



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Научно-технические и методические  
документы**

**Изучение экосистем  
рыбохозяйственных водоемов,  
сбор и обработка данных  
о водных биологических ресурсах,  
техника и технология  
их добычи и переработки**

**ВЫПУСК 3**

**МЕТОДЫ ЛАНДШАФТНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ И ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ  
ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ВОДОРΟΣЛЕЙ  
МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ**

Издательство ВНИРО  
МОСКВА 2005

Министерство сельского хозяйства РФ

Федеральное агентство по рыболовству

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного  
хозяйства и океанографии» (ВНИРО)

Научно-технические и методические документы

**Изучение экосистем рыбохозяйственных  
водоемов, сбор и обработка данных о водных  
биологических ресурсах, техника и технология  
их добычи и переработки**

**Выпуск 3**

**Е.И.Блинова, О.Ю.Вилкова,  
Д.М.Милютин, О.А.Пронина, В.А.Штрик**

Методы ландшафтных исследований  
и оценки запасов донных беспозвоночных  
и водорослей морской прибрежной зоны

УТВЕРЖДЕНО

Федеральным агентством по рыболовству



Москва  
Издательство ВНИРО  
2005



УДК 639.2.053.8:639.2.053.3  
639.29:639.27/.29

Авторы-составители: Е.И.Блинова, канд. биол. наук;  
О.Ю.Вилкова; Д.М.Милютин, канд. биол. наук;  
О.А.Пронина; В.А.Штрик

**И 11**     **Изучение** экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. **Выпуск 3.** Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 135 с.

Рассматриваются методы ландшафтного исследования прибрежной зоны моря. Изложены методики и рекомендации по исследованию и учету запасов донных промысловых беспозвоночных (водолазным способом) и водорослей (различными способами) прибрежной зоны. Даются рекомендации по планированию и организации полевых исследований, а также по сбору, первичной и последующей обработке биологических данных.

Пособие предназначено для морских биологов, а также студентов биологических и географических вузов.

© О.Ю.Вилкова, раздел 1, 2005

© Д.М.Милютин, раздел 2, 2005

© Е.И.Блинова, О.А.Пронина, В.А.Штрик, раздел 3, 2005

© Издательство ВНИРО, 2005

ISBN 5-85382-210-1

## Раздел 1

# ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ

О. Ю. Вилкова

## ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная область имеет совершенно особое биологическое и рыбохозяйственное значение. Это одна из самых продуктивных зон Мирового океана. Здесь обитают важные промысловые группы водорослей и беспозвоночных, таких как морские ежи, голотурии, большинство двустворчатых и некоторые брюхоногие моллюски. В прибрежной зоне проходят личиночные стадии многих водных организмов. Неоднородность характера рельефа, разнообразие гидродинамических обстановок создает большое количество экологических ниш и способствует высокому биологическому разнообразию прибрежной экосистемы.

Однозначное определение **прибрежной зоны** и ее границ дать очень затруднительно. Критерии определения этого понятия зависят от сути изучаемой проблемы, будь то подводные исследования в гидробиологических, геоморфологических, океанологических целях или ведение промысла.

Одни исследователи (Левин, 1994) за нижнюю границу данной зоны принимают пересечение поверхности шельфа и той максимальной глубины, где солнечный свет еще оказывает биологическое воздействие. Согласно этим параметрам, нижняя граница береговой зоны примерно совпадает с изобатой 100 метров. С точки зрения гидродинамики и геоморфологии, прибрежная зона ограничена береговой линией (применительно к данной методике, линией за-



вой линией (применительно к данной методике, линией заплеска) и нижней границей зоны активного воздействия волнения на дно. Нижняя граница определяется глубиной воздействия волн на дно, при котором происходит перемещение наносов и питательных веществ. Считается, что глубина, на которой еще следует учитывать воздействие волн на морское дно, составляет половину длины ветровой волны. Максимальной глубиной проникновения штормовых волн малой обеспеченности считается глубина около 100 м, среднемаксимальной – по оценке характеристик донных наносов – 60 м, а наиболее часто применяемой в практике прибрежных исследований глубина значимого перемещения наносов – 30 м (Сафьянов, 2000). С океанографической точки зрения, это акватория, на которой доминирует прибрежная водная масса. Если в этой зоне ведется промысел, то ее границы определяются расстояниями, доступными так называемому, «москитному» флоту. Геополитическое понятие подразумевает под прибрежной акваторию в пределах 12-мильной зоны. При гидробиологических исследованиях для установления площадей распространения видов в конкретном районе в расчет границ прибрежной зоны берутся и водные массы, и гидродинамика, и условия освещенности, и рельеф с донными осадками. Единой границы для всех морей нет; это индивидуально для каждого моря.

Особенность прибрежной зоны заключается в разнообразии гидрологических условий, разнообразии форм рельефа и донных осадков в пределах сравнительно небольшой площади, что делает картину дна здесь очень пестрой и осложняет работу по ландшафтному картографированию. Поэтому для достоверной гидробиологической съемки прибрежной зоны необходимо, прежде всего, получить представление о рельефе и грунтах, гидро- и литодинамике, т. е. о многообразии биотопов в том или ином районе, границах их распространения. Затем, исходя из особенностей интересующего участка морского дна, следует пла-

нирывать гидробиологические исследования. Рельеф дна и грунты во многом определяют методы проведения гидробиологической съемки, в частности, способы обзора дна, орудия сбора образцов. При правильном планировании съемки с учетом ландшафтной структуры дна можно значительно сократить финансовые и трудовые затраты.

Общая схема расчета биологической продукции заключается в сборе первичных количественных (частота встречаемости, проективное покрытие, вес) данных по отдельным точкам изучаемой акватории. Затем производят расчет запаса путем экстраполяции полученных в отдельных точках значений биомассы на изучаемую площадь. Для корректных расчетов необходимо не только правильно рассчитать биомассу на контрольном участке или станции, но и как можно точнее определить границы распространения интересующих видов, чтобы исключить из расчетов участки, где интересующий вид заведомо обитать не может. Или же, наоборот, бывает необходимо показать участки, где тот или иной вид потенциально может обитать; и эти участки надо брать в расчет, чтобы показатели запасов не были занижены.

Таким образом, первым важным этапом ландшафтно-гидробиологической съемки является изучение ландшафтов морского дна и составление карты распространения изучаемых видов в конкретном районе.

В настоящее время в каждом отраслевом институте отработаны методы проведения исследований, направленных на изучение подводных ландшафтов, биоценозов, видового разнообразия и количественного состава водных биологических ресурсов с учетом специфики исследуемых водоемов и возможностей исследователей. Предложенные в этом сборнике методы картографирования и учета запасов водных биологических ресурсов прибрежной зоны являются обобщающими и могут быть использованы как рекомендации к проведению исследований.



## ДОННЫЙ ЛАНДШАФТ И ЕГО КОМПОНЕНТЫ

Распределение растительных и животных организмов на дне в прибрежной зоне зависит от рельефа дна и прилегающей части суши, гранулометрического состава донных осадков и содержания в них органического вещества, гидрологического (гидрохимия, температура, соленость), гидродинамического (течения, волнение) режимов, количества органической взвеси. Совокупность взаимодействующих между собой абиотических и биотических компонентов – геоморфологического, литологического, гидрологического, биогенного – с индивидуальными чертами развития составляет донный ландшафт. Различные исследователи дна при единообразии определения самого донного ландшафта подходят к его ранжированию по-разному. На этот счет существуют две позиции. С точки зрения первой, ландшафт рассматривается как таксономическая категория, т. е. донный ландшафт состоит из более мелких территориальных комплексов – морфологических единиц: местностей, урочищ, подурочищ, фаций при горизонтальном расчленении и вертикальных зон, этажей, ступеней – при вертикальном (К.М. Петров, 1974). По мнению других исследователей, «термин "ландшафт", как очень неопределенный, нужно ставить лишь для обозначения общего понятия, не вводя его в систему территориальных таксономических единиц ландшафтного районирования» (Гурьянова, 1962). Таким образом, ландшафт можно применять к единицам любого ранга, независимо от их величины. Для обозначения таксономических категорий при ландшафтном районировании различными авторами предлагается употреблять термины «ландшафтно-географическая зона», «район», «угодье», «фация» (Гурьянова, 1971); «вид ландшафта», «подтип», «тип», «группа», «вид» (Сорокин, 1987; Чернобровкина,

1985). Можно подразделять дно на «страты» или «выделы» (Денисов, 1972; Лукин, Фадеев, 1982). При проведении гидробиологических исследований дна, описывая характер рельефа и осадков, удобно оперировать термином «**фация**», подразумевающим, что выделенный элементарный участок дна имеет однородные рельеф и гранулометрический состав осадков.

При разнообразии терминов нет и единых классификационных признаков подразделений дна. В качестве ведущих факторов формирования донного ландшафта различными авторами принимаются различные его компоненты. Например, К.М. Петров (1971) в качестве основного фактора выделяет рельеф и видовой состав донной фауны; В.В. Федоров (1981) – рельеф и трофические группировки донной фауны; Б.В. Преображенский, И.С. Арзамасцев (1990) – таксономические подразделения литологических разностей; Е.И. Чернобровкина (1985) – характеристику водной массы.

Ландшафтные исследования в рыбопромысловых целях специфичны и не требуют строгого академического подхода к таксономии донного ландшафта. Более важным оказывается правильное выделение страт для определения площади распределения конкретного вида.

При ландшафтном картировании дна каждый исследователь имеет право по-своему подразделять участки дна. Это определяется целями, задачами и масштабом исследований. Но при этом необходимо разработать четкие классификационные признаки на уровне эталонных образцов. При определенных гидрологических характеристиках прибрежной зоны, которые во многом определяют видовой состав морских организмов по критерию их термогалинной приспособленности, ведущими факторами распределения бентосных организмов становятся рельеф и грунты. Поэтому мы в качестве классификационных признаков компонентов донных ландшафтов прибрежной зоны предлагаем выделять рельеф, донный грунт и адаптационные формы бентоса, т. е.



подвижный (вагильный) или неподвижный (сессильный, сидячий) бентос, зарывающийся или располагающийся на поверхности грунта.

Роль рельефа в ландшафте многогранна, это не просто форма поверхности. Во-первых, рельеф морского дна и прилегающей суши влияет на гидродинамику прибрежной зоны, осадконакопление, распределение питательных веществ. Во-вторых, глубина и экспозиция подводного берегового склона влияют на освещенность. При прочих равных условиях, плохо освещенные участки морского дна будут заселены беднее, нежели соседние участки с удовлетворительной освещенностью. На крутых подводных склонах с резким падением освещенности биомасса будет ниже, чем на склонах с меньшим уклоном. Поэтому при гидробиологическом картографировании необходимо указывать экспозицию склона. В-третьих, рельеф служит элементом биотопа для ведущих донный образ жизни животных и растений. В понятие рельеф в данном случае вкладывается не только скульптура морского дна и отдельных его элементов, но, главным образом, субстрат: твердый, рыхлый, прочный, либо легко разрушающийся, гладкий или шероховатый. Собственно субстрат и определяет формы жизни донных организмов: эпибентос, инфауна, сессильный или вагильный бентос. Известно, что прикрепляющиеся гидробионты (водоросли, мидии, устрицы и проч.), медленно передвигающиеся (галиотис, морские ежи, щитовиднощупальцевые голотурии) предпочитают твердый субстрат (за исключением закапывающихся видов). Для прикрепленных принципиальное значение имеет прочность субстрата: легко абрадируемая порода (непрочные разности туфов, туффиты, некоторые песчаники, алевролиты, аргиллиты) не гарантирует надежности прикрепления. Особенно это очевидно после шторма, когда на берег выбрасывает водоросли с обломками коренных пород в ризоидах. При экстраполяции данных по биомассе на площади с неустойчивым к абразии скаль-

ным субстратом надо быть очень осторожным. Первый же сильный шторм смоев прикрепившуюся молодь и проростки водорослей, предполагавшиеся как потенциальный запас. В прогнозе запасов участки с непрочным субстратом учитывать нельзя. Для подвижных форм бентоса твердый субстрат служит преимущественно местом питания (для соскабливающих форм, фитофагов) и укрытием, и степень прочности пород здесь имеет меньшее значение. В то же время на прочной гладкой скальной поверхности сложно закрепиться и укрыться. Поэтому поверхности прочных, например базальтовых, скал и глыб особенно в условиях сильной прибойности практически не заселены. Существенное влияние на распределение оказывает и химический состав пород (Гурьянова и др., 1930). На качественный и количественный состав донных осадков влияет геология и литология суши и гидродинамика района.

Исходя из приуроченности бентосных организмов к определенному типу грунта, оценку запаса можно проводить на основе литологической карты. Однако, следует учитывать физические свойства водной среды – поверхностное опреснение, пониженную прозрачность воды, изменение температуры и освещенности с глубиной, локальную гидродинамику, - влияющие на физиологические возможности гидробионтов, связанные с изменением условий среды.

По характеру берега – геоморфологии, геологическому строению – в большинстве случаев можно судить о характере подводного берегового склона (Вилкова, 2005).

Таким образом, рельеф береговой зоны может служить индикационным признаком при предварительной характеристике дна прибрежной зоны и выделении эталонных участков. Поэтому при гидробиологических исследованиях следует иметь подробные геоморфологическую и литологическую карты исследуемых районов.



# ОРГАНИЗАЦИЯ МОРСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ\*

## НАЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Морские ландшафтные исследования **широкого назначения** проводят для получения всесторонней комплексной характеристики природы исследуемой акватории и составления общенаучной ландшафтной карты. Они используются научными, планирующими и хозяйственными организациями для решения общетеоретических и народохозяйственных задач крупного масштаба, в частности, для оценки биологических ресурсов и разработки научно обоснованных мероприятий по их рациональному использованию.

Ландшафтные исследования **узкого назначения** проводят для решения какого-либо одного вопроса, связанного с использованием определенных промысловых объектов или освоением небольшого района. Специальные ландшафтные исследования организуются, например, для изучения условий обитания и промысла донных организмов, для оценки пригодности тех или иных участков морского дна в качестве биотопов для подращивания молоди культивируемых объектов.

Ландшафтные исследования в зависимости от широты охвата явлений делятся на общие и частные. Общие включают широкий круг вопросов и направлены на выяснение закономерностей пространственной структуры, происхождения, развития и современной динамики донных природных комплексов. Они завершаются созданием ландшафтной карты общенаучного типа. Работы частного порядка проводят с целью изучения отдельных явлений в морских ландшафтах и могут ограничиваться составлением

---

\* Раздел составлен на основе «Методических рекомендаций по проведению морских ландшафтных исследований в рыбохозяйственных целях» (Федоров, 1982).

специальных ландшафтных карт, в частности, карт распределения какого-либо объекта или явления на местности.

## МАСШТАБ ЛАНДШАФТНОЙ СЪЕМКИ

Масштаб съемки зависит от цели исследования и, в свою очередь определяет, площадь изучаемой акватории. Съемка бывает мелкомасштабная (1:1000000 – 1:500000), среднемасштабная (1:200000 – 1:100000), крупномасштабная (1:50000 – 1:25000) и детальная (1:10000 и крупнее).

Съемку **мелкого масштаба** выполняют в слабо изученных или почти неизученных районах океана для выяснения общих черт донных ландшафтов. Она необходима для предварительной оценки условий проведения хозяйственных мероприятий и определения участков более детальных работ. **Среднемасштабную** съемку проводят для изучения донных ландшафтов. Материалы ее используют для планирования хозяйственных мероприятий, оценки биологических ресурсов акваторий и условий их промысла. **Крупномасштабную** съемку выполняют для изучения отдельных подразделений ландшафта обычно для планирования хозяйственной деятельности на ограниченных акваториях. **Детальная** съемка организуется на небольших участках для решения конкретных рыбохозяйственных вопросов местного значения. В частности, детальную съемку можно выполнять при паспортизации прибрежных промысловых участков.

## ЭТАПЫ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ландшафтные исследования делятся на три этапа: подготовительный, экспедиционный и камеральный.

**Подготовительный этап** предполагает предварительное изучение района работ, проработку научных проблем, формулировку задач экспедиции, выбор методов исследований, составление программы и материально-техническую подготовку.

Изучать район работ начинают со сбора и анализа опубликованных литературных материалов, характеризующих природу акватории и прилегающей суши. Затем изучают фондовую и специальную литературу, а также сведения по смежным акваториям, статьи, сводки по вопросам предстоящих исследований. Важную часть материалов составляют карты (навигационные, гидрологические, биоценологические), промысловые схемы рыболовных районов, материалы подводной фото- и телевизионной съемки, аэрофото- и космической съемки морских мелководий, по возможности гидролокационной съемки. Рекомендуется составить предварительную карту района работ с нанесением на неё всей известной информации и таблицу с возможным указанием сведений по координатам, глубинам, донным осадкам, возможно по рельефу прилегающей суши, источникам информации.

Программу работ составляют исходя из их назначения с учетом изученности района, масштаба исследований, их цели и условий проведения. Программа должна содержать проект движения судна (если работы ведутся с плавсредства), расположения разрезов, станций, полигонов, эхолотных профилей, возможных участков погружений водолазов, использования фото- или видеотехники. Рекомендуется (Авилов, 1968; Гурьева и др., 1976) количество грунтовых и бентосных станций планировать из расчета одна станция на  $3 - 4 \text{ см}^2$  отчетной карты; на полигонах в береговой зоне -  $4 - 5$  точек наблюдений на  $1 \text{ км}^2$ . Густота, длина разрезов, объем работ на них зависят от масштаба съемки и стоящих перед экспедицией задач. При систематической съемке с регулярной сеткой разрезов и станций расстояние между разрезами на карте не должно превышать  $2 - 4$  см. Пробы осадков и бентоса лучше брать с одних и тех же глубин на каждом разрезе (2, 5, 10, 15, 20, 30 м). Кроме того, необходимо опробовать все геоморфологические элементы дна (ложбины, щели, гроты, отдельно стоящие скалы и т.п.),

если они находятся между стандартными глубинами (Федоров, 1982).

Однако, в ряде случаев при гидробиологической съемке от строгих требований, применяемых к комплексной ландшафтной съемке, можно отступить и подойти к исследованиям более творчески. В большинстве случаев характер дна в прибрежной зоне зависит от характера прилегающей суши (тектоники, литологии, рельефа побережья). Эту зависимость целесообразно выявить на подготовительном этапе исследований при изучении карт геологического строения территории, космических фотоснимков, дающих целостное представление о структуре побережья. Например, если побережье тянется вдоль линейных геологических структур, то характер берега (и, следовательно, и верхней части подводного берегового склона) довольно однородный. Разрезы вдоль такого побережья можно планировать реже. При сложной конфигурации берега, при пересечении им различных геологических структур разрезы, вероятно, надо делать чаще.

**Экспедиционный этап** складывается из трех подэтапов: рекогносцировочный, основной и заключительный. На первом подэтапе выполняют несколько опорных комплексных разрезов для общего ознакомления с районом, выявления важнейших промысловых объектов и участков их скопления. Основные исследования можно вести двумя способами: **площадной съемкой** и **выборочной съемкой ключевых участков**. Площадная съемка сопровождается систематическим сбором материала по систематической или случайной сетке станций. При выборочной съемке выбирают несколько небольших эталонных участков с таким расчетом, чтобы захватить все типы ландшафтов. Между полигонами прокладывают связующие разрезы, на которых прослеживаются границы между типами ландшафтов. Метод ключевых участков рекомендуется применять на начальных стадиях изучения обширных акваторий, когда за короткий



срок нужно исследовать большие районы. Работы лучше начинать с участка или объекта, по которому уже имеются данные, а затем переходить к неисследованным. Описание этого метода будет приведено ниже.

