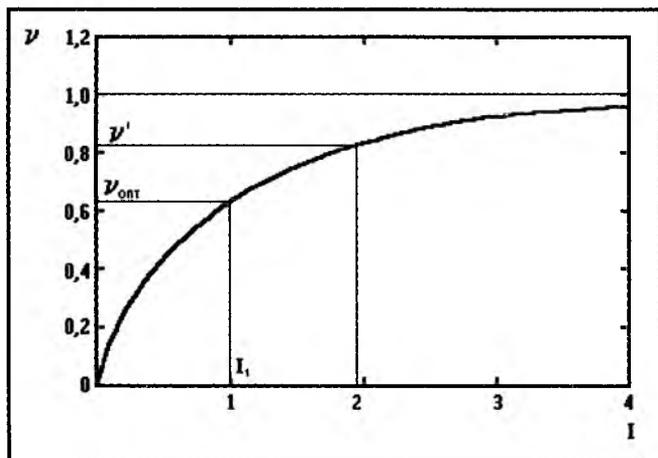


Рис. 6.2. Соотношение между интенсивностью лова и интенсивностью вылова (по: Трещев, 1983)

ВДУ. В районах котируемого рыболовства ВДУ является частью ОДУ, выделяемой нашей стране по международным соглашениям. При установлении ВДУ должны учитываться меры регулирования рыболовства, доступность запаса отечественному промыслу с учетом работы иностранного флота. В окраинных морях ВДУ может равняться ОДУ.

Один из важнейших элементов управления в рыбном хозяйстве — прогноз использования биологических ресурсов, т.е. предварительное определение объема ресурсов, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот с учетом экологических ограничений и возможностей (Земская, Ревина, 1989). Рыбопромысловые прогнозы направлены на определение величины и видового состава вылова на какой-то определенный срок на основе изучения промысловых запасов и тенденций их изменения. Прогнозы базируются на биологическом принципе (допустимая степень эксплуатации запаса); при необходимости учитываются международно-правовые аспекты (межгосударственные соглашения и связанные с ними объемы квот).

Рыбопромысловые прогнозы по целям, способу и заблаговременности делят на перспективные, долгосрочные, краткосрочные и оперативные (Бочаров, 1989; Земская, Ревина, 1989; Пономаренко, 1991). Долгосрочные прогнозы составляют на срок не менее года, перспективные — на 20 лет. При их подготовке учитывают флуктуации численности поколений и биомассы общего запаса, тенденции изменений уловов, долгопериодные колебания океанографических условий. Краткосрочные и оперативные прогнозы составляют на срок от года до 1-15 сут. Их используют для оптимизации распределения добывающего флота по районам лова, режима работы судов промысловой разведки и др. Оправдываемость долгосрочных прогнозов тесно связана с надежностью краткосрочного и оперативного прогнозирования.

Достоверный прогноз требует учета биологических особенностей конкретной популяции (продолжительности жизненного цикла, возрастной и половой структур, темпов роста, закономерностей пополнения и убыли) и условий в районе ее обитания, от которых зависит урожайность поколений, характер распределения промысловых стад и их доступность промыслу.

Научная обоснованность рекомендаций, включаемых в прогнозы, зависит от степени изученности промысловых объектов, с учетом которой можно выделить следующие категории ресурсов (Земская, Ревина, 1989):

а) **Ресурсы разведанные, изученные и интенсивно используемые промыслом.** Эти ресурсы составляют сырьевую базу рыбной промышленности; по ним имеются многолетние ряды наблюдений и делаются научно обоснованные прогнозы.

б) **Ресурсы разведанные, но слабо изученные.** Прогнозировать их вылов труднее, научная обоснованность этой категории прогнозов значительно ниже.

в) **Ресурсы потенциальные.** О их величине можно судить по уровню общей биологической продуктивности района обитания, по фрагментарной и косвенной информации. Научная обоснованность этой категории прогнозных данных минимальна; их определяют методом экспертных оценок.

Важная проблема управления в рыбном хозяйстве — ведение государственного учета и кадастра морских промысловых организмов, в том числе беспозвоночных (Буханевич и др., 1990). Кадастровая информация предназначена для работников рыбохозяйственных и природоохранных организаций, принимающих управленческие решения в области охраны, воспроизводства промысловых запасов и регулирования промысла. Формирование промыслового кадастра осуществляется на основании таких принципов, как целенаправленность, избирательность и обобщенность. База данных и программное обеспечение промыслового кадастра должны быть доступны широкому кругу пользователей, давать возможность отбора и математической обработки информации, обеспечивать комплексность ее хранения.

4. Меры регулирования промысла

Под промыслом понимается изъятие какой-то части биомассы в виде полезной для людей продукции в расчете на самовосстановление биомассы в ходе естественных процессов (Реймерс, 1990). Отдельные виды промыслов различаются целым рядом параметров, очень существенных для организации их регулирования.

Одно из наиболее естественных и распространенных подразделений промыслов — согласно объектам, на которые они ориентированы. Таким образом выделяют промысел крабов, гребешков, креветок и др. Специфичное направление промысла представляет добыча организмов, выращенных на подводных плантациях и фермах.

В зависимости от масштабов добычи и географического размещения промыслы можно разделить на крупномасштабные и местные. Они различаются используемыми объектами, орудиями лова, организацией. Крупномасштабный коммерческий промысел может выполняться на значительном удалении от базы и даже за пределами страны как в прибрежной зоне, так и на больших глубинах, он имеет более или менее централизованную систему управления, обеспечивается специализированными крупнотоннажными судами и профессиональным персоналом. Местный, или кустарный [англ. artisanal] промысел осуществляется только в прибрежной зоне с небольших судов или с берега и может выполняться местными жителями, вне промыслового сезона имеющими другие занятия. В разных странах относительная роль этих групп промысла различна, что стоит в связи с природными условиями, традициями использования прибрежных морских ресурсов, государственным устройством и системой экономики.

Поскольку используемые орудия лова в значительной степени определяют весь облик промысла и систему промысловых действий, промыслы часто классифицируют по основному орудию лова — дражный, ловушечный и др.

Одна из главных целей регулирования промысла — содействовать сохранению запаса этих видов. Сохранение запаса включает три основных аспекта (Jamieson, Caddy, 1986): защита репродуктивного потенциала пу-

тем снижения промысловой смертности взрослых особей; контроль промыслового усилия, воздействующего на зрелую и незрелую части популяции; обеспечение улучшения выживания молоди и пополнения.

Традиционные приемы регулирования включают введение минимальной промысловой меры, снижение мощности промыслового флота, снижение величины улова (контингентирование), ограничение количества единиц промыслового флота, контроль за промысловой активностью, ограничение промысловой работы во времени (введение сезонности), ограничение промысла в пространстве (районирование промысла). Каждая мера регулирования имеет свои достоинства и ограничения; выбор мер и их комбинаций зависит от конкретных условий (Jamieson, Caddy, 1986).

Размерные лимиты. Регулирование минимального размера добываемых организмов — один из наиболее старых методов. Оно призвано охранять репродуктивные возможности популяции, даже если точные отношения запас-пополнение неизвестен, и/или для ограничения добычи размерных категорий, в наибольшей степени удовлетворяющих коммерческим требованиям и потому наиболее уязвимых.

Эта защитная мера наиболее эффективна на промыслах, где улов поднимается на судно живым, относительно мало травмирован и допускает индивидуальную переборку; в этом случае при освобождении маломерных организмов они часто остаются живыми (но: см. главу 5, раздел 4). В некоторых случаях соблюдение минимального размера вылавливаемых животных достигается нормативными требованиями к конструкции орудий лова — например, соблюдения соответствующего расстояния между зубьями драги, размера ячеи сетного полотна траллируемых орудий и ловушек и др.

На многих промыслах выбор величины промысловой меры основан на экономических факторах. Часто имеющейся биологической информации недостаточно для обоснования минимального размера и его выбор с биологической позиции может быть субоптимален, тем не менее экономические детерминанты могут играть важную роль в защите запаса от перепромысла.

Этот метод регулирования прост, доступен и, особенно в случаях, когда промысловая мера превышает размер достижения половой зрелости, достаточно эффективен. Он, однако, не гарантирует соответствующего уровня добычи в условиях широкого варьирования величин годового пополнения или вылова.

Размерные лимиты можно рассматривать как базу при анализе величины вылова на рекрута. Такие расчеты полезны как первый шаг к выяснению баланса уровней роста и смертности и дают основу для определения размера рекрутов, позволяющего максимизировать вылов по массе для данного числа рекрутов. Необходимо отметить, что исходя из экономических и биологических (соотношение запас-пополнение) критериев желательно поддерживать промысел на уровне ниже максимального.

Численность многих популяций беспозвоночных очень сильно варьирует, особенно при высоких уровнях промысловой нагрузки. Поскольку, как отмечалось выше, равновесные условия эксплуатации запаса обычно

не соблюдаются и разработанные для этих условий модели не работают, вычисления величины вылова на рекрута могут оказаться ошибочными, и при использовании основанных на этих величинах размерных лимитов необходимо соблюдать осторожность.

Иногда использование в качестве критерия регулирования минимальной промысловой меры встречается с трудностями, связанными с технологией промысла и переработки. Так, на промысле королевских крабов контроль за соблюдением легального минимального размера — ширины карапакса — в последние годы затруднен, поскольку основная часть улова перерабатывается в море. В связи с этим предложено в качестве меры использовать длину членика ноги, связанную с шириной карапакса прямой зависимостью (Somerton, 1986).

Для уязвимых малоподвижных организмов (халиотисы, морские ежи) изменение минимальной промысловой меры не сказывается существенно на величинах вылова. По-видимому, влияние варьирования этого параметра менее значимо, чем чувствительность к естественной смертности (Schiel, Breen, 1991).

Квоты. Очень распространенная мера при промысле беспозвоночных — прямое регулирование лимитов промысла (количества и мощности промысловых судов, дней промысла, экспедиций и др.). Пример простейшего квотирования — установление лимита мешков, т.е. суточного количества добываемых особей, на промысле литоральных моллюсков.

Использование квотирования в более сложных случаях связано с рядом проблем, таких, например, как разделение ресурса между конкурирующими флотами. Квоты требуют более точного мониторинга сроков выгрузки по сравнению с пассивными мерами управления, такими как размерные лимиты и закрытие районов, остающимися неизменными из года в год.