Исходя из общей программы работ в экспедиции, разрабатывают задания для изучения отдельных районов. По ходу работ вносят необходимые коррективы с учетом конкретной обстановки. Перед окончанием экспедиции проводят заключительные разрезы или съемку, чтобы еще раз обследовать обнаруженные промысловые скопления, посетить районы, на которые не было обращено достаточное внимание. Проверяют сложившиеся представления, черновой вариант ландшафтной карты, пополняют материалы о динамике численности промысловых объектов и параметрах среды обитания. Если работы ведутся с судна, необходимо оставлять некоторый резерв времени на непредвиденные задержки с пополнением запасов топлива, продовольствия, ремонт, штормовую погоду и проч.

Во время **камерального этапа** обрабатывают собранный материал, выполняют комплекс аналитических определений, графические построения, физико-географический анализ и синтез всех данных и составляют отчет.

## МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения морских донных ландшафтов применяют разнообразные методы или комплекс методов исследований, которые наиболее точно и достоверно позволяют получить представление о пространственной структуре дна и компонентах донных ландшафтов. Универсальных методов нет и не может быть, т. к. природные условия побережий разных морей не всегда идентичны. Кроме того, каж-

дый метод имеет свои ограничения, связанные с глубиной, сложностью рельефа и донного грунта прибрежной зоны и возможностью отбора проб и проч. Выбор метода ландшафтной съемки определяется природными особенностями района, количеством времени и средств, отведенных для съемки. В целях гидробиологической съемки и учета запасов промысловых объектов целесообразно как можно более исчерпывающе изучить ландшафты интересующего района, поскольку основные компоненты ландшафта – общие гидробиологические особенности, рельеф – параметры практически постоянные, мало изменчивые во времени. Поэтому достаточно раз сделать качественную съемку, чтобы использовать ее результаты в течение многих лет, по необходимости внося коррективы.

В настоящих методических рекомендациях не рассматриваются активные орудия сбора информации (драги, тралы, дночерпатели); методы работы с ними подробно описаны в других литературных источниках.

## **АЭРОФОТО- И КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Аэрофотосъемка морских мелководий позволяет получить достоверное изображение дна мелководья на больших площадях – до нескольких десятков и даже сотен квадратных километров - за короткое время, исчисляемое несколькими часами. Масштабы аэрофотоснимков (АФС), как правило, крупные – 1:3000 – 1:10000; разрешение аэрофотоизображений – первые сантиметры на точку (рис.1). Аэрофотосъемка как бы снимает покров воды. В случае получения хорошего аэрофотоизображения мелководья исследователь может непосредственно на аэрофотоснимках опознавать подводные объекты и прослеживать их площадное распространение на морском дне, выявлять закономерности пространственного положения донных ландшафтов и их компонентов. В частности, на качественных аэрофотоснимках хорошо выявляются микроформы рельефа, некоторые

типы донных осадков, водорослевый покров. Благодаря этому появляется возможность рационально планировать комплекс полевых работ. На основе аэрофотоснимков можно выделять контуры донных природных комплексов, водорослевых полей, определять проективное покрытие дна водорослями и использовать эти данные для подсчета запасов макрофитов. С наибольшим успехом аэрофотометод применяют для изучения донных ландшафтов у берегов абразионного типа. Разнообразие форм рельефа у таких берегов обуславливает получение аэрофотоизображений, насыщенных множеством деталей. Информативность аэрофотоснимков дна аккумулятивных побережий гораздо более скудная и однообразная. У приглубых берегов с резким свалом глубин структура дна практически не видна.

В отличие от аэроснимков космические снимки сверх- и мелкомасштабны (1:500 000 – 1:1000 000); их разрешающая способность в условиях морских мелководий – от первых метров до десятков сантиметров на пиксель (рис.2). Покрывая территорию в несколько тысяч квадратных километров, они позволяют охватить единым взором громадные участки земной поверхности и установить зависимости между удаленными друг от друга геологическими и геоморфологическими объектами. По сравнению с АФС космические снимки в целом обладают более низкими изобразительными свойствами, с их помощью можно оконтурить участки, главным образом, на уровне мезоформ рельефа (до нескольких км<sup>2</sup>), например, бенчи, подводные долины, вдольбереговые валы и т. п.

Глубина, на которой по аэрофото- и космическим снимкам просматривается дно на мелководье, может достигать нескольких десятков метров в зависимости от прозрачности воды, типа фотопленки аналоговой фотокамеры (черно-белая, цветная, спектрзональная и многозональная). Но, как правило, это первые метры.



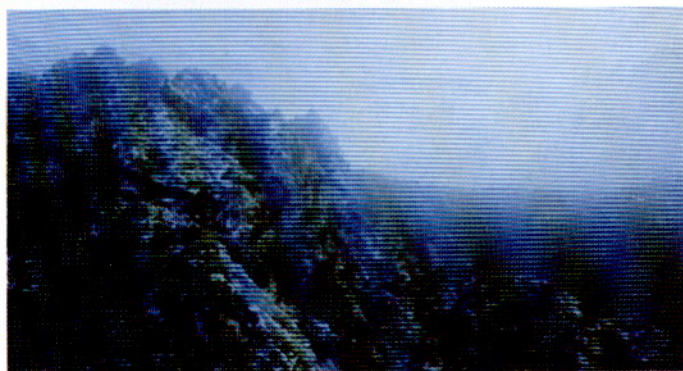
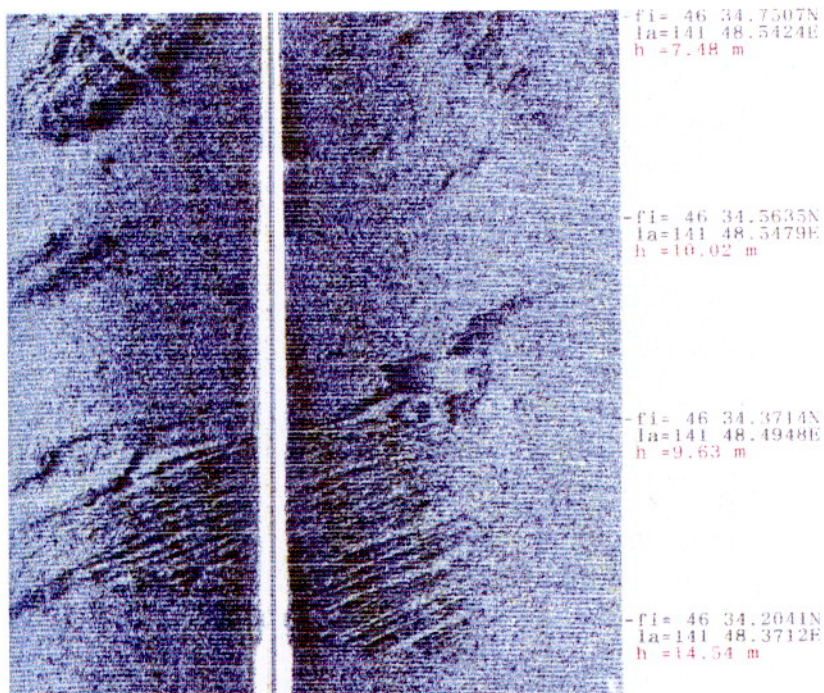
**Рис.1.** Аэрофотоснимок Черноморского побережья Кавказа. Под водой хорошо виден грядовый бенч и заросли бурой водоросли *Cystoseira* sp.



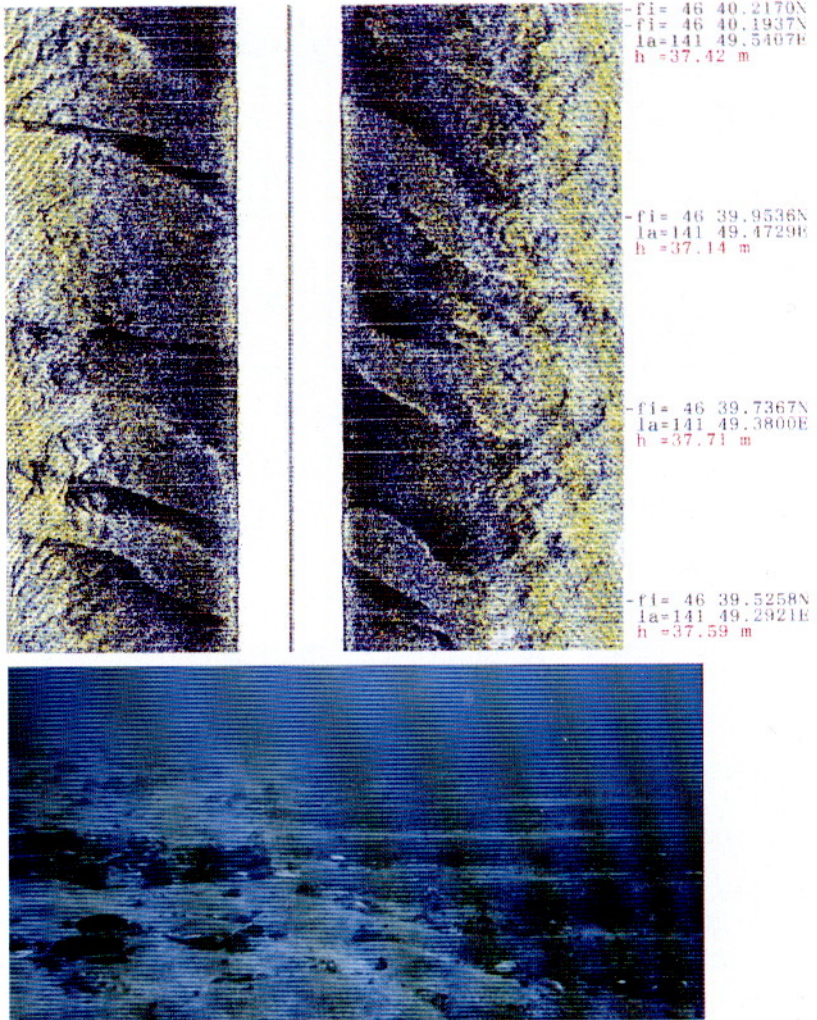


**Рис.2.** Фрагмент космического спектрального снимка участка юго-западного побережья Сахалина. Видны все геоморфологические структуры побережья, в том числе и под водой: поднятый бенч и древние переуглубленные речные долины





**Рис.3.** Гидроакустическая сонограмма песчаного дна с выходами скальных пород (вверху). Фотография фрагмента скальных выходов (внизу). Фото М.В.Переладова



**Рис.4.** Гидроакустическая сонограмма глинистого дна с промоинами (вверху). Фотография фрагмента песчано-илистого дна с рифелями (внизу). Фото М.В.Переладова



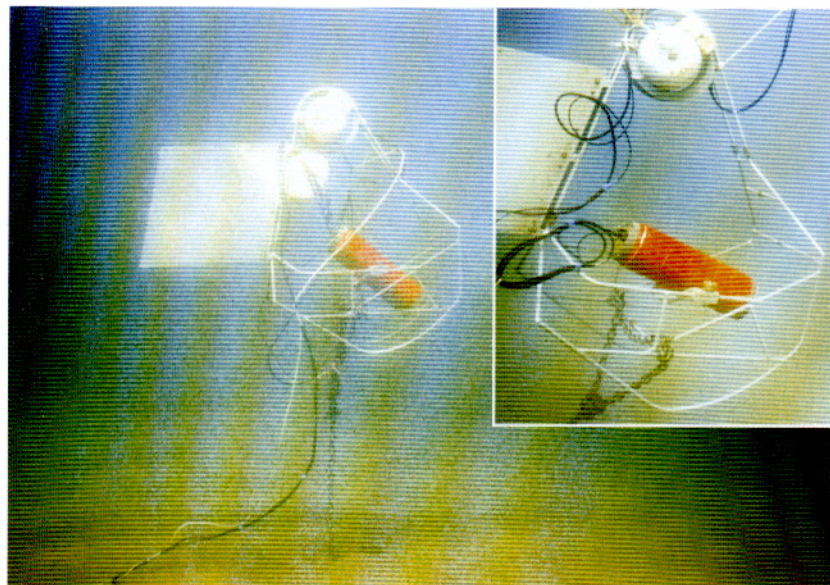
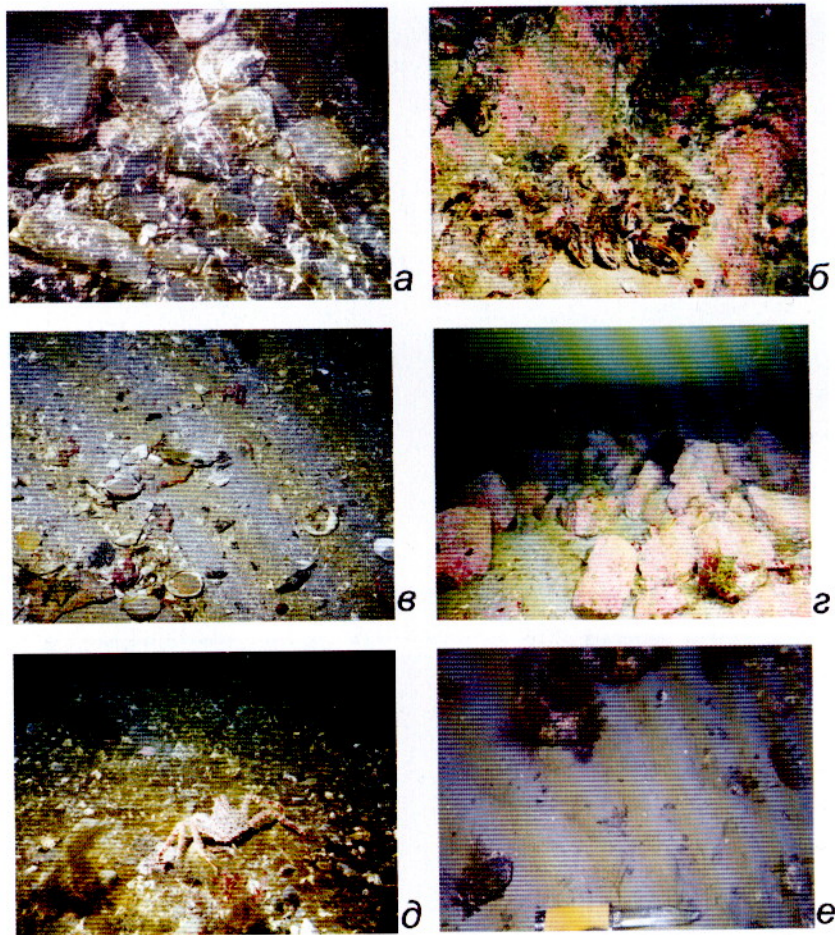


Рис.5. Подводная видеоустановка. Фото О.М.Лапшина

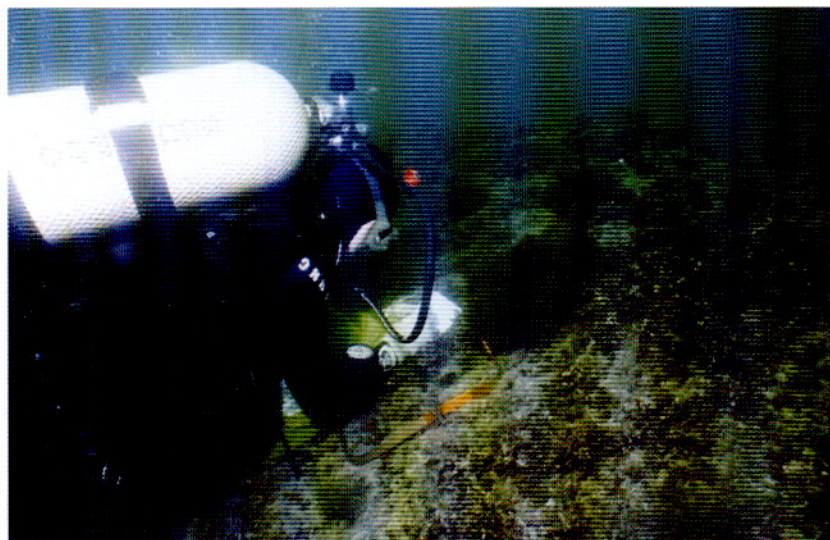


Рис.6. Водолаз с подводной камерой. Фото М.В.Переладова



**Рис.7.** Примеры выделов на дне: *а* - навалы угловатых валунов в верхней и средней частях подводного берегового склона с биоценозом коркового литотамния и правильных морских ежей; *б* - скалы средней части подводного берегового склона с биоценозом модиолуса; *в* - разноразмерный песок с ракушкой нижней части подводного склона; *г* - угловатые валуны на песке в нижней части подводного берегового склона; *д* - относительно пологое дно, сложенное преимущественно галечником, с танатоценозом двустворчатых моллюсков и водорослей; *е* - пологое дно, сложенное флювиогляциальными глинами и окатанными моренными валунами. Фото М.В. Переладова



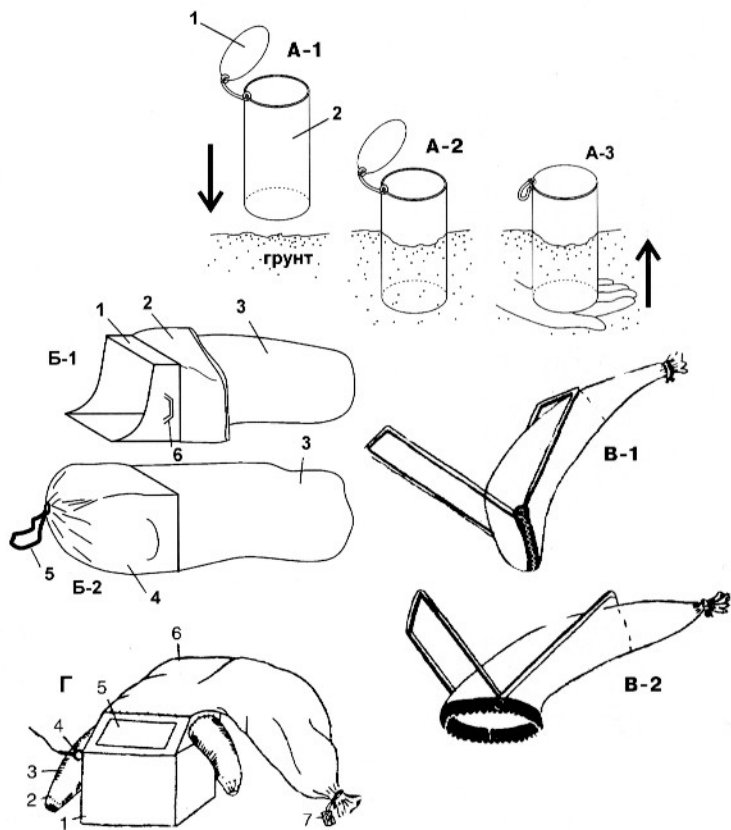


**Рис.8.** Отбор проб из рамки. Фото М.В.Переладова



**Рис.9.** Запись наблюдений на пластиковую табличку. Фото М.В.Переладова





**Рис.10.** Водолазные дночерпатели и пробоотборники. *A* - пробоотборник ("корер") из толстой прочной пластмассы или металла (диаметр 10-12 см, длина 30-40 см, взятый грунт сразу под водой пересыпается в мешок; *A-1* - перед погружением в грунт; *A-2* - погруженный в грунт; *A-3* - с закрытой крышкой и подведенной по низ рукой перед вытаскиванием из грунта; 1 - плотно закрывающаяся крышка (пробка); 2 - трубка. *B* - простейший водолазный дночерпатель: *B-1* - во время сбора грунта; *B-2* - после сбора грунта; 1 - металлический короб (со сторонами створа 30 x 20 см); 2 - отвернутая горловина; 3 - мешок из газа, обтянутый делью; 4 - затянутая горловина; 5 - веревка для затягивания горловины; 6 - ручка. *B* - зубчатый дночерпатель 0,05 м<sup>2</sup> (по Грузову и др., 1967); *B-1* - в закрытом виде; *B-2* - в раскрытом виде. *Г* - водолазный дночерпатель по Аверинцеву и др. (1982); 1 - металлический короб; 2 - резинка, стягивающая рукав; 3 - рукав; 4 - кольцо для прикрепления троса; 5 - окно из оргстекла; 6 - мешок из газа, обтянутый делью; 7 - груз