Ограничение промыслового усилия. Этот распространенный прием регулирования позволяет (по крайней мере, теоретически) снижать требования к непрерывной корректировке вылова, необходимость которой при квотировании возникает из-за естественных колебаний численности популяций. Если величина промыслового усилия задается предварительно, величины вылова будут варьировать в зависимости от величины запаса. При контроле промыслового усилия на годичной или долговременной основе мощность промыслового флота устанавливается, исходя из определенного уровня промысловой смертности для некоторого среднего размера популяции, хотя годовая выгрузка может значительно колебаться относительно средней.

При использовании данной меры регулирования наиболее серьезные проблемы со стороны управления связаны с изменением во времени мощности промыслового флота. Со стороны производства могут возникнуть трудности с реализацией и с финансовыми показателями из-за неопределенности величины выгрузки.

Экспериментальные стратегии управления. Пробное, или экспериментальное управление используют при недостатке или отсутствии информации о динамике запаса. Пример такого регулирования — установ-

ление защитной квоты на кажущемся безопасным уровне с последующей ее корректировкой в зависимости от изменений величины и состояния запаса. Такое опробование ответа промысловой системы на нарушение способствует лучшему пониманию последствий различных управленческих действий, но для этого требуется значительное время. Указанный подход целесообразен для новых промыслов или для видов, представленных многочисленными географически изолированными популяциями, где возможен сравнительный подход к моделированию отдельных промысловых популяций. Экспериментальная стратегия подразумевает использование в течение короткого времени субоптимального, но «безопасного» управления.

В принципе меры регулирования — гибкий инструмент, позволяющий при разумном использовании решать многообразные управленческие задачи (Jamieson, Caddy, 1986):

1. Минимизация истощения ресурсов промыслом посредством снижения величины физической изымаемой части ресурса. Используемые меры: районные квоты, сезонные запреты.

2. Распределение годового улова определенного объекта среди участников промысла по сезонам, районам и типам орудий. Меры: судовые квоты.

3. Обеспечение межгодовой стабильности коммерческих показателей сглаживанием экономической результативности уловов за годы с повышенной и пониженной величиной ресурса. Меры: лимитирование размера, лимитирование количества судов, районные квоты, сезонные запреты.

4. Разрешение конфликтов между разными типами промысла за промысловые участки (например, траловый или ловушечный лов) или различные ресурсы (например, повреждение ракообразных при драгировании моллюсков). Меры: закрытие районов, квотирование, сезонные запреты.

5. Улучшение экономических показателей обработки введением лимитов выгрузки по размеру и качеству, наиболее выгодных обработчику. Меры: сезонные запреты.

6. Учет социальных факторов: ограничение выгрузки определенного типа с учетом интересов специфических групп пользователей (например, местное население) или недопущение промысла в районах с уникальными условиями (национальные парки, резерваты и пр.). Меры: закрытие районов.

Выбор наиболее эффективной в данных условиях меры регулирования — очень сложная задача, здесь не может быть общих рецептов. Избирательная тактика управления ресурсами промысловых беспозвоночных должна учитывать высокую степень неопределенности в каждом элементе биологии и управления, характерную для запасов этих организмов. Так, в случаях, когда сила годовых классов очень значительно варьирует и непредсказуема, а количество эксплуатируемых годовых классов невелико, принятие таких мер, как ограничение промыслового усилия или продолжительности промыслового сезона предпочтительнее по сравнению с квотированием годового улова.

Меры регулирования должны быть направлены на улучшение вполне определенных биологических показателей эксплуатируемых популяций, учитывая при этом сложившиеся производственные и социальные реалии.

Например, при эксплуатации популяции омаров анализ промысловых и биологических показателей (величины вылова и продукции яиц на рекрута) показал, что эффективной мерой увеличения этих показателей является увеличение размера рекрутов (Campbell, 1990). Эта мера особенно целесообразна в случаях, когда снижение промыслового усилия затруднено по социально-экономическим причинам.

Способы использования ресурсов беспозвоночных иногда весьма своеобразны и не встречаются при промысле рыбы; в этих случаях также возможны специальные методы регулирования. Так, известны промыслы, в которых используются части тела или органы живого организма (кровь у мечехвостов, кишечник у голотурий и др.). В подобных случаях как охранный мера может применяться выпуск животного после использования в море.

Особенность ресурсов донных организмов, очень существенная для организации их регулирования — возможность очень быстрого изменения состояния ресурса от внешне стабильного до угнетенного; эти изменения трудно обнаружить, пока они не станут очевидными (Jamieson, 1986). Коммерческие величины улова на единицу усилия часто остаются относительно высокими пока величина запаса серьезно не снизится, поскольку они в основном отражают наличие или концентрацию взрослых особей, а не среднюю плотность популяции. Безотносительно к тому, объясняется ли снижение величины запаса природными факторами или перепромыслом, при интенсивной эксплуатации запаса может наступить его полная деградация в течение всего нескольких лет.

Указанные особенности определяют особую важность для ресурсов этого типа оперативного регулирования. Даже правильного определения нуждающихся в контроле параметров и подбора надлежащих мер недостаточно, если не организована четкая система организации управления, обеспечивающая действенную обратную связь, оперативно учитывающая изменение состояния запаса и его реакцию на управленческие действия (рис. 6.3).

Управление ресурсами беспозвоночных начало осуществляться только в последние десятилетия и, несмотря на некоторые примеры как будто удачного применения регулирующих мер, этого времени недостаточно для проверки их долговременной эффективности. Консервативная практика управления, вводимая для нового промысла, должна рассматривать два основных фактора: средний возраст, в котором рекруты вступают в промысел, и принятую управленческую стратегию. Если определение численности пререкрутов затруднено и существует вероятность, что количество рекрутов ниже прогнозируемого, продолжительность периода регулирования должна превышать средний возраст пополнения.

Необходимо отметить, что особенности организации запаса и биологии беспозвоночных по сравнению с рыбами не только затрудняют регулирование промысла; имеются и факторы, которые потенциально могут представлять преимущества при работе с этими организмами (Caddy, 1986):

1. Из-за короткого жизненного цикла, характерного для многих групп беспозвоночных, годовые уловы ближе к равновесным с годовым промысловым усилием, чем в случае долгоживущих видов;

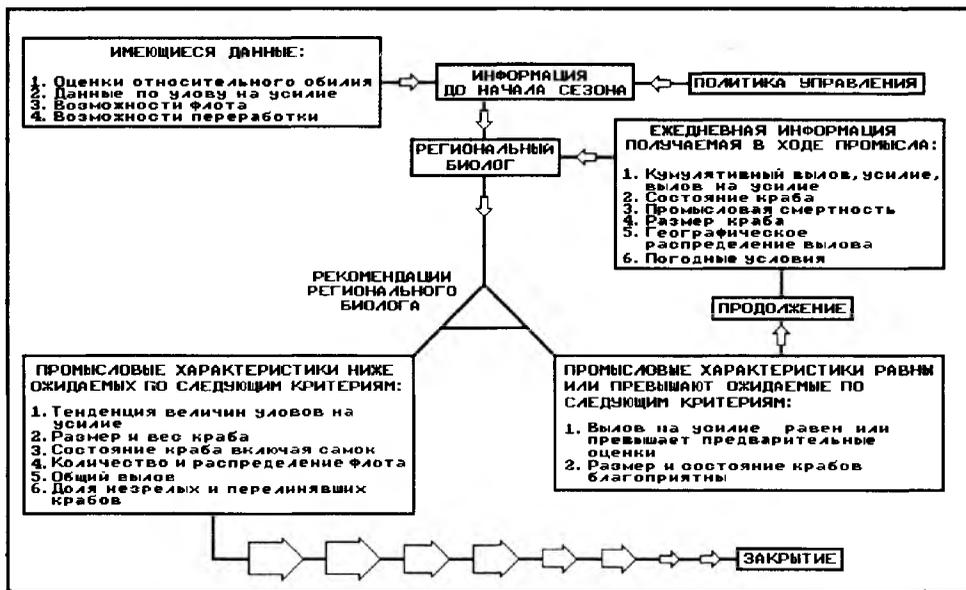


Рис. 6.3. Пример организации системы оперативного управления (Департамент рыболовства Аляски; по: Otto, 1986)

2. Для короткоцикловых видов, если промысловое усилие достаточно стабильно, годовая выгрузка может служить надежным показателем выполнения.

Любые, даже хорошо себя зарекомендовавшие, меры регулирования срабатывают только если причины снижения величины или неблагоприятной качественной модификации запаса определены правильно. Меры управления не способны предотвратить снижения общего вылова в случаях, когда падение численности не связано с промыслом и, следовательно, не поддается контролю. Такая ситуация описана для популяций камчатского и синего крабов в Бристольском заливе (Otto, 1986).

Полный запрет промысла часто рассматривается как наиболее действенная мера при сильной деградации запаса. В действительности это далеко не так. Указанная мера действенна, да и то не всегда, только в случаях, когда деградация запаса действительно непосредственно обусловлена перепромыслом. Однако во многих случаях такое мнение ошибочно; если же на ухудшение биологического состояния запаса влияют другие факторы, или если охранные меры запоздали, восстановления не происходит.

5. Управление и биологические особенности популяций

Характер управленческих решений должен основываться на биологических параметрах объектов управления; в свою очередь, принятая система управления способствует или препятствует получению биологической информации того или иного типа. Биологические характеристики

промысловых донных организмов чрезвычайно многообразны, что затрудняет их классификацию, полезную для целей управления; тем не менее для популяций двух наиболее коммерчески важных групп — ракообразных и моллюсков — выделены общие фундаментальные характеристики, позволяющие разделить их на пять категорий (Jamieson, Caddy, 1986).

Популяции донных ракообразных прибрежного (лангусты) типа

Запас регулярно возобновляется и довольно стабилен в условиях экстенсивного промысла, регулируемого только размерными лимитами и умеренным ограничением промыслового усилия. Динамика популяции описывается общими производственными моделями, построенными по данным промысловой статистики, и аналитическими моделями вылова на рекрута, основанными на анализе размерного состава. Такие модели позволяют вырабатывать объективные управленческие решения относительно допустимого уровня эксплуатации и установления минимальной промысловой меры, однако они не дают возможности прогнозировать пополнение и зависят от допущений об уровне естественной смертности. Управление такими популяциями требует информации об уловах, промысловых усилиях и размерном составе популяции; для исследования роста используется мечение.

Популяции донных ракообразных шельфового (крабы) типа

К этой категории относятся королевские крабы, крабы-стригуны и др. Для популяций, промысел которых регулируется ежегодными квотами, краткосрочные оценки изменения численности достаточно эффективно обеспечиваются учетными съемками. В долгосрочном аспекте важно определить степень, с которой эти в общем новые промыслы влияют на долгосрочную стабильность популяций, для чего необходима информация о соотношениях между численностью запаса, уровнем эксплуатации, факторами среды и последующим пополнением.

Популяции придонных ракообразных короткоживущего мобильного (креветки) типа

Короткоцикловые, часто мелкие виды с умеренной или высокой подвижностью и относительно быстрыми флуктуациями численности. Реагируют на изменение различных факторов среды действительным или кажущимся (результат рассредоточения) снижением численности. Целесообразно оперативное определение распределения и обилия. Используются модели, учитывающие изменение условий среды и отношения хищник-жертва.

Популяции долгоживущего (гребешки) типа

К этой категории относятся халиотисы, крупные глубоко закапывающиеся двустворки и некоторые гребешки с продолжительностью жизни более 10 лет. Эти малоподвижные организмы часто демонстрируют контагиозное распределение размерных (возрастных) групп, поэтому эффек-

тивное регулирование промысла требует знаний пространственной динамики. Наиболее эффективное направление исследований — комплекс учетных съемок, моделей, учитывающих пространственное распределение, и изучение пополнения.

Популяции короткоживущего низкобильного (литоральные клемы) типа

Продолжительность жизни обычно менее 10 лет. Численность и пространственное распределение подвержено крупномасштабным быстрым флуктуациям, вызванным нерегулярным пополнением. Главное направление исследований — оценка краткосрочного обилия и распределения с помощью учетных съемок.

6. Международно-правовые аспекты использования донных организмов

Особенность организации использования ресурсов беспозвоночных и водорослей в географическом плане — их значительно более высокая, по сравнению с ресурсами рыб, «региональность». Случаи, когда при эксплуатации ресурсов этого типа сталкиваются интересы разных стран — скорее исключение, чем правило (пример — промысел гребешка *Placopecten magellanicus* на банке Джорджес в западной Атлантике судами США и Канады). Из-за преимущественно прибрежной, национальной природы промысла донных организмов для этого типа ресурсов отсутствуют крупномасштабные межправительственные соглашения, подобные существующим по запасам рыб и морских млекопитающих.

В плане международных отношений специалистам, связанным с промыслом морских донных организмов необходимо знание системы использования ресурсов наиболее важной в рыбохозяйственном отношении зоны океана — шельфа.

В связи с очень значительным варьированием ширины этой области в пределах отдельных акваторий и стран правовой аспект использования ресурсов шельфа привлекает пристальное внимание и вызывает серьезные разногласия. В какой-то степени остроту положения сняла Конвенция ООН по морскому праву 1982 г., определившая понятие «юридический шельф» (рис. 6.4). Согласно этой Конвенции под континентальным шельфом понимаются морское дно и недра подводных районов, простирающихся за пределы территориального моря прибрежного государства на всем протяжении естественного продолжения его сухопутной территории до внешней границы подводной окраины материка или на расстоянии 200 морских миль от исходных линий, от которых отмеряется ширина территориального моря, когда внешняя граница подводной окраины материка не простирается на такое расстояние (Бекяшев и др., 1990).

Приведенное определение шельфа существенно расходится с геоморфологическим, согласно которому внутренняя граница шельфа проходит по береговой черте, а не по внешней границе территориальных вод. Внешняя

граница юридического шельфа должна находиться не далее 350 морских миль от исходных линий, от которых отмеряется ширина территориального моря, или не далее 100 морских миль от 2500-метровой изобаты.

Прибрежное государство осуществляет над континентальным шельфом суверенные права в целях разведки и разработки его природных ресурсов. Для темы настоящей книги важно, что указанная Конвенция включила в понятие «естественные богатства шельфа» не только неживые ресурсы поверхности и недр, но и живые организмы «сидячих» видов, т.е. организмы, которые в надлежащий с промысловой точки зрения период своего развития либо прикреплены к морскому дну, либо находятся под ним, либо могут передвигаться только по морскому дну или в его недрах — крабы, моллюски, иглокожие. (Необходимо обратить внимание, что биологическое понятие «сидячие виды» значительно уже юридического — см. главу 3.)

7. Обеспечение восстановления промысловых запасов

Как уже отмечалась, важнейшая проблема долговременной эксплуатации промысловых запасов — обеспечение их естественного восстановления. Проблема эта очень многообразна и, несмотря на некоторые успехи, весьма далека от окончательного решения. Стратегия восстановления запасов промысловых организмов состоит в обеспечении возможности самовоспроизводства популяций соответствующей системой организации

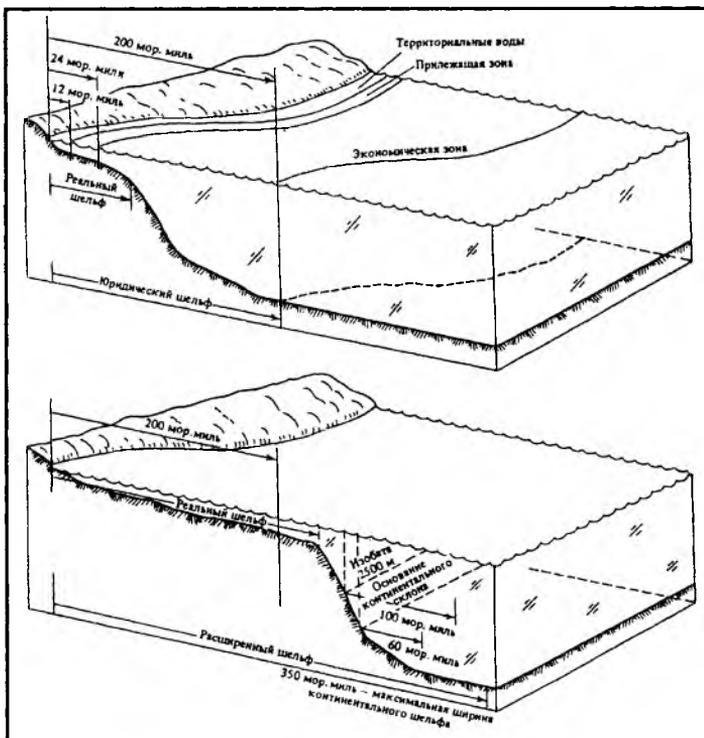


Рис. 6.4. Несколько вариантов определения границ юридического шельфа (по: Нешиба, 1991)

промысла, минимально деформирующей запас и среду обитания промысловых организмов.

Наиболее эффективный способ охраны и содействия восстановлению промысловых ресурсов — неукоснительное выполнение правил ведения промысла. Соблюдение обоснованных ограничений мест и сроков промысла, орудий и способов лова, размеров, пола добываемых организмов и др. обеспечивает сохранение репродуктивного потенциала популяций, достаточное для поддержания стабильного уровня запаса.

Помимо общих требований, правила в необходимых случаях предусматривают специальные меры, учитывающие конкретные условия, сложившиеся при промысле того или иного вида. Специфические приемы охраны запаса и обеспечения воспроизводства применяют при промысле водных растений.

Используют и специальные подходы к восстановлению подорванных запасов и увеличению численности промысловых организмов (Jamieson, Caddy, 1986):

1. Организация питомников для подращивания молоди промысловых видов. Этот вид деятельности следует отличать от марикультуры, цель которой — товарное выращивание морских организмов. В данном случае питомники используются только для улучшения естественных популяций организмов. Известно довольно большое число попыток такого рода, однако действенность этого метода нуждается в подтверждении.

2. Улучшение условий обитания организмов. Включает такие подходы, как контроль над загрязнением, устранение хищников, модификация субстрата, установка искусственных рифов. В некоторых случаях ограничительные меры, принятые с определенной целью, могут оказывать благоприятное действие в других аспектах. Так, район, закрытый для промысла из-за загрязнения, может явиться убежищем для размножающихся животных, откуда они могут перемещаться на незагрязненные участки.

Контроль за хищниками может выполняться в разных формах. Так, было показано, что перестройка запаса камчатского краба в водах Аляски может инициироваться промыслом его основного хищника — трески. Улучшение субстрата включает такие меры, как размещение на грунте раковин устриц и гравия для увеличения выживания осевших личинок и защиты молоди двустворок, изменение топографии дна и др.

3. Организация заповедников и резерватов. Создание полностью закрытых для любой хозяйственной деятельности участков акватории рассматривается как действенная мера улучшения условий воспроизводства и сохранения потомства. Однако эта мера эффективна только при хорошей изученности жизненных циклов охраняемых видов и знания специфических условий, необходимых для ювенильных стадий.

Популяции промысловых беспозвоночных обладают рядом особенностей, обуславливающих значительные возможности саморегулирования (Orensanz, 1986):

а) Рост, смертность, плодовитость и пополнение подвержены стойким пространственным вариациям. Седентарный образ жизни препятствует «горизонтальной» компенсации изменений численности взрослых особей, характерной для рыб.

б) Имеется комплекс мегапопуляций, взаимосвязанных личиночным расселением. Истощенный участок может быть повторно заселен личинками, продуцированными в другом районе, поэтому отношения между численностью родителей и пополнением — результат нескольких процессов, которые не согласуются из-за разного масштаба пространственной и временной шкал: обилие личинок определяется крупномасштабными условиями (гидрографией, общей величиной запаса), тогда как успешность оседания зависит от мелкомасштабных условий (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Масштаб и механизмы восстановления запаса

Масштаб	Метод определения	Способ представления	Параметры возобновления запаса	Механизм возобновления
Крупный	Учет обилия и распределения	Карты распределения	Восстановление запаса импортом плавающей стадии	Дисперсия пелагических личинок
Средний	Анализ пространственного распределения	Частотные распределения плотности	Пространственная динамика образования/и счезновения скоплений	Перемещения взрослых особей
Мелкий	Эксперимент	Схемы индивидуального положения	Плотностно-зависимый уровень оплодотворения	Продукция гамет

в) Важную роль в восстановлении запаса могут играть саморегулирующие механизмы. Необходимо принимать во внимание отсутствие линейной зависимости в возобновлении, проявляющейся в мелкомасштабной пространственной шкале — в пределах промысловых участков и скоплений.

г) Восстановление промысловых скоплений может в большей степени обуславливаться воздействием на донные сообщества орудий лова, чем собственно промысловым изъятием.