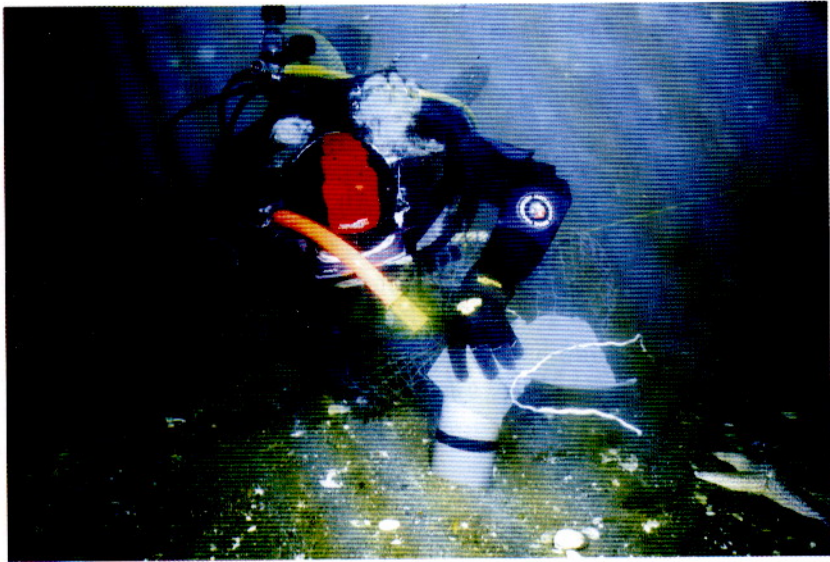
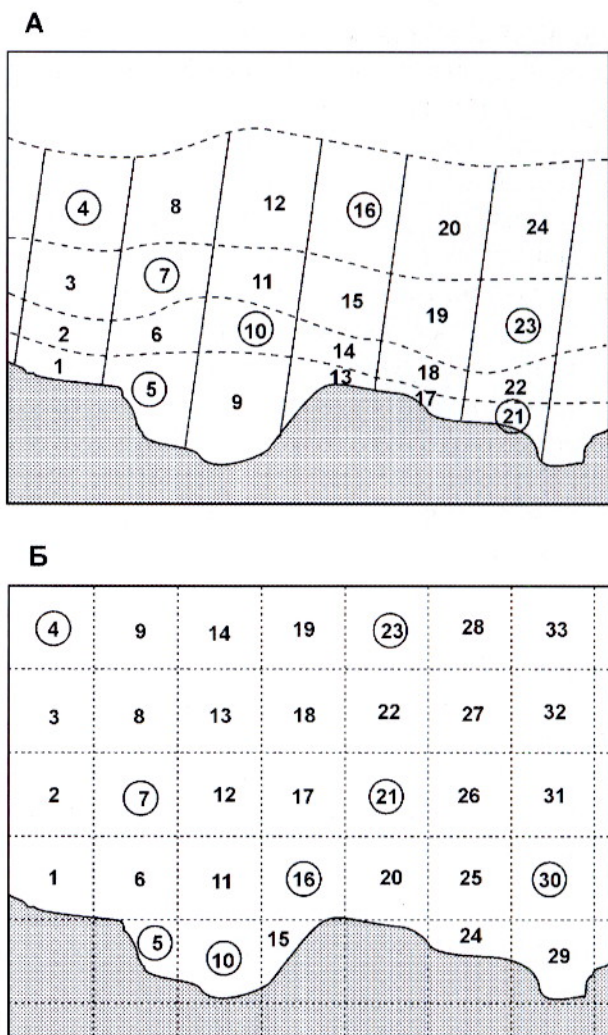


Рис.11. Отбор пробы грунта пробоотборником. Фото Е.В.Войдакова



Рис.12. Размотка фала при закладке трансекты. Фото А.Ю.Огурцова



**Рис.13.** Схема рандомизации проб. А - построение сетки станций по изобатам (пунктирными линиями обозначены изобаты, сплошными линиями границы участков одинаковой ширины). Б - построение сетки станций по сетке координат (обозначена пунктирными линиями). Цифрами обозначены номера выделенных участков. В кружок обведены выбранные методом случайных чисел номера участков, на которые должны быть взяты пробы

До выезда в поле по аэрофотоснимкам, собранным в фотосхему, выделяют участки дна, обладающие типичными чертами для данного подводного ландшафта – ключевые участки. Затем уже в полевых условиях наиболее подробные исследования проводят по ключевым участкам. Аэрофотоизображение морского дна на каждом ключевом участке считается эталонным для данного типа фоторисунка. Характеристики донных ландшафтов, полученные на ключевых участках, служат для разработки дешифровочных признаков и создания набора аэрофотографических эталонов. В камеральных условиях на основе этих признаков выполняется поконтурное дешифрирование однотипных аэрофотоизображений всего района. Аэрофотографические эталоны позволяют выполнять дешифрирование новых, необследованных и недоизученных районов. Контуры с индивидуальными особенностями в обязательном порядке обследуют в полевых условиях.

Методы работы по ключевым участкам в поле, а также процесс съемки и дешифрирования описан в специальной литературе (Гурьева и др., 1968; Сорокин и др., 1987). Методика изучения ключевых участков будет рассмотрена в разделе, посвященном водолазным методам исследований.

## **ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Гидроакустические методы предполагают использование эхолотов и (или) гидролокаторов бокового обзора. Гидроакустическая съемка позволяет получить представление о рельефе дна, в ряде случаев – о донных осадках и растительном покрове дна (рис.3, 4).

Методика выполнения эхолотных промеров изложена в специальной литературе (Инструкция..., 1974; Буданов, 1964; Канаев, Удинцев, 1960; Федоров, 1982). С помощью эхолота получают изображение перепадов рельефа по про-



филю, оконтуривают водорослевые поля; в отдельных случаях определяют видовой состав водорослей.

Гидролокатор бокового обзора (ГБО) – одно из наиболее удобных средств для выполнения подводных обзорных и картографических работ. Комплекс аппаратуры, совмещенный с ГБО – GPS-приемник, портативный компьютер, блок дешифрирования принимаемого сигнала, – позволяет получить площадное изображение дна в реальном времени (сонограмму). При этом можно получить также и информацию о донных отложениях (Казанин, Клещин, 2002). Обзор морского дна производится не только непосредственно под судном, но и по обе стороны от него. Ширина прохода обычного бокового сканирования в 50 килогерц в 10 – 15 раз больше высоты буксировки прибора над дном. Разрешение сканера порядка 100 см. Помехи, связанные с сильным прибоем на мелководных участках, наличием густой подводной растительности можно избежать, применив низкочастотный ГБО (Золотарев и др., 2002).

Применение комплекта гидроакустической аппаратуры позволяет в течение дня обследовать 50 км<sup>2</sup> дна при размещении на маломерной шхуне.

Для достоверного дешифрирования полученных сонограмм необходимо отбирать образцы грунта и растительности водолазным методом или грунтоотборником, соответствующим данному типу грунта. По возможности параллельно с гидролокационной съемкой желательна проводить фото- или видеосъемку дна с помощью буксируемой подводной видеоаппаратуры.

## **ПОДВОДНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ И ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СЪЕМКА**

В практике подводных исследований поверхности дна с его обитателями используются дистанционно управляемые и автоматические фотокамеры. Они могут опускаться



ся на подвеске, размещаться на буксируемых по дну «санях» (рис.5), на устройствах для отбора проб грунта, на стационарных и подвижных орудиях лова (Левин, 1994) или применяться непосредственно водолазом-исследователем (рис.6). По плановым фотографиям дна можно вести количественный учет хорошо различимых на поверхности дна крупных объектов. Снимки одного и того же участка дна с промежутком в несколько лет позволяют судить о динамике изменения донных сообществ.

Подводная видео- или телесъемка позволяет определять границы распространения объектов на дне с помощью серии галсов, видовой состав и плотность донных организмов. Разрешающая способность подводного телевидения более высокая по сравнению с локатором бокового обзора, однако, возможности ее ограничены мутностью воды. Обычное телевидение позволяет видеть объекты в морской воде на расстоянии не более 5 – 10 м. Дальность видения испытываемого последнее время лазерного телевидения (ПИНРО) в 3 с лишним раза больше.

Подводное фотографирование, и видео- и телесъемка используются в сочетании с другими средствами исследования дна.

## **ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ**

Лазерное строчное сканирование (ЛСС) – один из перспективных методов получения достоверной картины дна. Система ЛСС была создана для определения физических и биологических изменений в донных природных комплексах, которые могут быть связаны с тралением и сбором данных для оценки запасов. С помощью ЛСС возможно обнаруживать, например, скопления краба, а также характеризовать типы донных биотопов (G. A. Tracey et all., 1998). ЛСС, как ГБО и телевидение, относится к системам, предназначенным для получения изображений морского дна с большой скоростью обзора. Рабочая скорость буксировки

корпуса ЛСС от 1 до 6 узлов. Ширина полосы захвата отображаемой площади вдоль трансекты приблизительно в 1,4 раза больше высоты над морским дном. Разрешение получаемого изображения зависит от высоты буксирования сканирующего устройства над дном и колеблется в интервале от сантиметров до миллиметров. По сравнению с SVHS видео форматом сопоставимое качество изображения получается при скорости просмотра в 5 раз выше обычного видео.

Изображения, полученные от ЛСС системы записываются в цифровой форме или как видеоизображения каждой строки съемки в сериях стандартных имидж файлов с коррекцией в реальном времени согласно изменениям курса, скорости и уклона дна.

Данные изображений и связанных с ними файлов могут передаваться в формат Географической Информационной Системы (ГИС). Конечный продукт позволяет пользователю вызывать изображение путем наведения курсора на географические координаты на дисплее.

Материально-техническое обеспечение ЛСС минимальное, т.к. буксируемое устройство может включать, помимо блока ЛСС, обычные акустические сенсоры бокового сканирования и эхолоты.

Выбор метода получения изображения дна определяется предпочтениями исследователя, получить ли лучшее разрешение или охватить за один проход большую площадь.

## **Водолазные исследования**

Водолазные исследования проводят с целью получения детальной информации о донном ландшафте, о видовом и количественном составе гидробионтов, для сбора проб донных осадков и бентоса, фотографирования морского дна, для дешифрирования аэрофотоснимков.

Водолазные исследования выполняют по заранее на-

меченному разрезу или сетке станций. Обследование дна ведется по ключевым участкам, выделенных на аэрофотоснимках, сонограммах или непосредственно на местности, исходя из особенностей прилегающего берега. Обзорные разрезы большой протяженности проводят при помощи надводных или подводных буксировщиков. На границах фаций или биоценозов или при обнаружении других важных объектов водолаз подает сигнал на шлюпку, которая останавливается для засечки местоположения. Водолаз описывает дно, отбирает необходимые пробы, фотографирует дно. В свободном плавании разрезы выполняют по подводному компасу. Не следует двигаться сложно пересекающимися галсами. Водолазные разрезы должны быть по возможности прямыми, нормальными к изобатам и выходить на берег. По окончании разреза результаты наблюдений наносят на батиметрический профиль и строят ландшафтный профиль.

Изучение ключевых участков осуществляется двумя способами: 1) методом обследования площадок и 2) методом проведения ландшафтных профилей (Петров, 1969).

### ***1. Обследование площадок***

Площадки, предназначенные для обследования, намечаются путем анализа особенностей изображения морского дна на фотосхемах масштаба 1:5000 - 1:10000 или отдельных крупномасштабных отпечатков (увеличенных аэрофотоснимков) масштаба 1:1000 и крупнее. Среди контуров, характеризующихся однотипным фоторисунком, выбирают наиболее типичный. Намеченный участок подвергается непосредственному изучению.

Наиболее удобна для обследования прямоугольная форма площадок: не следует делать их слишком большими – лучше, если длина стороны прямоугольника будет не более 100 - 200 м. Площадка обозначается на акватории буями; место площадки наносится на фотосхему (аэрофото-



снимок) и карту.

Дно обследуется полосами. Между двумя крайними буйами протягивается мерный шнур. Концы мерных шнуров обозначаются на поверхности воды дополнительными буйками. Работы ведутся со шлюпки водолазами. В ходе работы водолаз передает на борт образцы, берет необходимые приборы и инструменты. После того как описание полосы закончено, рекомендуется подняться в шлюпку, переписать наблюдения, перерисовать зарисовки, если ведется картографирование, перенести на планшет план, составленный под водой. Завершив обследование первой полосы, ограничивают рядом с ней вторую. Концы новой полосы также обозначают дополнительными буйками. Так, обследуя полосу за полосой, изучают всю намеченную площадь и выясняют природные особенности морского дна, обусловившие специфичный рисунок изображения на аэрофотоснимке.

В некоторых случаях для беглого осмотра дна выбирают площадки круглой формы. Тогда дно обследуется от периферии к центру по спирали.

При описании площадок отмечают следующие позиции:

- 1) дата;
- 2) порядковый номер, номер станции;
- 3) автор описания;
- 4) географическое положение (район, координаты);
- 5) глубина (колебание глубин);
- 6) рельеф (название генетического типа и формы рельефа, например, скульптурно-грядовый наклоненный бенч, абразионно-скульптурная банка, аккумулятивная равнина и т.п.);
- 7) условия местоположения: положение на профиле (склон и его часть – верхняя, средняя, нижняя, подножие, вершина и т.п.); относительная высота; крутизна склона; экспозиция склона (указывается при наличии заметного уклона); микрорельеф и мелкие неровности дна;

- 8) фации современных отложений (грунт);
- 9) гидрологические условия: волны, течения, температура, освещенность, соленость и прочие измеряемые в данный момент характеристики;
- 10) донные биоценозы (видовой состав, структура сообществ, биомасса, проективное покрытие, характерные жизненные формы донных организмов);
- 11) воздействие человека (берегоукрепительные работы, извлечение грунта, строительство гидротехнических сооружений, промысел водорослей и донных животных и т.п.);
- 12) информация о взятых образцах и пробах для анализа, о подводном фотографировании;
- 13) примечания.

Выполнение наблюдений по всем пунктам приведенной программы ландшафтного описания ключевого участка зачастую невозможно из-за трудоемкости и дороговизны организации комплексных исследований. Объем и детальность работ следует устанавливать исходя из конкретных условий проводимых исследований.

## ***2. Проведение ландшафтных профилей***

Ландшафтные профили проводятся так, чтобы пересечь то или иное характерное изображение дна, или в направлении типичных смен характерных рисунков аэрофотоизображения дна, если имеются в наличии снимки. Если исследователь не располагает аэрофотоматериалами, то ландшафтный профиль проводится по возможности от уреза воды до максимально возможной глубины с пересечением всех встречающихся элементов рельефа и фаций донных осадков.

Исследования при проведении ландшафтных профилей осуществляются в основном по той же программе, по которой ведется изучение ключевых участков. В зависимости от глубины и протяженности профилей исследования

ведутся либо водолазами, либо с плавсредства (бота, судна) с применением возможных методов исследования дна (телевизионного, сонарного и т.д.) и обязательным эхолотным промером. При работе с судна на характерных перегибах рельефа и в точках, обладающих специфичным аэрофотоизображением (если оно получено), делаются водолазные станции; на них исследование осуществляется по программе изучения ключевых участков.

Если аэрофотоизображение дна не отражает индивидуальных особенностей его ландшафтной структуры, или не читается, или не имеется в распоряжении, ландшафтное исследование береговой зоны моря проводится **методом создания на акватории равномерной сетки профилей и станций**. Станции располагают рядами по эхолотным профилям через равные расстояния друг от друга (200 - 300 м) или через определенные интервалы глубин (через каждые 2 м); профили проводят по нормали к береговой линии на расстоянии 1 - 2 км друг от друга; дополнительные профили и станции делаются для пересечения указанных на картах мест с отличительными глубинами и резких перегибах рельефа. Расстояние между точками и параллельными маршрутами задается в зависимости от масштаба, детальности проводимых работ и от стоящих перед экспедицией задач. При систематической съемке расстояние между разрезами на карте не должно превышать 2 - 4 см.

Методы гидробиологической съемки практически такие же; ее особенности будут описаны в соответствующем разделе.

При гидробиологической съемке с целью определения запасов промысловых гидробионтов водолазу-исследователю необходимо учитывать микрорельеф дна и обследовать расселины и полости между валунами для получения наиболее достоверной количественной информации.



## ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ СЪЕМКИ В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

В задачи ландшафтных исследований в прикладных гидробиологических целях входит определение разнообразия и общей площади ландшафтов или подразделений ландшафтов изучаемой акватории и определение для каждого подразделения параметров, отражающих видовое разнообразие, численность, биомассу и размерно-возрастные характеристики изучаемых гидробионтов. Зная общие закономерности распределения живой составляющей в ландшафте дна, можно с определенной вероятностью выполнять оценку запаса на основе данных по площадям, занимаемым этим ландшафтом или его стратами. При этом нет необходимости отбора проб на каждом участке, занятом этим ландшафтом.

Большинство методов и инструментов ландшафтных исследований может применяться для сбора первичных данных при гидробиологической съемке. Это **визуальные методы**: аэрофотосъемка, подводное фотографирование, видео- и телевизионная съемка, использующиеся для оконтуривания водорослевых полей, определения плотности и видового состава растительности и животных (в случае подводных фотографирования и видеосъемки). Кроме того, существуют **статистические методы** сбора количественной информации. К ним относятся драговая, ловушечная, траловая, дночерпательная и другие виды учетных съемок. Водозлазные, акустические методы сочетают в себе элементы визуальных и статистических методов. Для оценки запасов прибрежных гидробиологических объектов методы прямого визуального обследования обладают наибольшей репрезентативностью благодаря попаданию в поле обзора всех гидробионтов видимой поверхности дна. Возможности механических орудий сбора количественной информации ограничены сложностью рельефа и грунтов прибрежной зоны.

На распределение донных организмов влияет ряд абиотических факторов: рельеф дна и прилегающей части суши, гранулометрический состав донных осадков и содержание в них органического вещества, гидрологический и гидродинамический режимы, количество органической взвеси. При описании ландшафтов прибрежной зоны в ходе гидробиологической съемки необходимо, помимо прочего, учитывать степень прибойности, поскольку от этого зависит не только видовой состав донных организмов, но и, в значительной степени, биомасса.

При определении характера защищенности берегов от прибоя обычно пользуются шкалой степеней прибойности, предложенной Е.В. Гурьяновой и др. (1930):

I степень прибойности (с. п.) характерна для океанического побережья с постоянным сильным прибоем.

II с. п. - для открытых берегов заливов; прибой почти постоянный, но не такой сильный.

III с. п. - для полузащищенных берегов; прибой сильно ослаблен.

IV с. п. - для хорошо защищенных берегов; прибой бывает редко и выражен слабо.

V с. п. - для закрытых бухт; прибой отсутствует.

Во внутренних морях, таких как Черное, Балтийское, Каспийское и Азовское, отсутствуют заметные приливно-отливные колебания уровня моря. Небольшие колебания уровня моря здесь вызывают сгонно-нагонные ветры, которые учету не поддаются и при определении глубины не учитываются. Большинство же морей России – дальневосточные, северные являются приливно-отливными. Приливы в разных регионах различаются по амплитуде и типу (правильные полусуточные и суточные, неправильные полусуточные и суточные). Для определения истинной глубины при вертикальном распределении гидробионтов, особенно водорослей на литорали, необходимо приводить показания измеренной на станции глубины к нулю глубин –

максимально низкому теоретически возможному уровню моря во время сизигийного отлива. Для этого в ходе гидробиологической съемки нужно на каждой станции фиксировать не только дату и глубину, но и местное время. С помощью таблиц приливов определяют высоту уровня моря над нулем глубин в момент выполнения сбора материала в ближайшем к месту работы пункте, для которого эти величины в таблице даны, а также учитывают поправки по времени и положению уровня моря над нулем глубин, приведенные для самого близкого к месту работы пункта.