Поскольку характер влияния разных видов промысла на биоту и среду обитания достаточно специфичен, различны и ключевые аспекты восстановления вызываемых ими нарушений. Так, наиболее характерная черта водолазного промысла — чрезвычайно высокий уровень селективности. При анализе последствий водолазного промысла самый насущный вопрос: в какой степени высокоселективное удаление наиболее плотных скоплений взрослых особей сказывается на воспроизводстве популяции. При выполнении же дражного промысла, значительно менее селективного, на первый план выступает другой вопрос — нарушение состояния дна промыслового участка. Естественно, что характер восстановления популяций, эксплуатируемых двумя упомянутыми видами промысла, будет различаться.

Литература

- Аксютин А.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 224 с.
- Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Хромов Д.Н., Помозов А.А. Подводные наблюдения за поведением и распределением командорского кальмара и других видов головоногих моллюсков северо-западной части Тихого океана // Подводные исследования в биоокеанологических и рыбохозяйственных целях. М.: ВНИРО, 1989. С. 66-77.
- Анцыферов С.М., Косьян Р.Д. Взвешенные наносы в верхней части шельфа. М.: Наука, 1986. 224 с.
- Аронов М.П. О некоторых особенностях подводных методов исследований // Подводные рыбохозяйственные исследования. Мурманск: ПИНРО, 1986. С. 120-128.
- Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 243 с., 66 таб.
- Атлас гидрометеорологических и промысловых данных. Курило-Хоккайдский район и западное побережье Камчатки. 1968. 312 с.
- Атлас карт океанографических данных промысловых районов Берингова и Охотского морей. 1955. 9 с., 38 карт.
- Атлас океанографических основ рыбопоисковой карты южного Сахалина и южных Курильских островов. Т. 2 / Гурьянова Е.Ф. и др. Л., 1956. 57 с., 28 карт.
- Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука, 1990. 224 с.
- Бабаян В.К. Методические рекомендации к оценке параметров рационального промыслового режима. М.: ВНИРО, 1982. 46 с.
- Бабаян В.К. Краткий словарь терминов долгосрочного прогнозирования (промысловые биопрогнозы). М.: ВНИРО, 1990. 48 с.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Бородин Р.К., Ефимов Ю.Н. Применение математических методов и моделей для оценки запасов рыб: Методические рекомендации. М.: ВНИРО, 1984. 154 с.
- Бадулин В.В. Фотографический метод оценки плотности скоплений промысловых объектов по одиночному снимку // Исследования по технике промышленного рыболовства и поведению рыб. М.: ВНИРО, 1983. С. 150-158.
- Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыболов. и научно-промысл. исследов. 1918. Т. 1, N 1. С. 82-128.
- Беренбойм Б.И., Попков Г.В. Некоторые результаты подводных наблюдений за поведением креветки *Pandalus borealis* (Kr.) на Гусиной банке Баренцева моря // Рыбохозяйственные исследования с помощью подводной гидроакустической техники. Мурманск: ПИНРО, 1980. С. 56-63.
- Бивертон Р., Холт С. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 248 с.
- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 1. М.: Мир, 1989. 667 с.
- Бородин Р.Г. Критерии и методы управления промысловыми запасами морских животных: Методические рекомендации. М.: ВНИРО, 1984. 45 с.
- Бочаров Л.Н. Состояние проблемы рыбопромыслового прогнозирования на дальневосточном бассейне с точки зрения системного анализа // Биол. моря. 1989. N 1. С. 3-11.
- Булгаков Т.И., Кизнер З.И. Методические рекомендации по математическому моделированию двухвидового промысла. М.: ВНИРО, 1987. 39 с.
- Буняк С.М. Теория расчета зоны действия наживки донного крючкового яруса // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. Владивосток: ТИНРО, 1990а. С. 62-70.
- Буняк С.М. Влияние выбора расстояния между поводцами донного крючкового яруса на эффективность лова трески // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. Владивосток: ТИНРО, 1990б. С. 70-76.

- Взаимодействие орудий лова со скоплениями рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 235 с.
- Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.
- Виноградов Л.Г. Разведка краба. Владивосток: ТИНРО, 1945. 32 с.
- Виноградов Л.Г. О расположении и связях популяций камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в пределах его видového ареала // Основы биологической продуктивности океана и ее использования. М.: Наука, 1970. С. 201-205.
- Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства. Ч.2. Орудия и способы промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 456 с.
- Воробьев В.Н., Сипко Л.Л. Метод оценки численности водных беспозвоночных по времени их пребывания на учетных площадках // Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. 1981. Т. 10, N 1. С. 132-137.
- Гольдин Э.Р., Козлов В.П., Чельшев Ф.П. Подводно-технические, судоподъемные и аварийно-спасательные работы. Справочник. М.: Транспорт, 1990. 336 с.
- Денисенко Н.В., Денисенко С.Г. О влиянии донных тралений на бентос Баренцева моря // Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1991. С. 158-164.
- Денисов Н.Е. Методика обследования, количественных сборов и картографирования бентоса шельфа с применением водолазной техники // Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты: КФ АН СССР, 1979. С. 85-95.
- Джус В.Е. Автоматическая камера для подводной съемки // Судостроение. 1972. N 4. С. 66.
- Догель В.А. Зоология беспозвоночных: Учебник для ун-тов. М.: Высш. школа, 1981. 606 с.
- Драпацкий М.Я., Козубская Г.И., Матушанский М.В., Черный Э.И. Мониторинг численности (биомассы) рыб в районе промысла на основе оперативной промысловой информации // Биологические основы динамики численности и прогнозирования вылова рыб. М.: ВНИРО, С. 214-224.
- Дэвис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 2. М.: Недра, 1990. 427 с.
- Ефимов Ю.Н. Методические рекомендации по принципам регулирования промысла и методам оценки параметров рыбных популяций. М.: ВНИРО, 1980. 51 с.
- Жизнеспособность популяций: Природоохранные аспекты. М.: Мир, 1989. 224 с.
- Жизнь животных Брэма. Т. 3. С.-Петербург: Просвещение, 1902. 1066 с.
- Засосов А.В. Теоретические основы рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1970. 292 с.
- Заферман М Заферман М.Л. К теории гидрофотограмметрии // Тр. ПИНРО. 1975. Т. 35. С. 130-135.
- Заферман М.Л. Применение подводной фотографии для исследования рыб // Материалы рыбохозяйственных исследований северного бассейна. 1970. Часть 2. С. 228-235.
- Заферман М.Л., Серебров Л.И. Методы и результаты изучения коэффициентов уловистости тралов // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова. М.: ВНИРО, 1985. С. 84-94.
- Земская К.А., Ревина Н.И. Концепция проблемы рыбопромыслового прогнозирования // Биологические основы динамики численности и прогнозирования вылова рыб. М.: ВНИРО, 1989. С. 4-12.
- Зенкевич Н.Л. Атлас фотографий дна Тихого океана. М.: Наука, 1970. 207 с.
- Зенкевич Л.А. Избранные труды. Том 2. Биология океана. М.: Наука, 1977. 244 с.
- Зуев Г.В., Нигматуллин Ч.М., Никольский В.Н. Нектонные океанические кальмары. М.: Агрпромиздат, 1985. 224 с.
- Зуев Г.В., Никольский В.Н., Овчаров О.П. Оценка запасов рыб и кальмаров. М.: Агрпромиздат, 1988. 108 с.
- Иванов Б.Г., Столяренко Д.А. Унификация и компьютеризация полевых промыслово-биологических на примере исследований северной креветки (*Pandalus borealis*). 1990. 37-42 с.
- Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М.: Высш. школа, 1961. 327 с.
- Кизнер З.И. Методические рекомендации по оптимизации съемок запаса на больших акваториях. М.: ВНИРО, 1989. 15 с.
- Кильдошеский Е.И., Сорокин А.Л. Картирование морских макрофитов на основе аэрофотосъемки // Современные методы исследования морских макрофитов. Мурманск: ПИНРО, 1992. С. 7-27.

- Коли Г. Анализ популяций позвоночных. М.: Мир, 1979. 362 с.
- Кондратьев В.П., Биденко Г.Е. Оптимизация траловых съемок. М.: Агропромиздат, 1987. 150 с.
- Крючкова Г.А. Краткий определитель личинок морских ежей, офиур и голотурий залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 56 с.
- Кудряшев Ю.В. Малогабаритная фотоаппаратура для стереорегистрации водолазами // Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты: КФ АН СССР, 1979. С. 115-128.
- Кузнецов А.П. Экология донных сообществ Мирового океана (Трофическая структура морской донной фауны). М.: Наука, 1980. 244 с.
- Кусакин О.Г. Пояс жизни. Рассказ о шельфе Охотского моря. Хабаровск: Кн. изд-во, 1989. 208 с.
- Кутаков А.В. О возможности применения подводной техники для картирования и оценки запасов филофоры // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 87-91.
- Кухтаров В.С. Экспериментальные работы по механизации добычи ламинарии // Рыбное хоз-во. 1988. N 2. С. 52-55.
- Левасту Т., Ларкинз Г. Морская промысловая экосистема. М.: Агропромиздат, 1987. 165 с.
- Левин В.С. Приспособление для количественного подсчета донных организмов. А. с. 271936 // Открытия. Изобретения. 1970. N 18.
- Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 192 с.
- Левин В.С. Методы анализа состава и физических свойств морских донных осадков в экологических исследованиях. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 88 с.
- Левин В.С., Шендеров Е.Л. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биол. моря. 1975. N 2. С. 64-70.
- Личинки морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. М.: Наука, 1983. 215 с.
- Локшина И.Е. Динамика промысла и оценка вылова. М.: Пищ. пром-сть, 1978а. 68 с.
- Локшина И.Е. Применение некоторых математических способов анализа динамики промысла // Применение математических способов оценки состояния промысловых объектов Мирового океана. М.: ВНИРО, 1978б. С. 38-43.
- Любищев А.А. К методике количественного учета и районирования насекомых. Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1958. 167 с.
- Макаров Р.Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. М.: Наука, 1966. 162 с.
- Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов: Учебное пособие. Л.: ЛГУ, 1986. 97 с.
- Мельников В.Н. Биофизические основы промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 392 с.
- Мельников В.Н. Основы управления объектом лова. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 358 с.
- Мельников В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 375 с.
- Мельников В.Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. 216 с.
- Методические рекомендации по инструментальному учету промысловых объектов. Мурманск: ПИНРО, 1979. 67 с.
- Методические рекомендации по применению подводных аппаратов в рыбохозяйственных исследованиях. М.: ВНИРО, 1988. 108 с.
- Милейковский С.А. Структура ареалов донных животных и роль пелагических личинок в формировании ареала // Океанология. Биология океана. Т. 1. Биологическая структура океана. М.: Наука, 1977. С. 262-269.
- Милн П. Подводные инженерные исследования. Л.: Судостроение, 1984. 344 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. М.: Наука, 1983. 134 с.
- Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла (по материалам ФАО). М.: ВНИРО, 1991. 75 с.