При описании грунтов пользуются классификацией морских обломочных осадков по гранулометрическому составу, разработанной в Институте океанологии АН СССР (табл.1). Для групп мелкозернистых осадков удобнее использовать классификацию, предложенную М.В. Кленовой (1948) (табл.2).

После приобретения некоторого опыта характер грунта легко определяется на глаз или на ощупь (в случае алевритовых и пелитовых осадков). До этого в случае необходимости следует отдавать пробы в специализированные лаборатории. М.В. Клёнова (1948) отмечает, что в экспедиционной обстановке необходимо давать хотя бы приблизительную характеристику механического состава осадка и предлагает восемь градаций, которых вполне достаточно, чтобы описать рыхлый осадок: песок крупный, песок средний, песок мелкий, песок пылеватый (имеется в виду алевритовый), илистый песок, песчанистый ил, ил и глинистый ил. **«Пылеватый»** песок - по описанию М.В. Кленовой, - мелкий песок с преобладанием частиц меньше 0,10 мм; при взбалтывании с водой он дает сильную муть, осаждающуюся меньше, чем в 1 минуту. **Илистый песок** по внешнему виду напоминает мелкий и пылеватый, но при взбалтывании с водой дает долго не осаждающуюся муть. **Песчанистый ил** в отличие от песков обладает довольно значительной вязкостью, но при растирании между пальцами

**Таблица 1.** Классификация морских обломочных осадков по гранулометрическому составу

Группа осадков	Осадки	Размеры преобладающих фракций, мм	<i>M<sub>d</sub></i> , мм
Грубообломочные осадки (псефиты)	Глыбы	1000	
	Валуны крупные	1000-500	
	Валуны средние	500-250	
	Валуны мелкие	250-100	
	Галечники крупные	100-50	
	Галечники средние	50-25	
	Галечники мелкие	25-10	
	Гравий крупный	10-5	
	Гравий средний	5-2,5	
Гравий мелкий	2,5-1,0		
Песчаные осадки (псаммиты)	Пески крупные	1,0-0,5	1,0-0,5
	Пески средние	0,50-0,25	0,50-0,25
	Пески мелкие	0,25-0,10	0,25-0,10
Алевритовые осадки (алевриты)	Алевриты крупные	0,10-0,05	0,10-0,05
	Илы мелкоалевритовые	0,10-0,01	0,05-0,01
Глинистые осадки (пелиты)	Илы алеврито-глинистые	0,01 (50-70%)	0,010-0,007
	Илы глинистые	0,01 (>70%)	0,007

**Таблица 2.** Основные группы мелкозернистых осадков по классификации М.В. Кленовой (1948)

Осадок	Содержание частиц меньше 0,01 мм
Песок	от 0 до 5%
Илистый песок	от 5 до 10%
Песчанистый ил	от 10 до 30%
Ил	от 30 до 50%
Глинистый ил	более 50%

дает явственное ощущение примеси песчинок; песчинки обнаруживаются и невооруженным глазом. **Ил** дает ощущение сливочного масла, при скатывании образует комочки, иногда в нем заметны отдельные песчинки. **Глинистый ил** чрезвычайно тонок и нежен на ощупь, скатывается в очень тонкие комочки, прилипает к рукам и другим предметам.

В гидробиологической съемке обычно используются три способа сбора данных: случайный, систематический и стратифицированный отбор (Лукин, Фадеев, 1982). Во всех этих способах на предварительном этапе исследования (визуальном осмотре дна) в обследуемом районе выделяются типичные участки (страты, или выделы, по терминологии Денисова (1979), а на втором этапе на этих участках производится отбор качественных и количественных проб. Важно правильно выбрать признаки типизации выделов, или страт, для того, чтобы, с одной стороны, не дробить донные комплексы на мелкие детали, с другой, - уменьшить субъективное восприятие при обобщении отдельных элементов. Страты могут быть морфологически и литологически однородны или представлять собой сочетание повторяющихся признаков. Например, если на обозримой площади наблюдается чередование твердого и рыхлого субстрата, вполне возможно обобщить их площади, независимо от того, обитает на одном из них исследуемый гидробионт или нет (рис.7). Степень дробности будет зависеть от масштаба съемки, степени приближенности определения запасов, от видов гидробионтов. Критерии обобщения признаков при выделении страт определяются индивидуально каждым исследователем в соответствии с условиями и целями съемки. При расчленении участка дна на однородные выделы необходимо привести точное их описание, чтобы возможно было сопоставить их с данными других исследователей.

Для унификации определения типичных участков и стандартизации отбора проб целесообразно составить схе-



мы типов выделов. Некоторые схемы, характеризующие наиболее часто повторяющиеся типы выделов, представлены на рисунке 18 в разделе о водолазном способе исследований (по Фадеев, Лукин (1982)). **I**, **II**, и **VII** – выделы, характерные для однородных грунтов с ровным рельефом; **V**, **VI** и **VIII** – выделы, характерные для однородных грунтов с расчлененным рельефом; **III**, **IV** – сложные выделы, где в качестве «осложняющих» элементов выступают, например, другой тип грунта, мозаично распределенный на преобладающем однородном выделе (**III**), или отдельные куртины морских трав на однородном выделе (**IV**). Отбор проб на сложных выделах осуществляется как на двух однородных выделах, т. е. каждый «осложняющий» элемент (грунт, водоросли и т. д.) рассматривается как однородный выдел.

Разнообразие и мозаичность биотопов прибрежной зоны осложняет задачу количественного учета гидробионтов. Помимо многообразия учетных площадей, следует иметь в виду, что ландшафт трехмерен. Подвижные формы эпифауны могут обитать не только на поверхности твердого субстрата, но и прятаться, например, в расщелинах скал и полостях между валунами. Таким образом, реальная поверхность обитания больше проекционной в несколько раз, а стало быть, в несколько раз увеличивается количество обитаемых на этих поверхностях особей. Достоверность оценки запаса на таких участках во многом зависит от степени добросовестности исследователя, которому следует обследовать полости на дне.

Водолазный метод исследования представляется наиболее репрезентативным при детальном обследовании дна и отборе проб.

## Раздел 2

# ИССЛЕДОВАНИЯ И УЧЕТ ПРОМЫСЛОВЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ ВОДОЛАЗНЫМ СПОСОБОМ

**Д. М. Милютин**

## ВВЕДЕНИЕ

Верхняя сублитораль (под этим определением в данном контексте подразумевается прибрежная полоса дна в диапазоне глубин от 0 до 30 - 40 м) зачастую оказывается недоступной для традиционных орудий лова беспозвоночных. Так как в этом поясе грунт обычно состоит из скал, глыб и валунов, там невозможно применять тралы или драги, а ловушки, используемые для ловли ракообразных и брюхоногих моллюсков, не удастся установить из-за крутого уклона дна. Удобным способом учета беспозвоночных, обитающих в верхней сублиторали, является водолазный. Эффективная работа водолаза, снаряженного аквалангом со сжатым воздухом или со сжатым воздухом, обогащенным кислородом, возможна до глубин 40 - 50 метров.

В главе обсуждаются основные этапы и методы исследования сублиторальных беспозвоночных водолазным способом и оценки их запасов.

### *Список видов промысловых беспозвоночных, обитающих в сублиторальном поясе*

Некоторые виды промысловых беспозвоночных весь свой жизненный цикл проводят в сублиторали (например, морские ежи), другие виды обитают в этой прибрежной зоне лишь на определенных стадиях жизненного цикла или в определенный сезон года. Ниже приводятся наиболее

важные промысловые и потенциально промысловые виды беспозвоночных, вся жизнь или некоторые этапы жизненного цикла которых проходят в верхней сублиторали российских морей.

#### Дальневосточные моря:

Креветки: *Argis lar* (козырьковый шримс), *Lebbeus groenlandicus* (гренландская креветка), *Pandalus borealis* (северный чилим), *P. goniurus* (углохвостая креветка), *P. hypsinotus* (гребенчатый чилим), *P. latirostris* (травяной чилим), *Sclerocrangon salebrosa* (шримс-медвежонок шипастый) и *S. derjugini* (шримс-медвежонок Дерюгина).

Крабы и крабоиды: *Chionoecetes opilio* (краб-стригун опилио), *Ch. bairdi* (краб-стригун Бэрда), *Erimacrus isenbeckii* (волосатый четырехугольный краб), *Telmessus cheiragonus* (волосатый пятиугольный краб), *Paralithodes camtschaticus* (камчатский краб), *P. platypus* (синий краб) и *P. brevipes* (колючий краб).

Брюхоногие моллюски: *Ancistrolepis* spp., *Buccinum* spp., и *Neptunea* spp. (трубачи), *Haliotis* spp. (морские ушки).

Закапывающиеся двустворчатые моллюски: *Ciliocardium ciliatum* (волосатая сердцевидка), *Corbicula japonica* (японская корбикула), *Crassocardia crassidens* (кардита), *Lioscyma fluctuosa* (клем), *Macoma baltica* (балтийская макома), *M. calcarea* (известковая макома), *Mactromeris polynima* (прибойный клем), *Megangulus luteus* (розовая теллина), *Megayoldia thraciaeformis* (гигантская йольдия), *Mya arenaria* (песчаная мяя), *M. japonica* (японская мяя), *M. priapus*, *M. saxicava*, *M. truncata* (обрубленная мяя), *Nuculana pennula* (леда), *Peronidia lutea* (ильная перонидия), *Serripes groenlandicus* (гренландский серрипес), *Siliqua alta* (острая силиква), *Spisula sakhalinensis* (сахалинская спизула), *S. voyi* (спизула Войи), *Tridonta rollandi* (астарта), *Yoldia myalis* и *Y. seminuda*, *Maetra* sp. (мактра), *Solen* sp. (солен).

Гребешки: *Chlamys albidus* (светлый гребешок),

*Ch. beringiana* (беринговоморский гребешок), *Ch. farreri nipponensis* (японский гребешок), *Ch. rosealbus* (белорозовый гребешок), *Mizuhopecten yesoensis* (приморский гребешок) и *Swiftopecten swifti* (гребешок Свифта).

Митилоидные двустворчатые моллюски: *Modiolus* spp. (модиолусы), *Mytilus edulis* (съедобная мидия), *Crenomytilus grayanus* (мидия Грея), *Crassostrea gigas* (гигантская устрица).

Осьминоги: *Octopus dofleini dofleini* (гигантский осьминог Дофлейна), *O. dofleini apollyon* (малый осьминог Дофлейна) и *Paroctopus conispadiceus* (песчаный осьминог).

Голотурии: *Stichopus* (= *Apostichopus*) *japonicus* (дальневосточный трепанг) и *Cucumaria japonica* (японский морской огурец).

Морские ежи: *Strongylocentrotus droebachiensis* (обыкновенный или зеленый морской еж), *S. intermedius* (промежуточный или серый морской еж), *S. nudus* (черный морской еж), *S. pallidus* (палевый морской еж) и *S. polycanthus* (многоиглый морской еж).

### **Баренцево и Белое моря:**

Ракообразные: *Pandalus borealis* (северный чилим), *Paralithodes camtschatica* (камчатский краб).

Двустворчатые моллюски: *Macoma baltica* (балтийская макома), *Mya arenaria* (мия песчаная), *Mya truncata* (обрубленная мия), *Arctica islandica* (исландская арктика), *Chlamys islandica* (исландский гребешок), *Modiolus modiolus* (модиолус), *Mytilus edulis* (съедобная мидия).

Морские ежи: *Echinus esculentus*, *Strongylocentrotus* spp.

Голотурии: *Cucumaria frondosa* (морской огурец).

### **Черное море:**

Брюхоногие моллюски: *Rapana thomasiana* (рапана).

Двустворчатые моллюски: *Mytilus galloprovincialis* (черноморская мидия), *Ostrea edulis* (съедобная устрица), *Anadara inaequalvis* (скафарка неравностворчатая).



## ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

Комплекс работ, включающий в себя учет численности гидробионтов водолазным способом, отбор проб и их обработку в дальнейшем будет называться **водолазной гидробиологической съемкой**.

Цель водолазной съемки – при помощи водолазного метода изучить закономерности распределения гидробионтов в сублиторали (описать биоценозы, определить плотность тех или иных видов), а также взять пробы для дальнейшей их обработки на поверхности. Метод может применяться на глубинах от 0 до 40 - 60 метров, однако наиболее эффективен на глубинах до 20 - 25 м.

Следует различать водолазные съемки, проводимые 1) с целью изучения видового разнообразия и биоценозов и 2) с целью изучения распределения и биологии одного или нескольких (немногих) видов, так как комплексы задач и методов для этих двух целей различаются. В первом случае целесообразнее применять **метод трансект**, во втором случае приемлемы как метод трансект, так и применение метода **рандомизации проб**. Описание этих двух методов приводятся ниже.

Водолазная съемка включает в себя несколько последовательно выполняемых этапов:

1) Подготовка необходимого оборудования и снаряжения.

2) Планирование работ: сбор и ознакомление с литературными данными по интересующему участку побережья и объектам исследования, проведение рекогносцировочных работ для определения мест для водолазных разрезов и их количества.

3) Закладка разрезов или станций, визуальное определение плотности интересующих видов и отбор проб.

4) Разбор проб и проведение биологического анализа.

Основные методики водолазной съемки описаны в ряде работ: Скарлато и др. (1964); Голиков и Скарлато (1965); Пропп (1971); Денисов (1972, 1979); Кашин (1982); Левин и Шендеров (1975); Фадеев и Лукин (1982); Аверинцев и др. (1982); Левин (1994).

## СПИСОК НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1) несколько комплектов водолазного снаряжения (гидрокостюм, маску, трубку, акваланг с редуктором и легочным автоматом, ласты, грузовой пояс, компенсатор, водолазный нож, компас, водолазный компьютер);

2) водолазный компрессор для заправки баллонов сжатым воздухом;

3) утяжеленный фал длиной до 100 м, толщиной 3 - 5 мм, размеченный через 5 метров для закладки разреза;

4) утяжеленный фал из синтетического материала толщиной 3 - 5 мм и длиной 5 м с грузами на концах. Фал должен быть размечен через каждый метр и иметь дополнительные метки на расстоянии 126 см и 178 см с каждого конца (объяснения в тексте);

5) водолазные питомзы для сбора проб с размерами примерно 50 x 100 см (представляют собой мешки из дели с размером ячеек не более 1 см, для удобства снабженные жесткой горловиной из проволочного каркаса); мешки (примерно 50 x 75 см) из мелкой сетки (размер ячеек 1 - 2 мм), прочные полиэтиленовые пакеты разных размеров;

6) алюминиевую или деревянную утяжеленную рейку длиной 71 см, размеченную по 10 см, а также снабженную дополнительными метками 14 и 47 см или набор рамок со сторонами 10, 33 и 50 см (объяснения см. ниже);

7) металлические рамки площадью 0,01 м<sup>2</sup>, 0,1 м<sup>2</sup>, 0,25 м<sup>2</sup>, 1 м<sup>2</sup> (рис.8);

8) пластиковые белые таблички с привязанными к ним карандашами для ведения записей под водой (рис.9);

- 9) совок для сбора грунта или водолазные дночерпатели и пробоотборники (рис.10, 11);
- 10) скребок или стамеска для снятия прикрепленных видов с камней (может быть заменен водолазным ножом или совком для грунта);
- 11) набор металлических сит с ячейей разного размера для промывки грунта;
- 12) набор кювет разного размера, чашки Петри;
- 13) набор весов с возможностью взвешивания от десятых долей грамма до 10 кг;
- 14) бинокляр;
- 15) препаровальные иглы;
- 16) штанген-циркуль;
- 17) 70% раствор спирта или 4% раствор формальдегида на морской воде для фиксации проб;
- 18) банки с герметичной крышкой разного размера для хранения зафиксированных животных;
- 19) пергаментная бумага для этикеток;
- 20) персональный компьютер;
- 21) определители разных таксонов животных и водорослей;
- 22) переносной комплекс GPS;
- 23) эхолот.

## МЕТОД ТРАНСЕКТ (РАЗРЕЗОВ)

Применение этого метода позволяет, помимо оценки запасов гидробионтов, выявить и закономерности их распределения, связанные с изменением глубины.

Суть метода состоит в том, что перпендикулярно береговой линии закладывается разрез (трансекта), вдоль которой описывают распределение гидробионтов на разных глубинах или в разных биоценозах.

При определении мест для закладки разрезов и их количества необходимо учитывать тип и степень разнообра-

зия ландшафтов сублиторали.

Необходимо учитывать параметры:

- 1) тип грунта (рельеф);
- 2) уклон дна;
- 3) степень прибойности;
- 4) вероятность и степень возможного распреснения;
- 5) направление и сила течения и т.д.

В настоящее время при расчете запасов или плотности распределения донных гидробионтов широко используются компьютерные программы, использующие метод сплайн-аппроксимации. Как правило, эти программы или совсем не учитывают абиотические факторы и строят распределения только по сетке станций, или учитывают один абиотический фактор (чаще всего – глубину). Для гидробионтов, обитающих на значительных глубинах в открытом море, точность таких распределений оказывается вполне достаточна, так как на глубинах более 100 метров типы подводных ландшафтов и присущие им биоценозы, как правило, довольно однообразны и охватывают большие площади.

Совсем другое дело – прибрежная зона, где подводные ландшафты и биоценозы могут часто и резко меняться, причем не только с увеличением глубины, но также и вдоль береговой линии. К тому же, как правило, на морских картах типы грунтов не указаны для небольших глубин, а если и указаны, то с малой степенью подробности. Поэтому аппроксимировать данные по сублиторальным разрезам нужно с большой осторожностью, так как это может приводить к большим ошибкам при расчете запасов.

По возможности, на каждом участке побережья на котором запланирован разрез, рекомендуется закладывать не один разрез, а пару разрезов на небольшом расстоянии друг от друга. Закладка двух разрезов на каждом участке позволяет оценить долю случайности в плотности распределения исследуемых видов на соседних участках.



Если ландшафт побережья однообразен на большом протяжении, разрезы могут закладываться реже. При смене ландшафтов закладка разрезов должна производиться чаще.

Существует два способа учета донных гидробионтов методом трансект: 1) сбор проб через равные диапазоны, например, через каждые 5 метров глубины или через каждые 100 метров длины трансекты (закладка дискретных станций); 2) выделение биоценологических поясов вдоль трансекты и сбор проб на каждом выделенном поясе. При этом удобно использовать длинный фал с разметкой (рис.12).

Выделение биоценологических поясов можно проводить только по распределению видов животных с увеличением глубины, не обращая внимания на сообщества водорослей, или же по распределению видов водорослей с последующим описанием сообщества животных, ассоциированных с данным сообществом водорослей. Последний вариант предпочтительнее, так как многие животные привязаны больше к тем или иным водорослевым ассоциациям, нежели к определенному грунту или типу грунта. Как правило, таким способом удобно исследовать трансекты, если уклон дна большой, и биоценологические пояса имеют небольшую ширину.

Закладку дискретных станций целесообразно проводить, если уклон дна очень мал, и ширина сублиторальной зоны составляет несколько километров.

Возможна также комбинация обоих способов. Например, сначала уклон дна большой, биоценологические пояса имеют небольшую ширину и быстро сменяют друг друга, но затем уклон дна становится незначительным, и некоторые биоценологические пояса могут иметь большую ширину. В этом случае плотность распределения гидробионтов может значительно меняться внутри одного пояса. Поэтому пробы можно брать в нескольких точках такого пояса.