- Мирошников В.В., Пискунов А.И., Мясоедов В.И. Исследования биологических ресурсов промысловых беспозвоночных с применением подводных обитаемых аппаратов // Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР: Тезисы докладов. Владивосток: ТИНРО, 1985. С. 94-95.
- Моисеев П.А. Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
- Муравьев В.Б. Исследование промысла гидробионтов водолазным способом // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова. М.: ВНИРО, 1985. С. 99-103.
- Муравьев В.Б. Количественный учет объектов промысла из ПА «Север-2» телевизионным методом // Подводные рыбохозяйственные исследования. Мурманск: ПИНРО, 1986. С. 129-135.
- Муравьев В.Б., Ярвик А.Р. Опыт использования подводной пневматической камеры «Спрут» в прибрежной зоне Балтийского моря // Исследования по технике промышленного рыболовства и поведению рыб. М.: ВНИРО, 1983. С. 143-150.
- Мурашвери А.М. Визуальные картировочные признаки подводных ландшафтов // Методы комплексного картирования экосистем шельфа. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984а. С. 51-58.
- Мурашвери А.М. Методика проведения водолазных маршрутов при детальном ландшафтном картировании // Методы комплексного картирования экосистем шельфа. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984б. С. 87-98.
- Нешиба С. Океанология. Современные представления о жидкой оболочке Земли. М.: Мир, 1991. 414 с.
- Никоноров И.В. Взаимодействие орудий лова со скоплениями рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 235 с.
- Овсянников В.П., Пономарев Ю.А. О промысле брюхоногих моллюсков в северной части Охотского моря // V Всесоюзная конференция по промысловым беспозвоночным: Тезисы докладов. М.: ВНИРО, 1990. С. 123-124.
- Парсонс Т.Р., Такахашаи М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. 432 с.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Пестриков В.В. Изучение запасов ламинариевых водорослей Баренцева моря с использованием эхолота «Шкипер-607» // Современные методы исследования морских макрофитов. Мурманск: ПИНРО, 1992. С. 40-47.
- Петров К.М. Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Наука, 1989. 126 с.
- Покровский Б.И., Мартышенко С.Н. Об оптимизации планирования эксперимента при проведении учетных траловых съемок // Рыбное хозяйство. 1979. N 3. С. 72-73.
- Пономаренко В.П. Оценка и классификация промыслового прогнозирования // Комплексные рыбохозяйственные исследования ПИНРО на Северном бассейне: итоги и перспективы. Мурманск: ПИНРО, 1991. С. 218-228.
- Применение аэрометодов для геологических исследований морского дна. Краткое методическое руководство. Л.: Гостехиздат, 1956. 254 с.
- Применение аэрометодов для исследования моря. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 526 с.
- Промысловые макрофиты Северо-Европейского бассейна. Практические рекомендации. Мурманск: ПИНРО, 1988. 51 с., 85 карт.
- Пропп М.В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. М.: Наука, 1971. 128 с.
- Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
- Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 408 с.
- Родин В.Е. О новых орудиях лова краба у Западной Камчатки // Рыбное хоз-во. 1966. N 5. С. 86-88.
- Родин В.Е. Пространственная и функциональная структура популяций камчатского краба // Известия ТИНРО. 1985. Т. 110. С. 86-97.
- Ройс В.Ф. Введение в рыбохозяйственную науку. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 272 с.

- Романовский Ю.Э. О зависимости выборочной дисперсии от размера проб и пространственного размещения организмов // Журн. общ. биологии. 1979. Т. 40, N 1. С. 67-44.
- Руководство по изучению десятиногих ракообразных *Decapoda* дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО, 1979. 59 с.
- Рутенберг Е. [П]. Возможность и ценность применения водолазного аппарата для гидробиологических работ // Науч. тр./Ленинградск. о-во естествоисп. 1930. С. 87-92.
- Савилов А.И. Материалы по биологии трепанга в заливе Петра Великого // Сб. науч. студенческих работ. Вып. 10. Зоология. М.: Изд-во МГУ, 1939. С. 41-52.
- Сагалевич А.М. Океанология и подводные аппараты: Методы исследований. М.: Наука, 1987. 256 с.
- Саут Р., Уиттик А. Основы альгологии. М.: Мир, 1990. 595 с.
- Серебров Л.И. Оптическое устройство для определения дистанции до грунта при фотосъемке морского дна // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 100-104.
- Серебров Л.И. Исследование дифференцированной уловистости донных тралов подводными методами // Подводные рыбохозяйственные исследования. Мурманск: ПИНРО, 1986. С. 21-38.
- Скарлато О.А., Голиков А.И., Грузов Е.Н. Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанология. 1964. С. 707-719.
- Современные методы исследования морских макрофитов. Мурманск: ПИНРО, 1992. 106 с.
- Сорокин А.Л., Пельтихина Т.С. Ламинариевые водоросли Баренцева моря. Мурманск: ПИНРО, 1991. 188 с.
- Сорокин А.Л., Пестриков В.В. Использование промысловых эхолотов при картировании морских макрофитов // Рыбн. хоз-во. 1986. N 11. С. 58-59.
- Средства и методы топографической съемки шельфа. М.: Недра, 1979. 295 с.
- Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. М.: ВНИРО, 1988. С. 70-86.
- Торбан С.С. Механизация процессов промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 472 с.
- Трещев А.И. Классификация рыболовных орудий. М.: Изд-во ВНИРО, 1958. 12 с.
- Трещев А.И. Научные основы селективного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1974. 446 с.
- Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. 236 с.
- Трофимов В.П. Механизация добычи морских беспозвоночных. М.: Пищ. пром-сть, 1970. 100 с.
- Фадеев В.И., Лукин В.И. К методике подводных гидробиологических исследований верхней сублиторали в условиях подвижных морских экспедиций // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 21-34.
- Федоров В.В. Методические рекомендации по проведению морских ландшафтных исследований в рыбохозяйственных целях. М.: ВНИРО, 1982. 66 с.
- Хасэгава С. О промысле камчатских крабов с помощью ловушек // Тр. ВНИРО. 1974. Т. 99. С. 63-69.
- Царева Л.М. Ловушки для промысла морских ежей // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. Владивосток: ТИНРО, 1990. С. 101-104.
- Честной В.Н. Динамика уловистости донных тралов. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 196 с.
- Шабалин В.Н., Мещатин А.А., Громадский Б.В. Водолазная техника в рыбном хозяйстве. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 287 с.
- Шефер М.Б. Типы научной информации, необходимые для разработки мероприятий по охране рыбных запасов и типы охранных мероприятий, применимые для сохранения рыбных ресурсов // Материалы международной конференции по охране запасов рыб и других морских животных. Книга 1. М.: 1970. С. 94-121.
- Шимьянский С.Л. Подводное телевидение в рыбном хозяйстве. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. 136 с.

- Шошина Е.В. Определение возраста и возрастной состав популяции *Phycodrys rubens* (*Rhodophyta*) в Баренцевом море // Экология и биологическая продуктивность Баренцева моря. М.: Наука, 1990. С. 105-109.
- Шпаков Г.Т. Новое устройство для добычи ламинарии // Рыбное хоз-во. 1981. N 2. С. 66-69.
- Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат, 1985. 224 с.
- Юкша В.В. Опыт использования автоматической установки «Зеленецкая» для подводной стереосъемки // Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты: КФ АН СССР, 1979. С. 5-21.
- Яковлев С.И. Трепанг. Хабаровск: Книжное дело, 1927. 48 с.
- Abe K., Koike M. The growth of the Hanasakigani, *Paralithodes brevipes* (Decapoda, Anomura) // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exper. Sta. 1982. N 24. P. 1-14.
- Allen R.L., Cranfield H.L. A dredge survey of the oyster population in Foveaux Strait // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 50-62.
- Armetta T.M., Stevens B.G. Aspects of the biology of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in the eastern Bering Sea // Fish. Bull. 1987. Vol. 85, N 3. P. 523-545.
- Bailey R. Overview of the Leslie fishing success method as an assessment tool for the snow crab stocks. 1983. 14 p.
- Bannister R.C.A. Assessment and population dynamics of commercially exploited shellfish in England and Wales // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 182-194.
- Barber W.E. Maximum sustainable yield lives on // North Amer. J. Fish. Manage. 1988. N 8. P. 153-157.
- Barr Y. Alaska's fishery resources. The shrimps. Washington. 1970. 10 p.
- Beinssen K. Fishing power of divers in the abalone fishery of Victoria, Australia // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 20-22.
- Beinssen K., Powell D. Measurement of natural mortality in a population of blacklip abalone, *Notohalotis ruber* // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 23-26.
- Bell T., Lightner D. A handbook of normal penaeid shrimp histology. Amsterdam: Elsevier, 1989. 114 p.
- Bennett D.B., Brown C.G. The problems of pot immersion time in recording and analysis catch-effort data from a trap fishery // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 186-189.
- Beverton R.J.H., Holt S.J. On the dynamics of exploited fish population // U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. (Ser. 2). 1957. Vol. 19. P. 1-533.
- Blau S.F. Recent declines of red king crab (*Paralithodes camtschatica*) populations and reproductive conditions around the Kodiak Archipelago, Alaska // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 360-369.
- Blau S.F. Kodiak kings in a SAC // Alaska's wildlife. 1992. Vol. 24, N 2. P. 26-27.
- Bouchard R., Brethes J.-C., Bailey R.F.J. Changes in size distribution of snow crabs (*Chionoecetes opilio*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence // J. Northw. Atl. Fish. Sci. 1986. Vol. 7, N 1. P. 67-75.
- Braaten D.O. Robustness of the De Luri population estimator // J. Fish. Res. Board Can. 1969. Vol. 26. P. 339-355.
- Brander K.M., Bennett D.B. Interactions between Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and cod (*Gadus morhua*) and their fisheries in the Irish Sea // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 269-281.
- Breen P.A., Adkins B.E., Heritage G.D. Observations of abalone and subtidal communities made during a survey of the Queen Charlotte Strait and upper Johnstone Strait areas, July 13-20, 1977 // Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 1978. N 789. P. 1-91.
- Brethes J.-C., Desrosiers G. Estimation of potential catches of an unexploited stock of soft-shell clam (*Mya arenaria*) from length composition data // J. Fish. Res. Board. Can. 1981. Vol. 38, N 3. P. 371-374.