## МЕТОД РАНДОМИЗАЦИИ ПРОБ

Применение метода рандомизации проб для оценки запасов тех или иных видов с использованием водолазной съемки практически не отличается от применения этого метода с использованием других орудий лова: тралов, дночерпателей и т.д.

Метод основан на случайном выборе участков для отбора проб. Сублиторальная зона выбранного участка прибрежной зоны разделяется на небольшие участки (рис.13). Далее, при планировании работ определяется то количество проб, которое можно собрать в данных экспедиционных условиях. Затем, с помощью генератора случайных чисел определяются номера участков на которых должны быть взяты пробы. При этом, для наибольшей достоверности результатов, на каждом участке сбор проб желательно проводить как минимум дважды.

За основу сетки участков можно взять изобаты, например, через каждые 5 метров глубины (рис.13А). Для выхода для отбора проб в середину нужного участка необходимо наличие эхолота и береговых ориентиров или GPS. Сетку участков можно построить также, основываясь на координатной сетке (рис.13Б). В этом случае для выхода в середину нужного участка необходимо наличие GPS, а глубину можно определить во время сбора проб по глубиномеру, если отсутствует эхолот.

В качестве недостатка этого метода можно отметить невозможность составить полное представление о закономерностях смены биоценозов с глубиной. Этого недостатка лишен метод трансект. В качестве достоинств – возможность оценки численности гидробионтов на больших площадях с минимизацией влияния субъективного фактора при выборе мест для отбора проб.

## ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТАХ

Перед первым погружением желательно пройти над предполагаемым разрезом на небольшом судне, на котором установлен эхолот. Это позволит сделать разрез глубин и, может быть, определить типы грунтов на разрезе.

При работе методом трансект, водолазы сначала размечают пояса биоценозов и определяют минимальную глубину, максимальную глубину и ширину каждого пояса. Пробы желательно брать в середине выделенных биоценологических поясов. В каждом биоценологическом поясе выделяют типичные участки (**выделы**), на выделах, в свою очередь выделяют **фации**, т.е. выделенные элементарные участки дна с однородным рельефом и гранулометрическим составом осадков (например, фация валунов и фация песка между валунами). При проведении полномасштабной съемки на каждой выделенной фации желательно закладывать станции. Если изучаются только какие-то конкретные виды, станции можно закладывать только на тех фациях, где эти виды были обнаружены.

Ширину поясов можно определять разными способами. При приглубом профиле, когда глубина увеличивается быстро и максимальная ширина биоценологических поясов составляет десятки метров, удобно проложить перпендикулярно береговой линии длинный фал с разметкой через 5 метров, и ширину поясов определять по разметке. Совсем узкие пояса (например, на отвесных скалах) можно определять относительно длины своего тела или используя 5-метровый фал.

При отмелом профиле, когда длина биоценологических поясов может составлять сотни метров, можно использовать вспомогательное судно (лодку), на котором идут перпендикулярно береговой линии в направлении от берега, и водо-

лаз через некоторое расстояние совершает пробные спуски для оценки биоценозов. В этом случае удаленность границы биоценотического пояса от берега определяется по положению судна (визуально или с помощью GPS, установленного на судне).

При рандомизированной съемке пробы желательно брать в середине размеченных участков. Место на дне, где должны быть отобраны пробы, также желательно разделить на фации, и брать пробы в каждой фации.

Определить долю площади, занимаемой конкретной фацией в выделе, можно методом линейного пересечения по формуле:

$$P = \frac{\sum l_i}{L}, \quad (1)$$

где  $P$  – доля занятой площади;  $l_i$  – отрезки пересечения (длина отрезка, проходящего через участки, занятые данной фацией);  $L$  – длина всей трансекты.

Для этого на выделе с помощью 5-метрового фала безвыборочно прокладываются несколько последовательных или параллельных минитрансект. Водолаз плавает по минитрансекте и отмечает длину отрезков минитрансекты, проходящих через данную фацию.

Если при проведении съемки методом трансект на одной трансекте планируется несколько погружений, в первом погружении, помимо рекогносцировочных работ, желательно брать качественные пробы. Качественные пробы нужны, чтобы лучше представить видовой состав в разных биоценозах или фациях, выделить промысловые виды, на которые в дальнейшем обращать большее внимание.

Желательно сразу же под водой делать записи, и расшифровывать их сразу же после поднятия на поверхность. Записывать нужно: глубины границ биоценозов; их ширину; основные характеристики (рельеф, состав грунта,



проективное покрытие водорослей, степень прибойности, освещенность, длины отрезков пересечения и т.д.); характеристики фаций; доли площади, занимаемой той или иной фацией в биоценозе; характеристики мест, откуда были взяты пробы.

Изучение участка дна включает в себя: 1) визуальный учет хорошо видимых гидробионтов; 2) отбор количественных проб для учета гидробионтов, не поддающихся визуальному учету и для проведения биологического анализа.

### **ВИЗУАЛЬНЫЙ УЧЕТ ЭПИФАУНЫ**

Визуальный учет применяется для видов, которые хорошо видны на дне (например, морские ежи, некоторые двустворчатые и брюхоногие моллюски, асцидии и т.д.). Следует также помнить, что многие зарывающиеся животные, если они не потревожены, выставляют части своего тела над грунтом (щупальца сидячих полихет, сифоны двустворчатых моллюсков), или же места их локализации в грунте можно обнаружить по следам их жизнедеятельности (например, холмики пескожилов). Поэтому визуальный учет инфауны возможен. Если двигаться осторожно, не взмучивая воды, можно довольно точно определить численность тех или иных видов, не выкапывая их из грунта. Следует, однако помнить, что, как правило, некоторое количество таких животных в это время могут быть не активны (с втянутыми сифонами или щупальцами), и, следовательно, останутся не учтенными.

Следует различать **случайное** и **агрегированное** распределение гидробионтов.

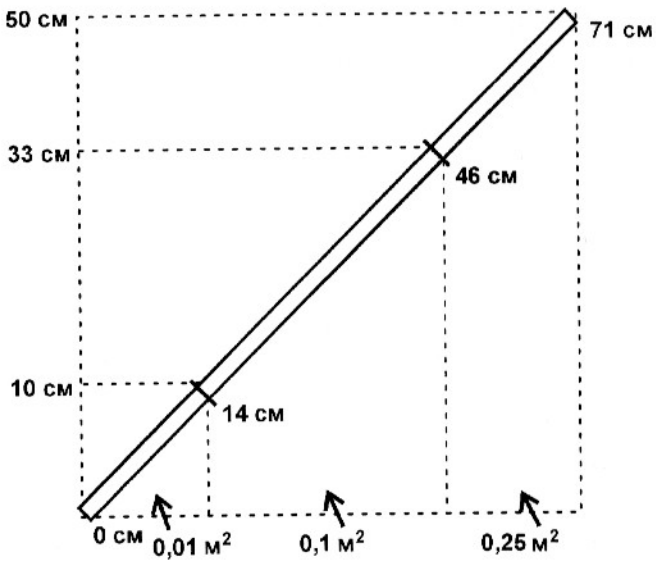
**При случайном распределении** (т.е. гидробионты расположены равномерно по всей площади выделенной фации) мелких, часто встречающихся прикрепленных или малоподвижных животных (например, баянусы, офиуры, полихеты, мидии, литторины) обычно используются квадрат-

ные рамки с длиной сторон 10, 33 или 50 см (т.е. с площадью 0,01; 0,1; или 0,25 м<sup>2</sup> соответственно). Рамка опускается на дно, и на ее площади подсчитывают или собирают всех гидробионтов. При рамочном методе рекомендуется руководствоваться несколькими правилами: 1) нельзя ограничиваться подсчетом численности в одной рамке, рамка должна безвыборочно укладываться несколько раз; 2) меньшая статистическая ошибка достигается, если положить меньшую по площади рамку больше раз, чем если большую по площади рамку положить меньшее количество раз; 3) рамку желательно укладывать столько раз, чтобы суммарное количество подсчитанных гидробионтов было не меньше 60.

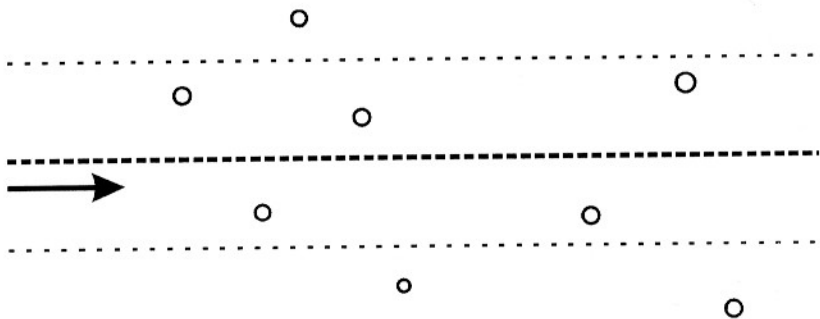
Не всегда удобно брать в погружение рамки, так как они довольно громоздки, цепляются за водоросли и т.д. Приемлемым может быть альтернативный инструмент – рейка с разметками длиной 71 см с метками 14 и 46 см. Такая рейка укладывается на дно в нужном месте, под углом 45° визуальными проводятся линии, в результате чего создаются визуальные квадраты с площадями 0,01; 0,1; и 0,5 м<sup>2</sup> (рис.14).

При определении плотности более подвижных, более крупных или более редких животных (например, морские ежи, морские звезды, голотурии, крупные двустворчатые и брюхоногие моллюски, крабы, крабоиды) используется метод учетных площадей.

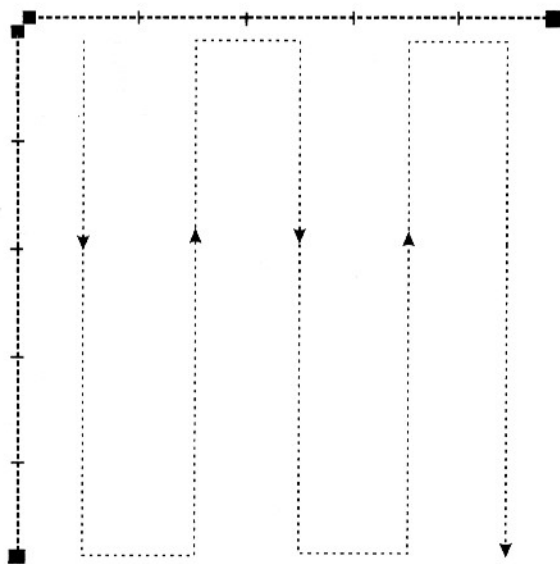
При простейшем способе на участок дна кладется фал длиной 5 метров. Водолаз движется над фалом, учитывая животных в коридоре, ширина которого ограничена полем зрения водолаза (предварительно измерив ширину поля зрения); для фиксации ширины коридора удобно использовать учетную рейку с известной длиной, расположив ее поперек фала (рис.15). При этом учетная площадь будет равна произведению длины фала на ширину коридора. Учет следует повторить несколько раз.



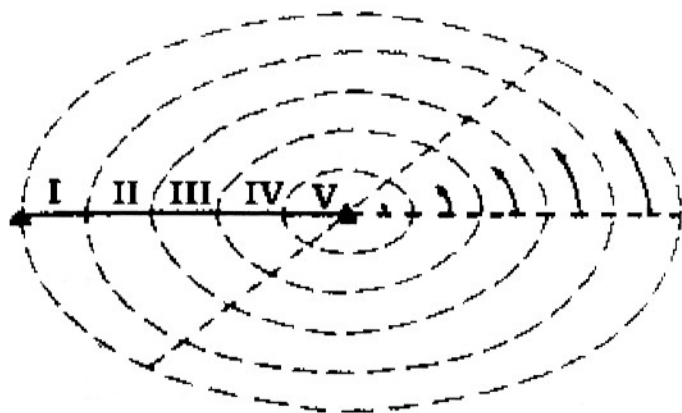
**Рис.14.** Использование рейки для учета эпифауны. Пунктиром указаны визуальные границы квадратов с площадями  $0,01$ ;  $0,1$ ; и  $0,5 \text{ м}^2$



**Рис.15.** Учет эпифауны вдоль фала. Толстой линией показан фал, тонким пунктиром показаны границы учетного коридора. Стрелка показывает направление движения. Кружками показаны гидробионты

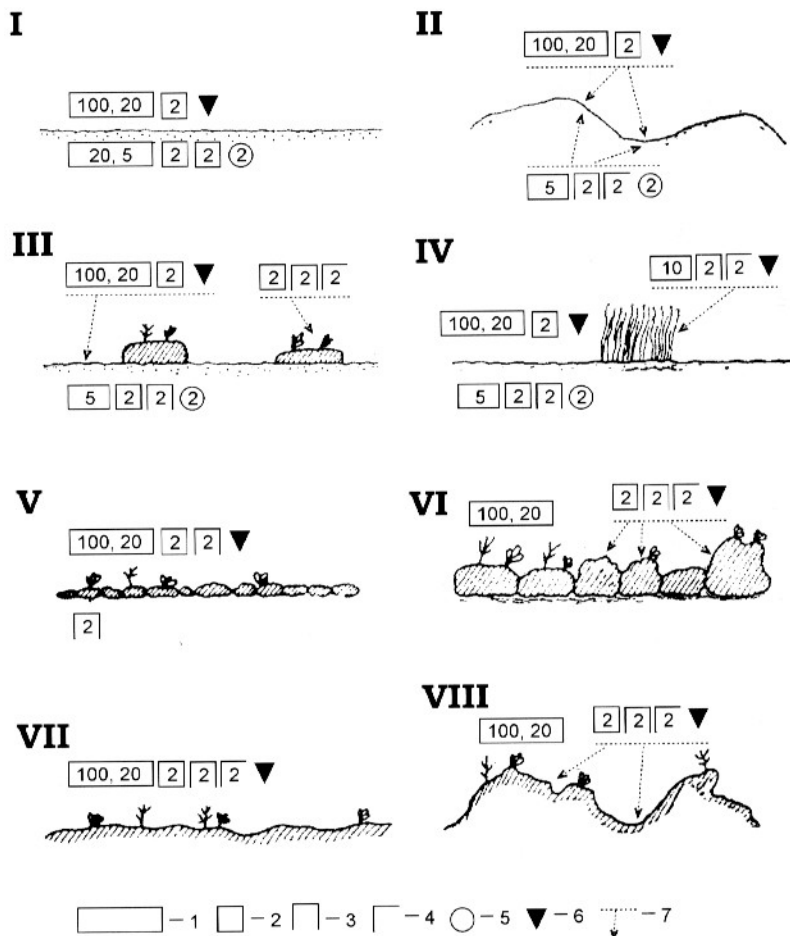


**Рис.16.** Учет эпифауны методом маршрутов. Толстыми линиями показаны два фала длиной 5 метров с разметкой по 1 м. Черными квадраты - грузики на концах фалов. Пунктирной линией показан маршрут водолаза. Стрелки указывают направление движения. Учетная площадь составляет  $25 \text{ м}^2$



**Рис.17.** Учет эпифауны по "площади круговых колец" (из Фадеева и Лукина, 1982, изменено). Римскими цифрами показаны круговые кольца шириной в 1 метр





**Рис.18.** Схемы отбора проб в некоторых типах выделов (из: Фадеев и Лукин (1982)). 1 - учетные площадки, цифры соответствуют площади в м<sup>2</sup>; 2, 3, 4 - отбор проб с площади 0,25; 0,1; и 0,01 м<sup>2</sup>; 5 - водолазный дночерпатель, цифры обозначают повторность отбора; 6 - сбор качественных проб; 7 - повторение цикла отбора проб. Характеристика типов выделов см. в тексте

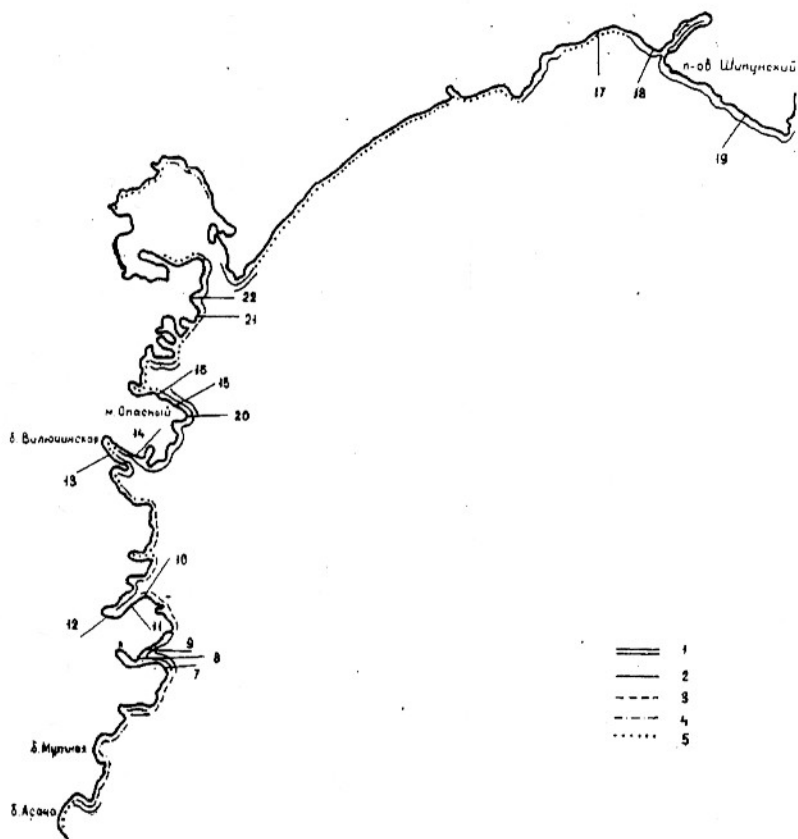
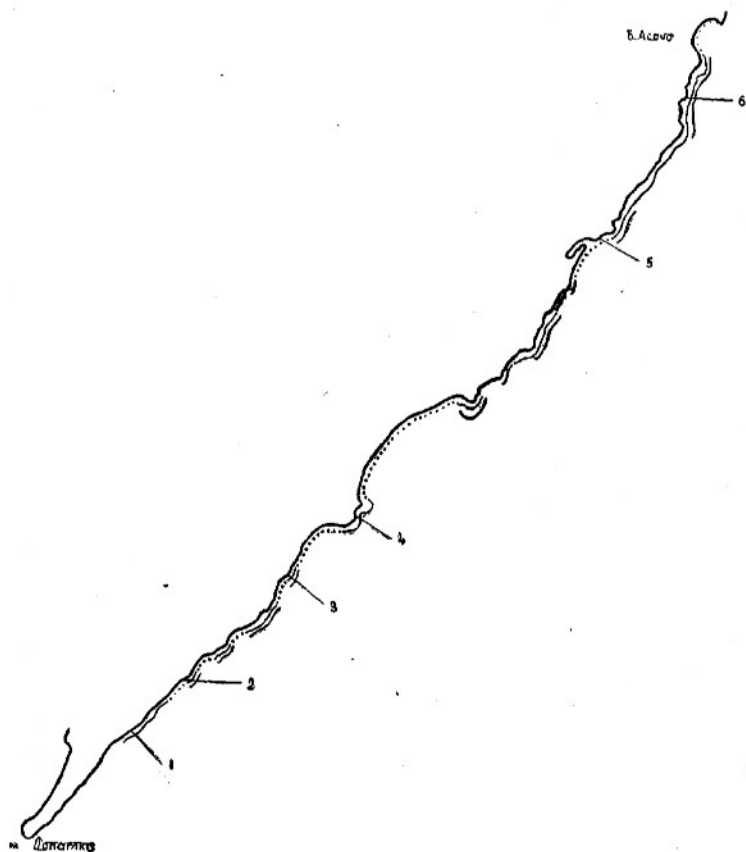
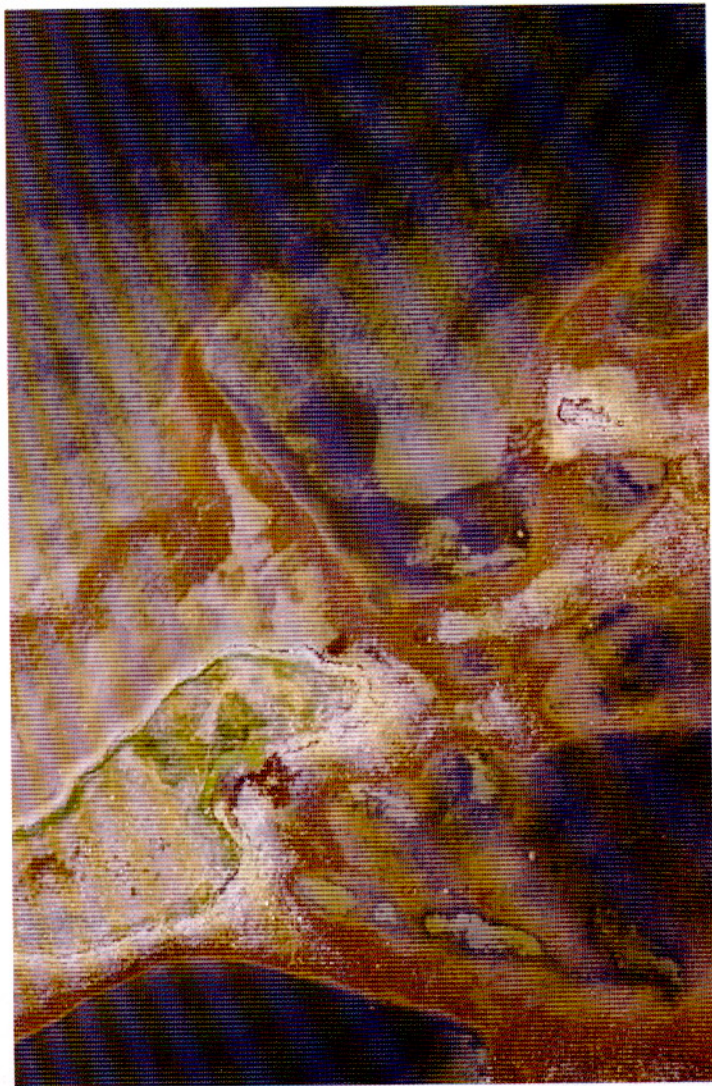


Рис.19. Карта-схема района работ от полуострова Шилунского до бухты Асача. Распределение зарослей водорослей: 1 - широкие заросли с высоким процентом проективного покрытия дна водорослями; 2 - (неширокие заросли с высоким процентом проективного покрытия дна; 3 - узкие и разреженные заросли; 4 - редкие пятна зарослей; 5 - водорослевых зарослей нет. Аэровизуальные наблюдения велись с самолета АН-2 на высоте 200-250 м (Блинова, Гусарова, 1971)

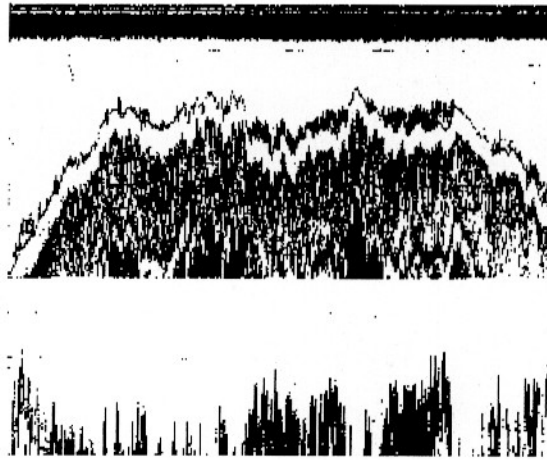


**Рис.20.** Карта-схема района работ от бухты Асача до м. Сопчного. Распределение зарослей водорослей (условные обозначения см. на рис.19)

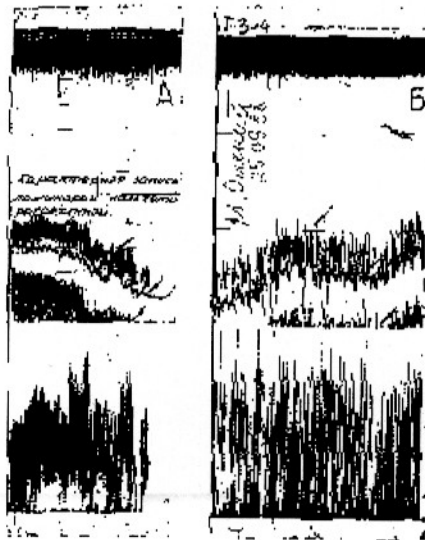


**Рис. 21.** Цветной цифровой аэрофотоснимок участка литоральной зоны в районе Соловецких островов





**Рис.22.** Эхограмма записи ламинариевых водорослей, эхолот “Шкипер-607”, диапазон 0-20 м, режим “белая линия”, диапазон расширения 2 м (Пестриков, 1992)



**Рис.23.** Эхограммы записи ламинарии пальчаторассеченной: а - о-в Новая Земля, губа Саханиха; б Мурманское побережье, о-в Малый Олений. Диапазон 0-20 м, режим “белая линия”, диапазон расширения 2 м (Пестриков, 1992)

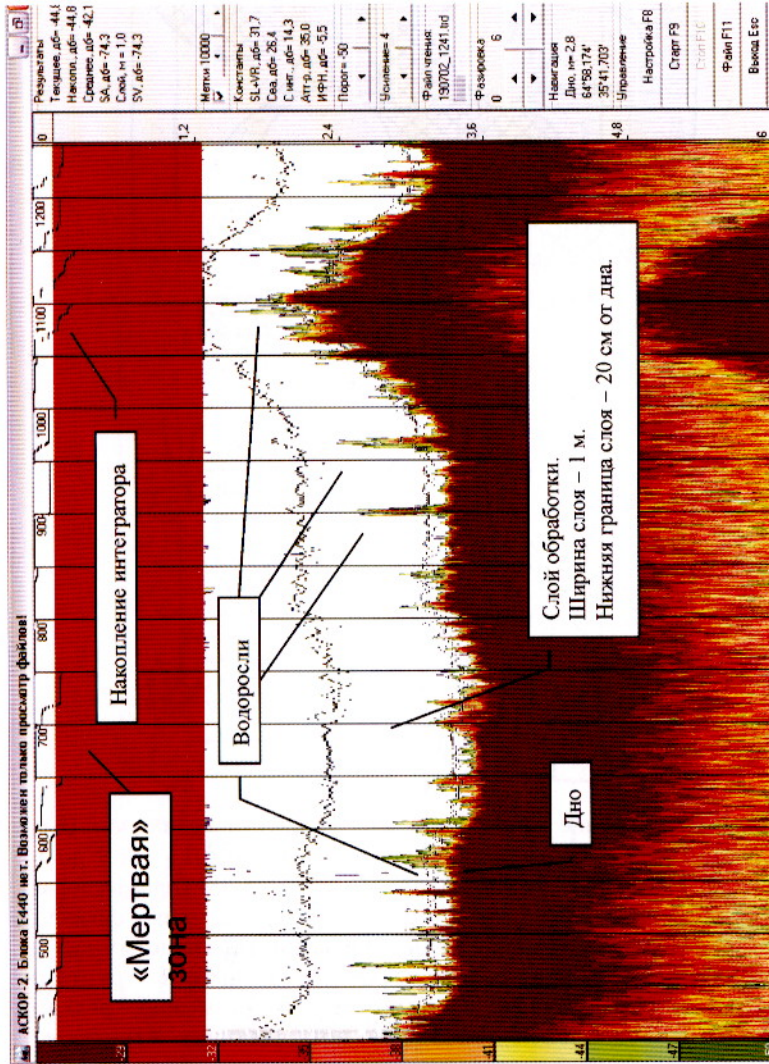
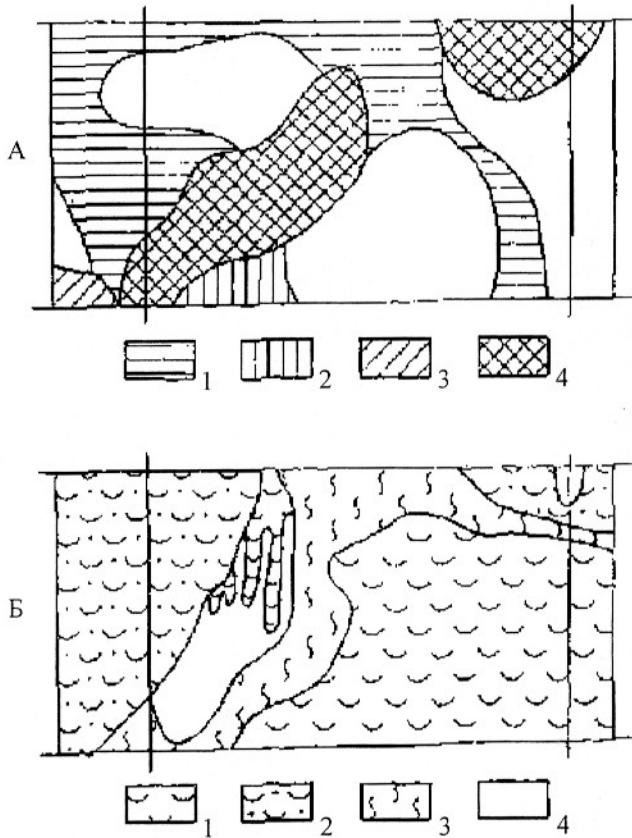
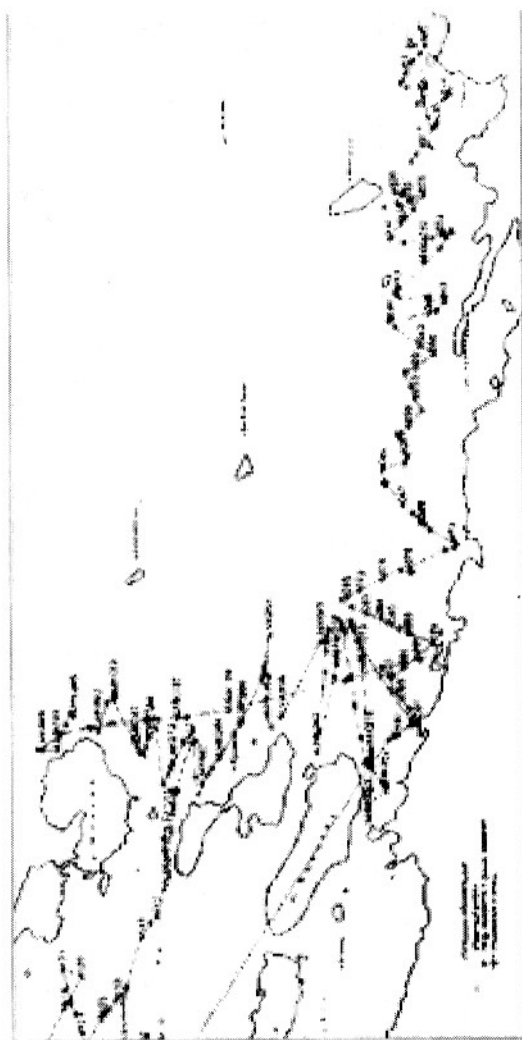


Рис. 24. Фрагмент эхограммы, полученной с использованием комплекса «Аскор-2»



**Рис.25.** Распределение филофоры (А) и акустических зон (Б) в исследуемом районе. А - биомасса водорослей ( $г/м^2$ ): 1 - от 1 до 10; 2 - от 2 до 100; 3 - от 101 до 1000; 4 - более 1000 (промысловая). Б: 1 - область наиболее сильных отражений ультразвуковых сигналов, осадки типа ракуши различных размеров и детрита без илистых частиц; 2 - область акустических отражений, связанная с грунтами, сформированными ракушей и детритом и, возможно, редкими скоплениями водорослей (точечные поглощающие структуры); 3 - область отражений, определяемая осадками типа ракуши, детрита и содержанием песка до 40 % (значительное количество точечных поглощающих звук структур вызвано, вероятно, большим количеством скоплений филофоры); 4 - область практически полного поглощения сигналов, расположенная на звукоотражающих грунтах и связываемая с максимальными концентрациями водорослей (Корхов, Кирилук, 1992)



**Рис 26.** Схема эхолотных разрезов и водолазных станций в губе Ковля (данные СевПИРО, 2002)

Схема учета методом маршрутов показана на рис.16.

В мутной воде удобно применять метод «круговых колец». Для этого один конец фала закрепляют (например, приваливают камнем). Затем начинают описывать круги, учитывая гидробионтов, при этом на начальной точке движения ставят метку (например, кладут какой-либо предмет из оборудования). После полного прохождения круга, длину свободного конца фала уменьшают на 1 метр. Цикл повторяют, и т.д. (рис.17). Площадь круга при использовании 5-метрового фала равна  $78,5 \text{ м}^2$ . Если в качестве радиуса круга использовать метки на фале 126 см или 178 см, то площадь круга составит  $5 \text{ м}^2$  или  $10 \text{ м}^2$  соответственно.

**При агрегированном распределении**, гидробионты располагаются скоплениями, при этом вне скоплений также они могут встречаться с так называемой «фоновой» плотностью. Поэтому необходимо учитывать также и степень агрегированности особей, то есть долю площади дна, которую занимают агрегации на данной фации:

$$k_a = \frac{S_a}{S},$$

где  $k_a$  – коэффициент агрегированности;  $S$  – площадь всей фации;  $S_a$  – площадь фации, занятая агрегациями особей данного вида (площадь агрегаций).

Коэффициент агрегированности можно рассчитать методом линейного пересечения по формуле, аналогичной формуле (1). Площадь с «фоновой» плотностью будет соответственно равна:

$$S_b = S(1 - k_a),$$

где  $S_b$  – площадь «фона».



Необходимо проводить учет плотности как в агрегациях, так и на «фоновой» площади.

В этом случае средняя плотность распределения гидробионта на данной фации будет равна:

$$P = \frac{S_a P_a + S_b P_b}{S}$$

где  $P_a$  – плотность в агрегациях,  $P_b$  – «фоновая» плотность.

При этом

$$S = S_a + S_b$$

## ОТБОР ПРОБ

Отбор проб производится параллельно с визуальным учетом для последующего проведения биологического анализа в лабораторных условиях, а также для определения плотности мелких, мало заметных видов, или видов, образующих поселения с высокой плотностью.

Фадеев и Лукин (1982) предлагают типовые схемы планирования отбора проб (рис.18).

Схема I иллюстрирует однородный рельеф, характерный для участков дна, занятых мелкой галькой, гравием, ракушей, песком или илом. В схеме отбора могут быть изменения. Например, при отсутствии крупной эпифауны, нет необходимости делать учетные площадки 100 и 20 м<sup>2</sup>. Учет крупных форм инфауны осуществляют перекопкой по следам жизнедеятельности в пределах учетной полосы 20 м<sup>2</sup>. Полную перекопку грунта проводят на учетной полосе 5 м<sup>2</sup>.

Схема II описывает отбор проб на песчаных и мелкогравийных грунтах с волнистым рельефом (так называемые «песчаные волны»). Сбор эпифауны и инфауны производят как на гребнях, так и на поверхности ложбин.

Выдел на схеме III характеризуется мозаичным расположением грунтов – крупная галька, валуны на мелкозер-

нистом грунте, линзы песка на скальной платформе и т.д. По сути дела, такой выдел включает в себя несколько разных фаций. Поэтому при работе необходимо учитывать площади, занимаемые каждой фацией, и исследовать каждую фацию.

На схеме **IV** приведен случай, когда на однородный выдел **I** накладывается мозаика морских трав. Помимо проб грунта, необходимо собирать водоросли (с ризоидами) для последующего сбора с них животных.

Схема **V** описывает выдел с ровным рельефом на крупногравийных, галечных и мелковалунных грунтах, на которых не удастся использовать водолазный дночерпатель. Для учета фауны, обитающей на внутренней и боковых сторонах гальки или мелких валунов, отбирают субстрат с площади  $0,1 \text{ м}^2$ . На мелковалунных грунтах, валуны необходимо переворачивать.

Выдел на схеме **VI** характеризует валунные грунты с рельефом различной степени расчлененности, но не охватывает зоны валунных и валунно-глыбовых россыпей. При ровном рельефе, когда валуны плотно прилегают друг к другу, пробы отбирают с их горизонтальной поверхности, при расчлененном рельефе – также с вертикальных и внутренних поверхностей, которые будут доступны.

На схеме **VII** рассмотрен однородный выдел на скальной платформе с ровным рельефом.

На схеме **VIII** представлен выдел на скальной платформе с сильно расчлененным рельефом (гребни и углубления, эрозионные котлы). Схема отбора проб аналогична таковой на выделе **VI**.

Предложенные схемы не охватывают всех возможных случаев, однако помогут найти подход к исследованию выделов с другими характеристиками.

При отборе проб поиск животных проводится на поверхности грунта, под камнями, в ризоидах и на слоевищах водорослей, а также в толще грунта (верхние 10 - 15 см).

Для поиска животных под камнями, следует переворачивать камни.

Крупных животных собирают в питомзы. Небольших животных лучше собирать в небольшие мешки, сшитые из газа или в полиэтиленовые пакеты, которые затем нужно обязательно завязать. Гальку, ракушу, слоевища водорослей с ризоидами следует собирать в мешки, сшитые из газа или в полиэтиленовые мешки для сбора с них мелких животных в лабораторных условиях. Каждая проба должна собираться в отдельный мешок и снабжаться какой-либо меткой, чтобы затем при разборе было ясно ее происхождение.

Для отделения корковых известковых водорослей и прикрепленной эпифауны используют водолазный нож, стамеску с широким лезвием или металлический совок для раскапывания грунта.

Сбор животных, обитающих на водорослях, лучше всего производить, сначала помещая выбранный участок водорослевых зарослей в полиэтиленовый или тонкосетчатый мешок с размером ячеек 1 - 2 мм, накрывая им водоросли сверху, и только затем отделять водоросли от грунта, что не допустить осыпания и разбегания обитающих на водорослях гидробионтов. Сбор гидробионтов с водорослей затем проводится на поверхности. При этом удобно постелить на пол полиэтиленовый мешок и энергично потрясти собранные водоросли над ним. Как правило, основная часть гидробионтов осыпается. Предварительно, можно ненадолго поместить мешок с собранными водорослями в пресную воду для лучшего открепления гидробионтов. Таким способом хорошо собираются мелкие креветки, недавно осевшая молодь некоторых ракообразных (например, камчатского краба).

Креветок под водой можно собирать также с помощью сачка, однако такой способ дает скорее качественные, чем количественные результаты.

Поиск животных в толще грунта при водолазной съемке представляет большую проблему. Во-первых, некоторые животные закапываются довольно глубоко, и извлечь очень нелегко. Во-вторых, использование водолазом копающих орудий не всегда приводит к нужному результату, так как грунт при переносе в мешок размывается, и, кроме того, сильно взмучивается вода, особенно на илистых грунтах. Хорошие результаты дает водолазный дночерпатель. При работе дночерпателем, необходимо погружать его в глубину грунта не менее чем на 15-20 см.

Под водой необходимо вести записи о месте, глубине и поясе, где была взята каждая проба.

Отбор проб на глубинах более 30 метров часто бывает малоэффективным из-за очень ограниченного времени пребывания на этих глубинах и плохой освещенности. Поэтому, по возможности, отбор проб на этих глубинах лучше вести судовыми дночерпателями или драгами.

Помимо глубины станций, желательно фиксировать придонную температуру, например, из показаний водолазных компьютеров.