- Browning R.J. Fisheries of the North Pacific. History, species, gear and processes. Anchorage: Alaska NW Pub. Co., 1974. 408 p.
- Caddy J.F. Underwater observations on scallop (*Placopecten magellanicus*) behaviour and drag efficiency // J. Fish. Res. Board. Can. 1968. Vol. 25, N 10. P. 2123-2141.
- Caddy J.F. A method of surveying scallop populations from a submersible // J. Fish. Res. Board. Can. 1970. Vol. 27, N 3. P. 535-549.
- Caddy J.F. Underwater observations on tracks of dredges and trawls and some effects of dragging on a scallop ground // J. Fish. Res. Board. Can. 1973. Vol. 30, N 2. P. 173-180.
- Caddy J.F. Spatial model for an exploited shellfish population, and its application to the Georges Bank scallop fishery // J. Fish. Res. Board. Can. 1975. Vol. 32, N 8. P. 1305-1328.
- Caddy J.F. Stock assessment in data-limited situations the experience in tropical fisheries and its possible relevance to evaluation of invertebrate resources // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 379-392.
- Chapman C.J., Mason J., Kinnear J.A. Diving observation on the efficiency of dredges used in the scottish fishery for the scallop, *Pecten maximus* // Scot. Fish. Res. Rep. 1977. N 10. P. 1-16.
- Chapman D.G. Spawner-recruit models and estimation of the level of maximum sustainable catch // Rapp. P.-v. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 1973. Vol. 164. P. 325-332.
- Dafni J. Abnormal growth patterns in the sea urchin *Tripneustes cf. gratilla* (L.) under pollution (*Echinodermata, Echinoidea*) // J. exp. mar. Biol. Ecol. 1980. Vol. 47. P. 259-279.
- DeLuri D.B. On the estimation of biological populations // Biometrics. 1947. Vol. 3. P. 145-167.
- Dew C.B. Behavioral ecology of podding red king crab, *Paralithodes camtschatica* // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1990. Vol. 47, N 10. P. 1944-1958.
- Disease processes in marine bivalve molluscs. Amsterdam: Elsevier, 1988. 315 p.
- Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam: Elsevier, 1988. 426 p.
- Donaldson W.E., Schmidt D., Watson L., Pengilly D. Development of a technique to tag adult red king crab, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), with passive integrated transponder tags // J. Shellf. Res. 1992. Vol. 24, N 1. P. 91-94.
- Elliott J.M. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates // Freshwat. Biolol. Assoc., Sci. Publ. 1971. N 25. P. 1-145.
- Elnor R.W., Bailey R.F.J. Differential susceptibility of Atlantic snow crab, *Chionoecetes opilio*, stocks to management // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 335-346.
- Elston R. Mollusc diseases: guide for the shellfish farmer. Amsterdam: Elsevier, 1990. 73 p.
- Forster G. The ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative distribution and rate of feeding // J. mar. biol. Assoc. U.K. 1959. Vol. 38, N 2. P. 361-367.
- Franklin A., Pickett G.D. The assessment of commercial populations of the edible bivalve, *Cardium edule* // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 38-43.
- Fry F.E.J. Statistics of a lake trout fishery // Biometrics. 1949. Vol. 5. P. 27-67.
- Garnick E. Lobster (*Homarus americanus*) population declines, sea urchins, and «barren grounds»: a space-mediated competition hypothesis // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1989. Vol. 58, N 1-2. P. 23-28.
- Gulliksen B. The macrobenthic rocky-bottom fauna of Borgenfjorden, North-Nrondelag, Norway // Sarsia. 1980. Vol. 65. P. 115-138.
- Hancock D.A. Population dynamics and management of shellfish stock // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1979. Vol. 175. P. 8-19.
- Herrnkind W.F. Spiny lobsters: patterns of movement // The biology and management of lobsters. Vol. 1. Physiology and behavior /Eds. Cobb S.J., Phillips B.F. N. Y.: Acad. Press, 1980. P. 349-407.
- Hilborn R. A comparison of alternative harvest tactics for invertebrates fisheries // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 313-317.

- Himmelman J.H. Urchin feeding and macroalgal distribution in Newfoundland, eastern Canada // *Naturaliste can.* 1984. Vol. 111, N 4. P. 275-286.
- Holling C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism // *Canad. Entomologist.* 1959. Vol. 91. P. 385-398.
- Holme N.A. Methods of sampling the benthos // *Methods for the study of marine benthos* / Eds. Holme N.A., McIntyre A.D. Edinburgh: Blackwell Sci. Publ., 1971. P. 80-130.
- Holme N.A., Barrett R.L. A sledge with television and photographic cameras for quantitative investigation of the epifauna on the continental shelf // *J. mar. biol. Ass. U. K.* 1977. Vol. 57. P. 391-403.
- Ito H., Wakui T., Domon Y. Methods for marking sea snails, genus *Buccinum* // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* 1980. Vol. 45. P. 65-74.
- Jamieson G.S. A perspective on invertebrate fisheries management- the British Columbia experience // *North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates* /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 57-74.
- Jamieson G.S., Caddy J.F. Research advice and its application to management of invertebrate resources: an overview // *North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates* /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 416-424.
- Johnson S. Handbook of shrimp diseases. Amsterdam: Elsevier, 1989. 25 p.
- Kanamaru S., Yamashita Y. The fishery biology for the octopus, «Mizu-dako» (*Paroctopus hongkongensis* Hoyle). 1. Summer movements in Onishika area of North-western part of Hokkaido // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* 1969. Vol. 35. P. 178-197.
- Kimura D.K., Tagart J.V. Stock reduction analysis, another solution to the catch equations // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982. Vol. 39. P. 1467-1472.
- Klimley A.P., Brown S.T. Stereophotography for the field biologist: measurement of lengths and tree-dimensional positions of free-swimming sharks // *Mar. Biol.* 1983. Vol. 74. P. 175-185.
- Kojima I., Yorita T. On the relative efficiency of traps with different mesh sizes for catching pink shrimp, *Pandalus borealis* // *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exper. Sta.* 1968. N 9. P. 46-55.
- Krouse J.S. Effectiveness escape vent shape in traps for catching legal-sized lobster, *Homarus americanus*, and harvestable-size crabs, *Cancer borealis* and *Cancer irroratus* // *Fish. Bull.* 1978. Vol. 76, N 2. P. 425-432.
- Kurata H. The larval stages of *Paralithodes brevipes* (Decapoda, Anomura) // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* 1956. N 14. P. 26-34.
- Kurata H. Larvae of *Decapoda crustacea* of Hokkaido. 1. *Atelecyclidae* (*Atelecyclinae*) // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* 1963. Vol. 27. P. 13-24.
- Larkin P.A. An epitaph for the concept of maximum sustainable yield // *Trans. Amer. Fish. Soc.* 1977. Vol. 106. P. 1-11.
- Leslie P.H., Davis D.H.S. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area // *J. Anim. Ecol.* 1939. Vol. 8. P. 94-113.
- Manual of crab sampling methods for the trawl survey in the eastern Bering sea. Kodiak: Alaska Fish. Sci. Center, 1993. 18 p.
- Marine technology for science and commerce // *MTS Journal.* 1986. Vol. 20, N 4. P. 1-80.
- McCaughran D.A., Powell G.C. Growth model for Alaska king crab (*Paralithodes camtschatica*) // *J. Fish. Res. Board. Can.* 1977. Vol. 34, N 7. P. 989-995.
- Miller L. Effectiveness of crab and lobster traps // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1990. Vol. 47, N 6. P. 1228-1251.
- Miller R.J. Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography // *J. Fish. Res. Board. Can.* 1975. Vol. 32, N 6. P. 761-768.
- Miller R.J. Succession in sea urchin and seaweed abundance in Nova Scotia, Canada // *Mar. Biol.* 1985. Vol. 84. P. 275-286.
- Mohn R.K., Elnor R.W. A simulation of the Cape Breton snow crab, *Chionoecetes opilio*, fishery for testing the robustness of the Leslie method // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1987. Vol. 44, N 11. P. 2002-2008.

- Mohn R.K., Robert G., Roddick D.L. Research sampling and survey design for sea scallops (*Placopecten magellanicus*) on Georges Bank // J. Northw. Atl. Fish. Sci. 1987. Vol. 7, N 2. P. 117-121.
- Mohr M.S., Hankin D.G. Estimation of size-specific molting probabilities in adult decapod crustaceans based on postmolt indicator data // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1989. Vol. 46, N 10. P. 1819-1830.
- Mottet M.G. A review of the fishery biology of abalones // Wash. Dep. Fish. Teh. Rep. 1978. N 37. P. 1-80.
- Mullett J.C., Mullett J.A.J. The use of a grid to survey selected biotic and abiotic features of the rocky sublittoral // Progr. Underwater Sci. Proc. 13-th Symp. Underwater Assoc., London 1979. 1980. Vol. 5. P. 129-136.
- Nakamura Y., Hirayama N., Akimoto Y. A method of analysis of Sakhalin surf clam stock in dredge fishery, based on a dynamic model // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1989. Vol. 55, N 3. P. 417-422.
- Orensanz J.M. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 195-227.
- Otto R.S. Management and assessment of eastern Bering Sea king crab stock // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 83-106.
- Parrish J.D. Effects of exploitation upon reef and lagoon communities // Marine and coastal processes in the Pacific: ecological aspects of coastal zone management. Jakarta: Reg. Office Sci. a. Technol., 1980. P. 85-121.
- Patil G.P., Taillie C., Wigley R.L. Transect sampling methods and their application to the deep-sea red crab // Cairns J., Patil G. P., Waters W.E. (eds.) Environmental biomonitoring, assessment, prediction and management. Maryland: Intern. Coop. Publ. House. 1979. P. 51-75.
- Pearson R.G. Assessment and management of fisheries for sessile invertebrates // Marine and coastal processes in the Pacific: ecological aspects of coastal zone management. Jakarta: Reg. Office Sci. a. Technol., 1980. P. 123-157.
- Pearson R.G. Recovery and recolonization of coral reefs // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1981. Vol. 4. P. 105-122.
- Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model // Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1969. Vol. 13. P. 419-496.
- Pielou E.C. An introduction to mathematical ecology. N.Y.L.: Wiley, 1969. 286 p.
- Pringle J.D. Efficiency estimates for various quadrat sizes used in benthic sampling // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1984. Vol. 41, N 10. P. 1485-1489.
- Pringle J.D., Sharp G.J., Caddy J.F. The role of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in the rocky subtidal region of Newfoundland // Can. Tech. Rep. Fish. aquat. Sci. 1980. N 954. P. 92-119.
- Rhoads D.C. Organism-sediment relations on the muddy sea floor // Oceanogr. mar. Biol. A. Rev. 1974. P. 263-300.
- Riedl R. Marine ecology - a century of changes // P.S.Z.N. I: Mar. Ecol. 1980. Vol. 1. P. 3-46.
- Robichaud D.A., Elnor R.W., Bailey F.J. Differential selection of crab *Chionoecetes opilio* and *Hyas* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata* // Fish. Bull. 1991. Vol. 89, N 4. P. 669-680.
- Russell H.J. Use of a commercial dredge to estimate a hardshell clam population by stratified random sampling // J. Fish. Res. Board. Can. 1972. Vol. 29, N 12. P. 1731-1735.
- Schiel D.R., Breen P.A. Population structure, ageing, and fishing mortality of the New Zealand abalone *Haliotis iris* // Fish. Bull. 1991. Vol. 89, N 4. P. 681-691.
- Sindermann C.J. The use of pathological effects of pollutants in marine environmental monitoring programs // Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. 1980. Vol. 179. P. 129-134.
- Sinoda M. Studies on the fishery of Zuwai crab in the Japan Sea. II. Rate of exploitation and efficiency of seining operation // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1968. Vol. 34, N 5. P. 391-394.

Литература

- Sinoda M., Kobayashi T. Studies on the fishery of Zuwai crab in the Japan Sea. IV. Survival rate of female crab // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1968. Vol. 34, N 8. P. 695-698.
- Sluczanowski P.R. A disaggregate model for sedentary stocks: the case of South Australian abalone // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 393-401.
- Somerton D.A. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1980. Vol. 37, N 10. P. 1488-1494.
- Somerton D.A. At-sea processing and its implications on optimal yield per recruit of Alaskan king and tanner crabs // North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates /Eds. Jamieson G.S., Bourne N. Ottawa: Dep. Fish. and Oceans, 1986. P. 245-241.
- Somerton D.A., June J. A cost-benefit method for determining optimum closed fishing areas to reduce the trawl catch of prohibited species // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1984. Vol. 41, N 1. P. 93-98.
- Stevens B.G. Survival of king and tanner crabs captured by commercial sole trawls // Fish. Bull. 1990. Vol. 88, N 4. P. 681-691.
- Stevens B.G., Donaldson W.E., Haaga J.A. First observations of podding behavior for the pacific lyre crab *Hyas lyratus* (Decapoda: Majidae) // J. Crustac. Biol. 1992. Vol. 12, N 2. P. 193-195.
- Stevens B.G., Haaga J.A., Donaldson W.E. Underwater observations on behavior of king crabs escaping from crab pots. 1993. 14 p.
- Stolyarenko D.A. Data analysis of trawl shrimp survey with spline approximation of stock density. 1986. 16 p.
- Stolyarenko D.A. The spline approximation method and survey design using interaction with a microcomputer: Spline Survey Designer Software System. 1987. 24 p.
- Tanaka E., Yamakawa H., Yamada S., Nonaka M., Hasegava A. A method for estimating mortality rate and divers sighting rate for tagged abalone // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1991. Vol. 57, N 2. P. 189-194.
- Watson L.J. Bering sea crab test fishery program: framework and Bristol Bay red king crab tagging project update. Kodiak: Alaska Dept. Fish and Game, 1994. 9 p.
- Wigley R.L., Theroux R.B., Murray H.E. Deep-sea red crab, *Geryon quinquedens*, survey off Northeastern United States // Mar. Fish. Rev. 1975. Vol. 37, N 8. P. 1-21.

- abrupta*, Panope 27
 Acanthaster 43
 Acmaea 21
 Actiniaria 11
adriaticus, Trochus 21
aequispina, Lithodes 18
 Ahnfeltia 38
 Alariaceae 35
alba, Loxechinus 32
 Algae 33
 Alismatidae 37
americanus, Homarus 15, 16, 200
 Anadara 25
 Anadaridae 25
angulata, Crassostrea 24
angulatus, Chionoecetes 18
 Animalia 9
 Annelida 11
 Anomura 16
antarcticus, Lithodes 18
anthipathes, Euplexaura 11
 Anthopleura 11
 Anthozoa 10
 Apostichopus 30, 31, 132
 Arca 24
 Archaeogastropoda 9, 20
 Arcidae 24
 Arctica 27
arctica, Portlandia 23
 Arctidae 27
arenaria, Mya 28, 196
 Arenicola 12
 Argopecten 26
argus, Palinurus 15
 Arthropoda 12
artritica, Neptunea 82
 Artrothamnaceae 35
 Ascidia 32
asiatica, Zostera 37, 39
aspergillum, Euplectella 10
 Aspidochirotida 30
 Astacura 15
 Astarte 26
 Atelecyclidae 19
australis, Posidonia 38
 Autobranchia 23
aztecus, Penaeus 14

bairdi, Chionoecetes 18
 Balanidae 12
balthica, Macoma 27
 Bangiophyceae 36
 Berryteuthis 29
 Birgus 18

biunguiculatus, Brachycarpus 14
 Bivalvia 22
borealis, Astarte 26
borealis, Pandalus 15, 134, 135
boucardi, Arca 24
 Brachycarpus 14
 Branchiata 12
 Branchyura 18
brevipes, Paralithodes 17, 61, 135
 Buccinidae 22
 Buccinum 22, 164

calcareo, Macoma 27
 Callinectes 18
 Camarodonta 32
camtschatica, Paralithodes 17, 61, 135
canaliculus, Mytilus 24
 Cancer 18
 Cancridae 18
 Carcinonemertes 201
 Cardiidae 26
 Caridea 14
 Cassididae 21
catenulata, Ocythoe 64
 Cephalopoda 28
 Cerastoderma 27
 Cervimunida 16
 Charonia 203
cheiragonus, Telmessus 19
 Chelicerata 19
chilensis, Mytilus 24
chilensis, Pyura 33
chinensis, Penaeus 14
 Chionoecetes 18, 67, 76, 122, 135, 153, 162, 195, 203
 Chiton 19
 Chlamys 26, 172, 180, 190, 191
 Chlorophyta 33
 Chondrus 38
 Chordariacea 35
 Chordata 32
ciliatum, Clinocardium 27
 Cirripedia 12
 Clinocardium 27
 Cnidopus 11
coarctatus, Hyas 76
 Codiaceae 34
 Codium 34
 Coelenterata 10
coerulea, Patella 21
communis, Hippospongia 10
concinna, Notoacmea 21
 Conidae 22
 Corallium 11

- cornutus*, Turbo 21
corrugata, Haliotis 60
couesi, Lithodes 18
 Crangon 15
crangon, Crangon 15
 Crangonidae 15
crassitesta, Mytilus 24
 Crassostrea 24
 Crenomytilus 25
 Crustacea 12
 Cryptochiton 19
 Cucumaria 31
 Cyclosporophyceae 35
cygnus, Palinurus 15, 162, 164
 Cypraeidae 21
 Cystoseiraceae 35

 Decapoda 13, 135
 Demospongia 10
 Dendrochirotida 31
 Dictyotales 35
difficilis, Modiolus 25
 Diotocardia 20
discus, Haliotis 20
dives, Hyalostilus 10
dofleini, Octopus 29
drobachiensis, Strongylocentrotus 136, 140, 200

 Echinodermata 30
 Echinoidea 32
edule, Cerastoderma 27
edulis, Mytilus 9, 24, 25
edulis, Ostrea 24
 Eledone 30
 Enteromorpha 34
 Erimacrus 17, 19, 76, 133, 135
 Eunice 12
 Euplectella 9, 10
 Euplexaura 11

fasciculata, Ircinia 10
fenestrata, Ulva 34
 Florideophyceae 36
 Fucaceae 35
fulgens, Haliotis 60

 Galathea 16
 Galatheidae 16
galloprovincialis, Mytilus 24
gammarus, Homarus 15
 Gastropoda 9, 19
generosa, Panopea 26
gibbus, Argopecten 26
gigantea, Haliotis 20
giganteus, Saxidomus 27
 Gigartinaeae 36
gigas, Crassostrea 24
goniurus, Pandalus 135

 Gorgonaria 11
 Gracilariaceae 36
granosa, Anadara 25
 Grapsidae 18
gratilla, Tripneustes 142
grayanus, Crenomytilus 25
groenlandicus, Serripes 27
gurjanovae, Laminaria 141
 Gyppopus 28

 Haliotidae 9, 20
 Haliotis 9, 20, 60, 193
 Halocynthia 33
heiragonus, Telmessus 76
 Hemigrapsus 18
 Hexacorallia 11
 Hippospongia 10
 Holothuroidea 30
 Homaridae 15
 Homarus 15, 16, 200
homomalla, Plexaura 11, 46
 Hyalonema 9
 Hyalospongia 9
 Hyalostilus 10
 Hyas 76
 Hyatellidae 26
 Hydrocharitacea 37
hypsinotus, Pandalus 15

intermedius, Strongylocentrotus 31
 Ircinia 10
isenbeckii, Erimacrus 17, 19, 76, 133, 135
islandica, Arctica 27
islandica, Chlamys 26

japonica, Cucumaria 31
japonica, Laminaria 36
japonica, Sepiella 29
japonica, Venerupis 27
japonicus, Apostichopus 30, 31, 132
japonicus, Chionoecetes 162
 Jasus 15

kadiakensis, Palaemonetes 14
kamtschatkana, Haliotis 9

lachne, Hippospongia 10
lalandii, Jasus 15
 Lamellibranchia 22
 Laminaria 35, 36, 142
 Laminariaceae 35
latro, Birgus 18
 Leander 15
 Lepadidae 12
 Lessoniaceae 35
 Liliopsidae 37
 Limulus 19
linza, Enteromorpha 34
 Lithodes 18

- Lithodidae 17
littorea, Littorina 21
 Littorina 21
 Littorinidae 21
 Loricata 19
 Loxechinus 32
 Lucinida 26
lutaria, Ostrea 24
lutea, Peronidia 27
lyrata, Neptunea 22