После поднятия на поверхность, необходимо сразу же составить описания станций и проб. Водолаз сборщик заполняет **экспедиционный журнал**, где указывается: дата сбора материала; номер разреза; описание берега; степень прибойности; ориентировка береговой линии относительно сторон света; номер станции (сквозная нумерация); время начала и окончания погружения (для вычисления поправки к глубине по таблицам приливов); координаты разреза и станций; расстояние от берега; придонная температура станции; глубина станции; грунт на станции; рельеф дна; доля площади, занимаемой фацией в биоценоотическом поясе, на которой была сделана станция; фито- и зооценоз на станции; пробы (номера с указанием орудий и площади сбора, место отбора).

Необходимо также записывать данные о температуре воздуха, состоянии погоды, фазе приливно-отливного движения.

Если, после проведения ландшафтного картирования, были выявлены обширные участки дна с однородным гладким рельефом и небольшим уклоном дна (например, ровное галечное, песчаное или илистое дно), на таких участках можно использовать судовые орудия дистанционного лова: тралы, снюрреводы, драги, ловушки, дночерпатели и т.д.

Для большей достоверности результатов, отбор проб или подсчет плотности гидробионтов на каждой станции необходимо проводить несколько раз и, желательно, в разные приливно-отливные фазы или в разное время суток.

При проведении многолетнего мониторинга, гидробиологическую съемку необходимо проводить в одинаковые гидрологические сезоны, чтобы исключить влияние сезонных изменений биоты при сравнении данных разных лет.

## РАЗБОР ПРОБ И ПРОВЕДЕНИЕ БИОАНАЛИЗА

Собранные пробы поднимаются на поверхность. Пробы грунта размываются и просеиваются через сита. Гидробионты сортируются по видам. При этом подсчитывается численность экземпляров каждого вида во всех пробах.

Если есть необходимость сохранить собранных животных, их раскладывают по баночкам с герметичными крышками и фиксируют 4% раствором формалина в морской воде или 70% раствором спирта в морской воде. Каждая баночка должна быть снабжена этикеткой, на которой пишут: название животного и его систематическая группа; дата и район сбора; номер разреза; координаты разреза; номер станции; глубина станции; тип грунта; число экземпляров в пробе; их масса в граммах; примечания. Более под-



робно об обработке собранного материала см.: Жадин (1969).

Биологический анализ включает в себя взвешивание, измерение животных, а также определение их физиологического состояния в соответствии со стандартной методикой для каждого промыслового вида. Подробнее о биологическом анализе см.: Родин и др. (1979); Левин (1994).

## **МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ВЗВЕШИВАНИЕ**

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

При небольшом количестве организмов в пробе последнюю анализируют полностью; если это невозможно, берется выборка. Рекомендуется анализировать не менее 60 экземпляров одного вида из одной пробы. Измерения проводят линейкой или штангенциркулем.

Для разных групп промысловых беспозвоночных выработана собственная система измерений. Ниже перечислены основные морфометрические показатели:

**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 середины заднего края карапакса. Подробно морфометрическое изучение креветок описано у Иванова (2004).

**Крабы, крабоиды:** длина и ширина карапакса; длина и ширина меруса (самого длинного членика) третьей пары.

ходильных ног; длина, высота и ширина правой клешни у самцов (подробнее см. у Родина и др. (1979)).

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

**Головоногие моллюски.** 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).

Взвешивание большинства организмов производят индивидуально. У мелких животных (например, креветки, очень мелкие мидии) 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).

## Пол

Большинство промысловых беспозвоночных раздельнополы, в некоторых группах (например, у некоторых креветок) 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.

**Креветки.** У видов 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 самцов и ранних переходных особей высокие и острые, уменьшаются у переходных особей, позже редуцируются до тупых выступов у самок, и могут полностью исчезать у самок перед откладкой яиц. У креветок, не меняющих пол, стернальные шипы у самок имеются только до брачной линьки. Подробнее см. у Иванова (2004).

**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 оп-

ределение 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. 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.

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.

## **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.

Для **крабов** выработано следующее подразделение стадий зрелости по внешним признакам:

- 1 стадия – БИ (без икры). Брюшко самки плоское. На брюшных ножках отсутствует икра.
- 2 стадия – ИР (икра развита). Брюшко самки выпуклое. На брюшных ножках прикреплена икра оранжевого (крабы-стригуны, волосатый) или фиолетового (крабы камчатский, синий, колючий) цвета. Панцирь чистый.
- 3 стадия – ИГ (икра с «глазками»). 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 – ЛВ (личинки выпущены). На брюшных ножках самки заметны пустые оболочки от икринок, из которых вышли личинки. Панцирь темный.
- 5 стадия – ЯЛ (яловая). Брюшко самок выпуклое, но икра отсутствует; самки крупные, на брюшных ножках длинные волоски. Яловые самки, не принимавшие участие в размножении в текущий сезон.

Подробнее о стадиях развития икры у ракообразных см. у Родина и др. (1979).

У **морских ежей** изучается гонадо-соматический индекс (ГСИ) – отношение веса гонад к весу всего тела (%). Для этого ежи сначала взвешиваются, затем панцирь вскрывается, отделяются гонады, которые взвешиваются отдельно. Необходимо также отмечать, если гонады морских ежей «текут», то есть приближается время нереста.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИНОЧНЫХ СТАДИЙ РАКООБРАЗНЫХ**

Стадии линочного цикла у **креветок** определяют двумя стадиями:



- 1) панцирь мягкий;
- 2) панцирь твердый (нормальный).

Стадии линочного цикла у **крабов и крабидов** определяют в соответствии со следующей шкалой:

- 1 стадия – только перелинявший краб, тело и ноги мягкие, панцирь еще не начал затвердевать;
- 2 стадия – не окрепший панцирь, легко продавливается при нажиме, наполнение ног мясом слабое, базиподиты белого цвета, без царапин, из обрастаний могут быть только недавно отложенные кладки пиявок;
- 3 стадия – панцирь твердый, полностью окрепший. Данную стадию подразделяли на три категории.
  - 3.0 (третья ранняя) – базиподиты белого или серого цвета, без царапин или с немногочисленными слабыми царапинами, обрастания отсутствуют или имеются в незначительном числе, наполнение ног не превышает 60-70%;
  - 3.1 (третья средняя) – базиподиты желтого или светло-коричневого цвета, на них и на нижней поверхности мерусов обычно заметны царапины, могут присутствовать обрастания, более обильные, чем у предыдущей группы, наполнение ног более 60% (обычно более 80%);
  - 3.2 (третья поздняя) – базиподиты коричневого, темно-коричневого цвета, обычно исчерчены царапинами, как правило, имеются обрастания (взрослые балянусы, мшанки, гидроиды), наполнение ног обычно более 70%;
- 4 стадия – панцирь старый, базиподиты темно-коричневого или почти черного цвета, как правило, сильно исчерчены царапинами, обрастаний может быть много. Эта стадия может быть как предлиночной и тогда наблюдается утончение старого панциря и образование под ним нового, так и предсмертной (у старых крабов, которые больше линять не будут).



Для каждого вида составляется отдельная таблица с результатами биологического анализа особей, собранных на каждой станции (табл.4).

Выделение руководящих форм в зооценозе можно сделать с помощью показателя  $\sqrt{AB}$  (Денисов, 1972), где  $A$  – средняя плотность распределения вида в зооценозе;  $B$  – средняя плотность биомассы вида в зооценозе. При этом руководящими формами зооценоза следует считать те несколько видов, для которых показатели  $\sqrt{AB}$  будут наибольшими.

**Таблица 4.** Пример таблицы с результатами биоанализа особей одного вида (для крабов и крабидов)

№ разреза	№ станции	Пол	Ширина карапакса, мм	Длина правой клешни, мм	Ширина правой клешни, мм	Высота правой клешни, мм	Вес, гр.	Стадии линьки	Стадии развития икры
-----------	-----------	-----	----------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	----------	---------------	----------------------

## ОЦЕНКА ЗАПАСОВ

### МЕТОД ТРАНСЕКТА

Оценку запаса (суммарной биомассы) гидробионтов сублиторали рекомендуется проводить методом площадей – наиболее простым и легко применимым методом оценки запасов донных гидробионтов. При этом запас рассчитывается как произведение средней численности (биомассы) и площади, на которой данный вид был обнаружен.

Необходимо определить длину участка побережья, для которого предполагается, что характер биоценозов и ширина их поясов, а также плотность гидробионтов сходны с таковыми на разрезе. Для этого нужно вычислить средне-

взвешенную плотность гидробионта в каждом биоценоотическом поясе. Это можно сделать по формуле:

$$P = \frac{\sum P_i S_i}{\sum S_i}$$

где  $P$  – средняя плотность гидробионта в биоценоотическом поясе;  $P_i$  – средняя плотность гидробионта в каждой выделенной фации данного биоценоотического пояса;  $S_i$  – доля площади, занимаемой каждой фацией в данном биоценоотическом поясе.

Зная длину участка, ширину пояса биоценоза, а также плотность конкретного вида в этом поясе, можно рассчитать запас конкретного вида на данном участке побережья по формуле:

$$Y = \sum L_i W_i P_i$$

где  $Y$  – запас, экз.;  $L_i$  – длина участка побережья, м;  $W_i$  – ширина биоценоотического пояса, м;  $P_i$  – средняя плотность промысловых экземпляров в биоценозе, экз/м<sup>2</sup>.

Зная средний вес особей, получаем запас в килограммах.

Существует компьютерная программа “Картмастер”, разработанная во ВНИРО, которая производит расчет запасов гидробионтов в сублиторальной зоне на основе данных трансектной съемки с применением математического метода сплайн-аппроксимации.

## МЕТОД РАНДОМИЗИРОВАННОЙ СЪЕМКИ

Простейший способ оценки запасов такой съемки – это вычисление произведения средней плотности на общую площадь дна сублиторальной зоны.

Более сложный метод аналогичен методу площадей, описанному выше. При этом выделяется несколько диапазонов глубин и определяется их площадь. Далее, рассчитывается средняя плотность гидробионтов со станций, оказавшихся в каждом диапазоне глубин.

Существуют несколько компьютерных программ, используемых в региональных НИИ для расчета запасов гидробионтов на основе рандомизированных съемок: «КартМастер 1.1» (ВНИРО), «МАРА» (МагаданНИРО), «MIRSOR-II» (ТИНРО-центр). Подробнее об этих программах и сравнение их недостатков и достоинств см. у Иванова (2004).

### Раздел 3

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ

**Блинова Е.И., Пронина О.А., Штрик В.А.**

### ВВЕДЕНИЕ

Прибрежные участки моря, включая литораль и суб-литораль, являются зоной обитания растительности – фитобентоса, прежде всего многочисленных видов морских водорослей-макрофитов, относящихся преимущественно к трем типам водорослей: бурые (Phaeophyta), красные (Rhodophyta) и зеленые (Chlorophyta), а также высшим цветковым растениям – морские травы.

Многочисленные «луга» и «леса» в прибрежных водах морей являются основой биологической продуктивности прибрежных вод, источником питания и укрытием для многочисленных видов беспозвоночных и рыб. С другой стороны, сами водоросли и морские травы – это ценный продукт и сырье. Многие из них употребляются в пищу, служат сырьем для получения лекарственных препаратов, БАВ и БАД, а также для получения таких ценных, а в ряде случаев незаменимых веществ, как альгиновая кислота и ее соли – альгинаты, маннит, фукоидан, агар, каррагинан, зостерин и ряд других веществ. Водоросли могут использоваться как кормовая добавка и удобрение.

Интерес к добыче, культивированию и использованию морских водорослей с каждым годом возрастает. В Мире в настоящее время собирают 11,35 млн. т водорослей, из них 10,13 млн. т выращивают преимущественно в море на плантациях, в том числе 7,86 млн. т. в Китае, а



1,22 млн. т. добывают из естественных зарослей. Мировая добыча из естественных зарослей: 669 тыс. т бурых, 270 тыс. т красных и 61 тыс. т зеленых водорослей. Стоимость выращенных водорослей достигает 5,6 млрд. долларов США (Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла за 1998 - 2000 г. Материалы ФАО – FAO, Fishery statistics, 2002, Мировое производство аквакультуры в 1998-2000 гг. Материалы ФАО – FAO, Fishery statistics, 2000). Наиболее ценными видами морских водорослей в нашей стране являются, прежде всего, бурые ламинариевые водоросли, относящиеся к большому количеству родов и видов. Наибольшее количество родов и видов ламинариевых характерно для дальневосточных морей. Основными из них промысловыми или потенциально промысловыми являются ламинария (*Laminaria*) – 9 видов, алария (*Alaria*) – 4 вида, артротамнус (*Arthrothamnus*) – 2 вида, челльманиелла (*Kjellmaniella*) – 2 вида, костария ребристая (*Costaria costata*), циматера (*Cymathera*) – 3 вида, лессония ламинаревидная (*Lessonia laminarioides*) и др. В северных морях России (Баренцево, Белое) к промысловым относятся 3 вида ламинариевых водорослей: ламинария сахаристая (*Laminaria saccharina*), ламинария пальчаторассеченная (*Laminaria digitata*), алария съедобная (*Alaria esculenta*).

Другой важной группой промысловых бурых водорослей в морях России являются фукусовые. Основными родами этого порядка являются: фукус (*Fucus*) – 4 вида, аскофиллум узловатый (*Ascophyllum nodosum*), саргассы, прежде всего саргассум бледный (*Sargassum pallidum*) и цистозира (*Cystoseira*) – 3 вида.

Умеренные boreальные воды морей России являются наиболее благоприятными для формирования значительных запасов бурых ламинариевых и фукусовых водорослей. Запасы промысловых бурых водорослей в морях России достигают нескольких миллионов тонн.

Значительный интерес представляют и красные водоросли, прежде всего как сырье для получения агара и каррагинана. В нашей стране основным сырьем для выработки агара является непрекрепленная красная водоросль анфельция тобучинская (*Ahnfeltia tobuchiensis*), обитающая в дальневосточных морях и образующая ряд пластов в заливе Петра Великого, заливе Измены (Курильские острова) и лагуне Буссе (остров Сахалин). Общие запасы этого вида анфельции составляют 220–250 тыс. т. Небольшие промысловые запасы образуют анфельция складчатая (*Ahnfeltia plicata*) (около 6 тыс. т.) в Белом море и хондрус шиповатый (*Chondrus armatus*) (запас 16–18 тыс. т) в зал. Измены на Курильских островах.

Из морских трав представляют интерес прежде всего несколько видов zostеры (*Zostera marina*, *Z. asiatica* и другие) и филлоспадикс (*Phyllospadix iwatensis*). Запасы морских трав изучены только для отдельных районов.

Запасы водорослей в морях России определены с различной степенью достоверности или не определены совсем. В настоящее время не существует единой методики определения запасов морских макрофитов. С другой стороны, различные группы морских водорослей-макрофитов, обитающих прикрепленно к твердым грунтам на литорали и в sublиторали на небольших глубинах и более глубоководные, а также пластообразующие водоросли, имеют свою специфику и свои методы определения запасов.

Фитоценозы, видовой состав всех макрофитов и промысловых водорослей, их распределение, биомасса, запасы зависят от ряда факторов: географического положения моря, температуры воды и воздуха, солености воды, строения грунтов, уклона дна, степени прибойности, высоты приливов, течений и некоторых других.

Видовой состав водорослей и биомасса в каждом отдельном регионе зависят, прежде всего, от характера грунта и степени прибойности.

## ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### *1. Предварительный*

1. Анализ всех архивных материалов и литературных источников
2. Разработка методических подходов для проведения полевых работ
3. Подготовка необходимого оборудования для проведения НИР

### *2. Экспедиционный*

4. Визуальный осмотр с моторной шлюпки или через бентовизор
5. Аэрометоды: предварительная аэрофото-съёмка аэровизуальные наблюдения, аэрофотосъёмка, видеосъёмка
6. Гидроакустическое обследование
7. Подводная телесъёмка
8. Водолазное обследование
9. Первичная обработка данных в экспедиционных условиях

### *3. Аналитический*

1. Работа с базами данных
2. Использование ГИС (геоинформационных систем)
3. Подготовка промысловых планшетов
4. Оценка запаса и ОДУ

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**

Степень изученности морских водорослей-макрофитов, в том числе и промысловых в разных морях и регионах сильно различается. До настоящего времени есть регионы, которые практически являются «белыми пятнами», где проводились случайные единичных сборы водо-

рослей. В других районах ведутся достаточно регулярные наблюдения за промысловыми водорослями, в том числе и за их запасами и даются рекомендации по общим допустимым уловам (ОДУ). Прежде чем приступать к изучению водорослей в полевых условиях, необходимо собрать и проанализировать все имеющиеся опубликованные и архивные материалы по морским макрофитам, изучить океанологические, гидрологические, гидрохимические, экологические особенности района работ. Наметить, исходя из этих данных, стратегию полевых работ.

Основным при изучении промысловых водорослей всегда являлся метод подводных исследований на разрезах и станциях с использованием легководолазного снаряжения. В ходе предварительного анализа обращается внимание на основные промысловые характеристики зарослей, распределение наиболее значимых скоплений, на биологические особенности промысловых и сопутствующих им видов. Для экспедиционных работ готовятся рабочие картосхемы. Составляются рабочие программы по обследованию намеченных участков с подробными указаниями по правилам сбора биологического материала (для более детального обследования выделяются участки, наиболее подверженные изменениям или ранее необследованные, определяется объем необходимого количества проб на биоанализ и др.). Подбирается необходимое снаряжение и оборудование для выполнения работ: используемые приборы обязательно должны пройти метрологическую поверку.

## **ЭКСПЕДИЦИОННЫЙ ЭТАП**

Этот этап является основным. Чаще все исследования выполняются с судна при обязательном использовании маломерных плавсредств. Применение различных методов, описанных ниже, определяется возможностями (материальными, организационными) исследователей.

## **ОСМОТР ЗАРОСЛЕЙ С МОТОРНОЙ ШЛЮПКИ, КАТЕРА В ОТЛИВ**

В районах с хорошей прозрачностью воды, при слабом прибое, где основные промысловые заросли идут до глубины 12 - 15 м, следует осмотреть место работы с моторной шлюпки. Делать это следует в отлив, что позволит наблюдать заросли на большую глубину, а также в середине дня, когда солнце стоит высоко над горизонтом и хорошо освещает морское дно. Шлюпка не должна идти навстречу солнцу. Наблюдатель стоит на носу медленно идущей шлюпки и на бланковке крупномасштабной морской карты отмечает визуальную определенную ширину зарослей и ПП дна водорослями. При небольшой ширине зарослей лодка идет вдоль берега, и наблюдатель должен видеть заросли на всю ширину. При наличии широких зарослей, лодка должна двигаться галсами от верхней до нижней границы зарослей. Результаты наблюдения используются для планирования стратегии подводных работ, а в дальнейшем и при расчете запасов. Получить данные о характере растительности, видовом составе доминирующих видов, смене видов и поясов водорослей, ширине каждого пояса, п.п. дна водорослями перед началом подводных погружений и работ на разрезах и станциях помогает просмотр всего разреза с лодки через водоглаз-бентовизор. В морях с хорошей прозрачностью воды, а также в зависимости от освещенности и цвета грунта, можно получить выше перечисленные показатели до глубины 10 - 15 м. Этот метод следует применять в большинстве районов при изучении зарослей ламинариевых и сублиторальных фукусовых водорослей, а также морских трав.

## АЭРОМЕТОДЫ

### *Предварительная аэрофотосъемка и аэровизуальные наблюдения*

Получить более достоверные данные о нахождении зарослей водорослей, их ширине, п.п. дна водорослями, а в дальнейшем более правильно рассчитать площади, занятые зарослями и запасы промысловых водорослей, помогает аэрофотосъемка и аэровизуальные наблюдения, в том числе сопровождающиеся видеосъемкой.