 Macoma 27
 Macrocystis 101
 Mactridae 28
 Madreporaria 11
magellanicus, Placopecten 26, 189, 197, 221
magister, Berryteuthis 29
magister, Cancer 18
 Majidae 18
 Malacostraca 13
mantis, Squilla 13
margaritifera, Pinctada 25
marina, Arenicola 12
marina, Zostera 37, 39
 Maxillopoda 12
maximus, Pecten 26, 190
 Mercenaria 27, 73
mercenaria, Mercenaria 27
merguiensis, Penaeus 14
 Mesogastropoda 21
 Mizuchopecten 26
 Modiolus 25
 Mollusca 9, 19
 Monocotyledones 37
monodon, Penaeus 14
 Munida 16
 Murex 22
 Muricidae 22
 Mya 28, 196
 Myidae 28
 Mytileina 23
 Mytilida 23
 Mytilidae 24
 Mytilus 9, 24, 25
 Mytridae 22

nana, Zostera 39
 Natantia 14
 Nephrops 15, 16, 200
 Neptunea 22, 82
 Nereocystis 116
niloticus, Trochus 21
norvegicus, Nephrops 15, 16
 Notoacmea 21
 Notohaliotis 75
 Nuculanidae 23
 Nuculida 23
nuttalii, Tresus 27

oceanica, Posidonia 38
 Octocorallia 10
 Octopoda 29
 Octopus 29, 30
 Ocythoe 64
officinalis, Sepia 29
 Olividae 22
opercularis, Chlamys 26
opilio, Chionoecetes 18, 67, 76, 122, 135, 153, 195, 203
oratoria, Oratosquilla 13
 Oratosquilla 13
 Ostrea 24
 Ostreidae 24

pagurus, Cancer 18
 Palaemon 15
 Palaemonetes 14
 Palaemonidae 15
 Palinura 15
 Palinuridae 15
 Palinurus 15, 162, 164
pallida, Acmaea 21
 Pandalidae 15
 Pandalus 15, 134, 135
 Panomya 26
 Panope 27
 Panopea 26
 Paralithodes 17, 61, 135
 Patella 21
 Pecten 26, 190
 Pectinida 25
 Pectinidae 25
pelagicus, Portunus 18
 Pelvetia 36
 Penaeidea 14
 Penaeus 14
 Peronidia 27
pertusa, Rhodymenia 38
 Phaeophyta 35
 Phaeozosporophyceae 35
 Phycodrys 135
 Phyllophoraceae 36
 Phyllospadix 37
 Pinctada 25
pinnatifida, Undaria 36
pinnulatus, Chondrus 38
 Placopecten 26, 189, 197, 221
planci, Acanthaster 43
 Plantae 33
platypus, Paralithodes 17, 61, 135
 Pleurotomariaea 9
 Plexaura 11, 46
poliphemus, Limulus 19
 Polychaeta 12
 Polyplacophora 19
pontica, Patella 21

- Porifera 9
 Porphyra 36, 37
 Portlandia 23
 Portunidae 18
 Portunus 18
 Posidonia 38
 Posidoniaceae 38
princeps, Cervimunida 16
 Prosobranchia 9, 20
 Protobranchia 23
 Protothaca 27
 Pteria 25
 Pteriidae 25
 Pteriinae 25
purpuratus, Argopecten 26
pyrifera, Macrocystis 101
 Pyura 33

 Rapana 22
 Regularia 32
 Reptantia 15
 Rhodophyta 36
 Rhodymenia 38
roretzi, Halocynthia 33
rubens, Phycodrys 135
ruber, Haliotis 20
ruber, Notohaliotis 75
rubrum, Corallium 11
rufescens, Haliotis 60

sachalinensis, Spisula 28
sachalinica, Spisula 196
sapidus, Callinectes 18
 Sargassaceae 35
 Saxidomus 27
 Scylla 18
 Sepia 29
 Sepiella 29
 Sepiida 28
 Sepiidae 29
 Sepiolidae 29
serrata, Scylla 18
 Serripes 27
 Siphonophyceae 34
smaragdinus, Mytilus 24
solidissima, Spisula 28
 Solen 28
 Solenidae 28
 Spisula 28, 196
 Spongia 9, 10
 Squilla 13
stelleri, Cryptochiton 19
 Stenoglossa 21
stimpsoni, Mercenaria 73
 Stomatopoda 13
strigosa, Galathea 16
 Strombidae 21
 Strongylocentrotidae 32

 Strongylocentrotus 31, 136, 140,
subcrenata, Anadara 25
swifti, Swiftopecten 26
 Swiftopecten 26

 Tecturidae 20
tehuelcha, Chlamys 172, 180, 190
 Tellinidae 27
 Telmessus 19, 76
 Terebridae 22
testudinum, Thalassia 37
 Teutida 29
thaca, Protothaca 27
 Thalassia 37
thomasiana, Rapana 22
tobuchiensis, Ahnfeltia 38
 Tresus 27
 Tridacna 28
 Tridacnidae 27
 Tripneustes 142
tritonis, Charonia 203
trituberculatus, Portunus 18
 Trochidae 21
 Trochus 21
tuberculatus, Chiton 19
 Tunicata 32
 Turbinidae 21
 Turbo 21

 Ulotrizophyceae 34
 Ulva 34
 Ulvales 34
 Undaria 36
undatum, Buccinum 22, 164
 Urochordata 32

 Venerida 26
 Veneridae 27
 Venerupis 27
venosa, Rapana 22
verreauxi, Jasus 15
virginica, Crassostrea 24
viridis, Eunice 12
vulgaris, Octopus 30
vulgata, Patella 21

wrightii, Pelvetia 36

 Xiphosura 19

yessoensis, Mizuchopecten 26
yezoense, Codium 34

 Zostera 37, 39
 Zosteraceae 37

Оглавление

Введение. ПРОМЫСЛОВАЯ БИОЛОГИЯ: ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ	3
Глава 1. ПРОМЫСЛОВЫЕ ДОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	8
1. Классификация промысловых донных беспозвоночных и макрофитов	8
2. Использование донных организмов	39
2.1. Направления использования	39
2.2. Особенности хозяйственного использования донных организмов	45
2.3. Распределение вылова	48
Глава 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ И СРЕДЫ ИХ ОБИТАНИЯ	50
1. Средства обеспечения исследований	51
1.1. Научно-исследовательские и промысловые экспедиции	51
1.2. Подводные средства	52
1.2.1. Водолазные методы	52
1.2.2. Подводная фотография, кино- и видеосъемка, телевидение	53
1.2.3. Подводные аппараты	57
1.2.3.1. Обитаемые аппараты	57
1.2.3.2. Необитаемые аппараты	57
1.2.3.3. Другие подводные методы	59
1.3. Прочие технические средства	59
2. Направления исследований	59
2.1. Регистрация основных биологических характеристик собранных организмов (биологический анализ)	59
2.1.1. Видовая принадлежность	60
2.1.2. Количественные показатели улова	62
2.1.3. Морфометрические показатели	62
2.1.4. Пол	64
2.1.5. Плодовитость и состояние репродуктивной системы	65
2.1.6. Возраст	66
2.1.7. Состав пищи	67
2.1.8. Специальные виды биологического анализа	67
2.1.9. Представление результатов биологического анализа	69
2.2. Изучение биологических особенностей	70
2.2.1. Образ жизни и поведение	70
2.2.2. Межвидовые отношения, враги и болезни	71
2.2.3. Пространственное распределение	71
2.2.4. Использование меченя	74
2.2.5. Изучение личинок и молоди	76
2.3. Количественный учет	77
2.3.1. Прямые методы	78
2.3.2. Косвенные методы	81
2.3.3. Учетные съемки	83
2.3.3.1. Рандомизированная съемка	84
2.3.3.2. Стратифицированная съемка	84
2.3.3.3. Метод изолиний	85
2.3.3.4. Сплайн-аппроксимация	85
2.3.4. Оптимизация съемок	87
2.3.5. Виды учетных съемок	90
2.3.5.1. Использование орудий лова	90
2.3.5.1.1. Тралы и драги	91
2.3.5.1.2. Ловушки	92
2.3.5.2. Использование гидробиологических пробоотборников	92
2.3.5.3. Подводные методы	93

2.3.5.3.1. Использование водолазов	93
2.3.5.3.2. Подводная фото-, кино- и телесъемка	97
2.3.5.3.3. Обитаемые подводные аппараты	98
2.3.6. Аэрометоды	99
2.3.7. Гидроакустические методы	101
2.3.8. Сравнение методов учета	102
2.4. Картографическое представление данных	103
Глава 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ	107
1. Общие закономерности распределения жизни в океане	107
2. Распределение донных организмов	110
2.1. Факторы, определяющие распределение	110
2.2. Пространственное распределение промысловых популяций	117
2.2.1. Общий характер распределения	118
2.2.2. Изменение распределения во времени	123
3. Биология донных организмов	125
3.1. Образ жизни	125
3.2. Питание	128
3.3. Поведение	129
3.4. Размножение	130
3.5. Развитие и рост	133
3.6. Сезонные явления	135
3.7. Внутри- и межвидовые отношения, враги и болезни	137
3.8. Стрессовые факторы	139
Глава 4. ОРУДИЯ И СПОСОБЫ ЛОВА ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ	143
1. Лов водных организмов: общие положения	143
1.1. Теоретические модели лова	143
1.2. Основные характеристики орудий лова	145
2. Орудия и способы лова донных организмов	147
2.1. Тралируемые орудия	150
2.1.1. Донные тралы	150
2.1.2. Снюрреводы	152
2.1.3. Драги	153
2.2. Ловушки	156
2.2.1. Конструкция	157
2.2.2. Эффективность	160
2.3. Водолазный промысел	167
2.4. Прочие орудия и способы лова беспозвоночных	173
2.5. Добыча морских растений	175
Глава 5. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ	179
1. Параметры численности популяции	179
2. Математические модели	183
3. Особенности анализа динамики популяций донных беспозвоночных	189
4. Биологические последствия промысла	197
4.1. Непредусмотренная промысловая смертность	197
4.2. Воздействие на сопутствующие виды	198
4.3. Другие последствия промысла	200
Глава 6. УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ	205
1. Общие принципы управления	205
2. Критерии регулирования динамики промыслового запаса	208
3. Прогнозирование возможного использования ресурсов	212
4. Меры регулирования промысла	214
5. Управление и биологические особенности популяций	219
6. Международно-правовые аспекты использования донных организмов	221
7. Обеспечение восстановления промысловых запасов	222
Литература	225
Алфавитный указатель латинских названий	235