Более дешевым, быстрым, менее трудоемким, по сравнению с аэрофотосъемкой, и достаточно результативным является метод аэровизуальных наблюдений. К сожалению, этот метод еще мало применялся при изучении распределения и запасов промысловых водорослей. В частности подобного рода работа была выполнена у тихоокеанского побережья Камчатки, что дало возможность получить данные о наличии или отсутствии зарослей водорослей в прибрежных водах, о ширине пояса водорослей и п.п. ими дна (Блинова, Гусарова, 1971). На рисунках. 19, 20 имеются данные о наличии или отсутствии зарослей водорослей и их характере: широкие, узкие, сплошные или разреженные. Приведенные сведения являются результатом аэровизуальных наблюдений за 5 - 7 часов летного времени. Особенно важны методы аэровизуальных наблюдений в районах с постоянным сильным прибоем (степень прибойности 0, I, II), т.к. здесь невозможно или очень сложно применять другие методы, предшествующие подводным работам.

Аэровизуальные наблюдения с одновременной видеосъемкой являются важным этапом, элементом исследования промысловых зарослей водорослей, особенно в неизученных или малоизученных районах. Для этих целей пригодны маленькие и наиболее дешевые в эксплуатации самолеты и вертолеты, в частности самолет АН-2. Облеты



производятся на небольшой высоте 200 - 250 м над уровнем моря, при слабом ветре, в не слишком солнечную погоду в период максимального солнцестояния. В большинстве морей с достаточно хорошей прозрачностью воды, заросли водорослей, прежде всего ламинариевых, хорошо просматриваются в виде темных пятен на фоне более светлого дна, лишенного водорослей. Во время облета на крупномасштабной карте-планшете с нанесенными изобатами на каждом участке отмечаются: наличие или отсутствие зарослей водорослей, их ширина, п.п. дна водорослями и выделяются участки сходные по этим показателям. Одновременно желательно вести видеосъемку, давая комментарий с указанием района наблюдения и характера зарослей. Над районами наибольшей концентрации промысловых водорослей желательно провести повторный контрольный облет и еще раз уточнить величину п.п. и ширину зарослей.

За 5 - 6 часов полета можно обследовать береговую линию протяженностью 300 - 400 км. В случаях наличия прибрежий со сложной геоморфологической структурой и большим количеством островов и шхер существенным недостатком метода являются сложности, связанные с точной привязкой наблюдаемых участков к береговой линии для дальнейшего их картирования.

### ***Аэрофотосъемка***

Является одним из самых перспективных методов для оценки распределения водорослей, т.к. позволяет за короткое время зафиксировать на фотопленке или магнитном носителе огромный объем информации о специфике расположения фитоценозов в различных районах.

В настоящее время основные проблемы связаны с определением площадей зарослей, от чего напрямую зависит точность определения запаса. Литературные данные подтверждают использование методов космической съемки и аэрофотосъемки для решения различных задач, в том чис-

ле и изучения прибрежных экосистем, и, в частности, водорослевого покрова. Материалы космической съемки, использующиеся сейчас в научных и коммерческих интересах, имеют один существенный недостаток – сравнительно малое разрешение. А изображения со сверхвысоким разрешением в 7 - 10 см, получаемые военными спутниками, недоступны. Материалы космических съемок чаще используются для изучения прибрежной суши и при исследованиях в мелких и средних масштабах. При изучении водорослевого покрова и при крупномасштабных исследованиях используются, прежде всего, материалы аэрофотосъемки. При этом следует отметить, что речь идет пока только о картировании водорослевых полей, а именно: об определении границ отдельных зарослей, видовом составе (выделении литоральных и сублиторальных видов), проективном покрытии (плотности покрытия), и на этой основе расчета площадей, занятых водорослями. Перспективной задачей можно считать определение биомассы (как общей, так и удельной) на исследуемом участке и автоматическое вычисление запасов водорослей.

Экспериментальные исследования по применению аэрофотосъемки для картирования литоральных, прежде всего фукусовых водорослей, проводятся с 2000 года на Белом и Баренцевом морях. На Белом море расположение зарослей на литорали определяется, как и по сублиторальным видам, с помощью GPS-приемников. При картировании зарослей также применяются электронные база данных и карты. Однако, при использовании аэрофотосъемки есть свои проблемы: сложности в точной фиксации точками границ зарослей при выполнении большого количества фотоснимков, огромные акватории обследования (т.к. фукоиды встречаются практически на всех участках), определенный субъективизм при нанесении границ зарослей, невозможность точного фиксирования границ зарослей нижней литорали и сублиторали.

Впервые в Белом море аэрофотосъемка прибрежной зоны была выполнена в 80-е годы лабораторией дистанционных исследований ПИНРО совместно с лабораторией морских водорослей СевПИНРО. Но, полученные результаты из-за несовершенства применяемой тогда аппаратуры и определенных физико-химических свойств морской воды (низкая прозрачность) не принесли желаемого результата. За последние годы произошли существенные позитивные изменения в использовании методов авиасъёмок при изучении морских биоресурсов, и, в первую очередь, за счёт комплексного использования активных и пассивных систем авиазондирования, работающих в оптическом и инфракрасном (ИК) диапазоне электромагнитных длин волн (так называемая мультиспектральность). Сюда следует отнести лидарные, цифровые фото- и видеосистемы, ИК-сканеры. Кроме этого, в настоящее время появились уникальные возможности новых компьютерных технологий обработки и представления данных, в том числе и с помощью ГИС-методов, что позволяет получить более качественные и репрезентативные данные, которые повышают надёжность и достоверность разработки научно-обоснованных рекомендаций по промышленной эксплуатации макрофитов. В 2002 – 2003 гг. в Белом море (Соловецкие острова, о-в Жижгинский, гб. Палкина) специалистами ПИНРО, СевПИНРО и ВНИИКАМА была выполнена авиасъёмка водорослей с дальнейшей обработкой данных на основе использования современных компьютерных технологий и методов. Авиасъёмки проводились с отраслевого самолёта-лаборатории АН-26 «Арктика», на борту которого был установлен и использовался следующий комплекс аппаратуры: ИК-сканер «Малахит», цифровая видеокамера «Panasonic», цифровой фотоаппарат «Nikon DIX», аэрофотокамера «А-39», поляризационный авиационный лидар (ПАЛ-1). Вся информация о результатах съёмки в реальных координатах и времени, через GPS, поступала в бортовой компью-

тер и записывалась на магнитные, фото- и видеоносители. Авиасъемка дополнялась отбором проб литоральных водорослей для определения биомассы на контрольных разрезах. Координаты каждой точки отбора проб определялись GPS-приемником, фиксировались: глубина, состав грунта, проективное покрытие дна водорослями, биомасса каждого промыслового вида. Определенные трудности возникли с привязкой данных с «Nikon DIX» на морскую карту, в связи с тем, что на площади одного кадра, особенно, в пределах только водной поверхности, недостаточно надежных опознаков для получения высокой точности привязки.

Так как точность привязки кадров имеет существенное значение, в дальнейшем представляется целесообразным осуществлять привязку кадров в процессе полета, используя бортовую станцию GPS и заранее, до полета, вводимую в бортовой компьютер карту площади съемки. После выполнения видеосъемки фотоснимки обрабатывались с помощью программной системы ERDAS 8.4. Точность привязки снимков, выполненной в ERDAS, составила 3 - 9 м.

Обработка полученных материалов заключается в разработке метода дешифрирования полученных снимков: на первом этапе – визуально, на последующих - с помощью специальной компьютерной программы. Эти работы выполняются во время аналитического этапа в лаборатории, но при завершении разработки в дальнейшем этот процесс может выполняться непосредственно в экспедиционных условиях. На схеме визуального дешифрирования снимков были выделены литоральные зоны, различающиеся по базовым цветам и их цветовым оттенкам. Сейчас схема представляет генерализованное (общее) изображение участка, получить по ней точную границу и площадь тех или иных выделов невозможно; не говоря уже о том, что каждая из этих градаций включает в себя множество мелких участков, которые могут отличаться по степени проективного покрытия, биомассе, а могут быть вообще лишены водорослевого

покрова. Выделение таких мелких участков и точный подсчет их площади возможен только путем компьютерной обработки снимков. Определение характера этих градаций и их дальнейшая калибровка, то есть описание их рельефа, грунтов, состава и биомассы водорослевого покрова, путем детальных полевых обследований на местности – основные нерешенные задачи. Только после установления точного соответствия той или иной градации ее содержанию на местности и обобщения результатов можно говорить о создании методики автоматизированного картирования водорослей на основе современных методов зондирования и вычислительной техники.

При компьютерной обработке анализ изображений осуществлялся с помощью алгоритмов классификации программной системы IDRISI, предназначенной для анализа дистанционных изображений. Наиболее информативными представляются изображения вегетационного индекса и классификация объектов, выполненная алгоритмом Cluster.

Цветные цифровые аэроснимки являются прекрасным материалом для изучения водорослевого покрова, особенно в зоне осушки, где цвет является дополнительным дешифровочным признаком, помогающим различать виды водорослей и виды грунтов (рис.21). Однако дешифровочные признаки для таких снимков пока не разработаны, и это является задачей дальнейших исследований.

Проведенные работы показали, что использование аэрофотосъемки для определения запасов промысловых водорослей и мониторинга состояния водорослевого покрова в Белом море, имеет большие перспективы, особенно на фоне значительных достижений в области технологий дистанционного зондирования природной среды и обработки цифровых данных. Картографирование зарослей должно основываться на использовании материалов аэросъемки, т.к. точно оконтурить их поля до глубины 5 - 6 м в условиях Белого моря, возможно только по снимкам.

Обязательным этапом должно быть детальное полевое дешифрирование снимков с проведением полевого спектрофотометрирования объектов береговой зоны. Последнее необходимо для использования данных многоспектральной съемки и разработки методики автоматизированного дешифрирования и мониторинга. В результате выполненных исследований был подготовлен ряд рекомендаций для проведения аэрофотосъемки:

- для приливно-отливных морей аэросъемочные работы следует проводить в условиях малой воды и оптимальной освещенности, это увеличит ширину и площадь полосы дна прибрежного мелководья, отобразившуюся на аэроснимках.

- авиасъемку предпочтительно осуществлять при постоянной скорости полёта самолёта, «удерживая» его как можно более горизонтально. Фото- и видеосъёмка должны выполняться строго в надир, либо обязательно необходимо просчитывать краевые координаты снимков. Для этого необходимо оборудование самолета гиросtabilизирующей установкой, радиовысотомером, гирокомпасом;

- для исключения ошибок по точной привязке к местности необходим дифференциальный GPS с дискретностью определения координат 1/20 секунды. Данные от приборов должны непрерывно записываться на компьютер и быть синхронизированы во времени;

- если все данные будут корректны, то при камеральной обработке будет достаточно осуществить: 1) поворот снимка относительно координатной сетки, и 2) координатную регистрацию снимка в любой ГИС.

Проведенные исследования показали свою практическую значимость и целесообразность. Аэрофотоснимки оказались хорошим материалом для картирования зарослей фукоидов, и, частично, ламинариевых водорослей, что при совместном применении исследований на водолазных раз-



резах дает полноценный материал для определения запасов промысловых водорослей и их мониторинга.

## ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

### *Обследования с применением рыбопоисковых эхолотов*

**Обследования с применением рыбопоисковых эхолотов.** Большую помощь в изучении промысловых водорослей оказывает гидроакустический метод. Гидроакустическая съемка помогает определять границы зарослей, их ширину, п.п. дна водорослями, а в отдельных случаях по ним можно судить о видовом составе водорослей. В частности, эхограммы зарослей ламинарии сахаристой и ламинарии пальчаторассеченной различаются. Запись основного вида промысловых водорослей Белого и Баренцева морей – ламинарии сахаристой - более прижатая к грунту (рис.22). Другой не менее распространенный вид в этих морях ламинария пальчаторассеченная имеет толстый длинный ствол, листовая пластина у этого вида поднимается над грунтом, потому между дном и слоем пластин остается свободное пространство равное высоте стволиков, хорошо различимое на эхограмме (рис.23). Опыт поиска и изучения промысловых скоплений ламинариевых водорослей с использованием гидроакустического метода имеется для Белого и Баренцева морей (Сорокин, Пестриков, 1986; Гаврилов, Пестриков, 1992; Пестриков, 1992; Пронина, 2001).

Для достоверной регистрации ламинариевых водорослей следует применять гидроакустические приборы с рабочими частотами выше 50 кГц, диаграммой направленности антенн не шире  $10^\circ$ , длительностью излучаемых импульсов в пределах 0,1 - 0,5 м/с, скоростью перемещения бумаги не менее 24 мм/мин.(если используются самописцы), наименьшим диапазоном обзора 0 - 10, 0 - 20 м и воз-

возможностью сохранения информации на любом виде носителей. В конструкции эхолота должно быть предусмотрено устройство “белая линия” или “контрастная линия” с возможностью плавного изменения порога срабатывания, а также устройство для расширения масштабов записи с диапазоном 2, 4, и 8 м. Эффект “белой линии” заключается в том, что заросли ламинариевых водорослей на дне записываются на эхограмме отдельно от контурной линии рельефа дна (рис.22, 23), но при этом обычно записываются повторно отраженные эхосигналы. Промысловые водоросли, как правило, произрастают на глубине 0 - 15(20) м, поэтому следует использовать эхолоты, которые имеют максимальный диапазон 0 - 10 и 0 - 20 м, иначе на эхограмме регистрируется несколько отражений от дна. Эхолот должен обладать возможностью работать от низковольтных источников постоянного тока, например, от аккумуляторных батарей, а также должен быть пригодным для работы на катере, моторной шлюпке со скоростью 1,5 - 2,0 узла в час. Этим требованиям в частности отвечали эхолоты-самописцы “Furuno”, “Skiper” “Шкипер-607”, “Шкипер-417. При скорости движения катера 1,5 - 2,0 узла в час вертикальный масштаб больше горизонтального в 6 - 10 раз, что приводит к искажению относительных размеров и форм регистрируемых полей ламинариевых водорослей, которые записываются в виде “остроконечной бахромы” разной плотности, возвышающейся над грунтом (рис.22, 23). Формы регистрации зарослей ламинариевых водорослей и контура грунта различаются из-за различных масштабов регистрации, рабочей частоты, характеристики направленности и скорости протяжки бумаги. Устройство расширения масштаба записи с диапазоном 2, 4, 8 м позволяет более достоверно оценивать плотность покрытия дна водорослями, а в некоторых случаях провести видовую идентификацию.

Съемка эхолотом с катера производится при движении галсами от верхней (по возможности) до нижней грани-

цы распространения водорослей. Галсы могут закладываться либо перпендикулярно к берегу, либо под углом  $45^\circ$ , либо под другим углом, в зависимости от распределения водорослей на конкретном участке. Чем чаще сетка разрезов, тем лучше. В дальнейшем на некоторых из галсов следует заложить разрезы и станции, взять пробы на биоанализ, как делается при изучении растительности водолазным методом. Сравнение данных, полученных при выполнении водолазных работ и эхолотировании, позволит установить корреляцию между характером эхограмм и данными о видовом составе, п.п. дна водорослями и биомассе водорослей, полученными методом подводных исследований.

Координаты эхолотных разрезов, а также точки поворотов галсов и промежуточных точек, отмечающих границы зарослей, определяются с помощью GPS-приемника "Magellan", "Garmin" или другого. Одновременно на эхолотной ленте делаются отметки для соотнесения полученных координат с эхограммой. Далее данные GPS-приемника и обработанные интерпретатором данные эхограмм, передаются на компьютер, обрабатываются в ГИС - программе "Mapinfo"(или другой) и по ним устанавливаются контуры зарослей с различной плотностью покрытия дна (рис.23, СевПИПРО, 2002).

По данным ТИНРО-центра ("Рекомендации по сбору и первичной обработке морской растительности"), пластообразующую красную водоросль анфельцию тобучинскую, ее распределение и высоту пласта можно изучать гидроакустическим методом с использованием рыбопоисковой аппаратуры, например, эхолота "Echotec CV-100". Отраженный сигнал выводится на цветной монитор, где рисунок дна, в зависимости от грунта, высвечивается разными цветами. Слой анфельции фиксируется в виде остроконечных пиков различной высоты над грунтом. Высота пиков (толщина слоя анфельции) определяется по шкале глубин. Пласт анфельции на экране эхолота отображается в виде сигнала яр-

ко- или темно-синего цвета в зависимости от опции. Оптимальная скорость судна при съемке 2,5 - 3,0 узла. По степени плотности пиков и их высоте определяется проективное покрытие дна водорослями и высота пласта. Хорошо регистрируется на экране пласт анфельции толщиной от 10 до 120 см. При этом высота пласта сопоставима с данными, полученными водолазом (коэффициент корреляции 0,926). Применять гидроакустический метод изучения пластообразующих водорослей рекомендуется при слабом волнении моря.

Вышеупомянутые гидроакустические приборы активно применялись в 80 – 90-е годы прошлого столетия. С дальнейшим развитием техники появилась возможность усложнить требования к приборному обеспечению работ.

Основные проблемы связаны с применением датчиков геопозиционирования (GPS-датчиков), непосредственным использованием электронных карт для картирования зарослей макрофитов, автоматического определения промышленных параметров зарослей (площадей, запаса, средних весовых характеристик растений). Решение этих вопросов позволило бы уменьшить ошибки и неточности в определении месторасположения зарослей, что оказывает сильное влияние на вычисляемую площадь зарослей, а следовательно и на оценку запаса.. Применяемая до настоящего времени аппаратура для индикации наличия водорослей – эхолот-самописец «Furuno» морально и физически устарел. Кроме того, дешифровка эхограмм дешифратором имеет большую долю субъективизма. Современные рыбопоисковые эхолоты доступны по цене, но не имеют средств сохранения данных. И с них невозможно (в стандартных условиях) списать эхосигнал. Эхолоты для науки пишут всю информацию на магнитный носитель, и представляют ее в удобном для пользователя виде. Кроме этого, с помощью соответствующего программного обеспечения имеется возможность обрабатывать эходанные, получать результаты и

выводить их в удобном виде. Одним из лидеров-производителей научных эхолотов является фирма «Симрад»(Норвегия), которой уже разработаны системы, ведущие запись эходанных на магнитный носитель и технологии, анализирующие эти данные. Однако, эти системы и технологии применимы в основном для определения скоплений и характеристики рыбных объектов. Применительно к водорослям аналогичной методики пока не разработано. Кроме того, стоимость новейших моделей этих систем и программного обеспечения для них остается очень высокой. Тем более, что сама технология съемки и обработки данных еще пока не разработана и речь идет лишь об экспериментальных работах. Старые модели (EY500) не удовлетворяют применяемым интерфейсом работы под Microsoft DOS. Также имеются ограничения в использовании подобных моделей, из-за жесткой привязки «своего» программного обеспечения для «своей» аппаратуры.

Лучше других отвечает необходимым требованиям разработанный в СевНИИРХе комплекс «АСКОР-2», объединивший в одну систему стандартный рыбопоисковый эхолот «Furuno» (50 и 200 КГц), GPS - приемник, цифровальное и электронно-вычислительное устройство, а также компьютер и антенну – усилитель. Преимуществами этой системы явились: невысокая стоимость (серийные неспециализированные компьютеры и доработка уже существующей для рыбных объектов методики), работа в среде Microsoft Windows (одновременно с записью данных возможно подключить навигационные приборы и другие сервисные программы), вывод информации в требуемом формате (пригодном для передачи в офисные программы без дополнительного форматирования). Вместе с тем, к недостаткам можно отнести: невозможность исключения эхосигналов от помех, связанных с влиянием боковых лепестков антенны при эхосъемке на малых (до 20 м) глубинах, большое количество коммутаций.

Совместно с разработчиком «АСКОР-2» в летние периоды 2002 – 2003 гг в Белом море (Соловецкие) были выполнены исследования по адаптации комплекса для решения задач по оценке состояния промысловых водорослевых сообществ. Решались следующие задачи: получение линейной зависимости между эхоинтенсивностью и плотностью рассеивателей (т.е. конкретизация рассеивающих способностей водорослей); разработка постпроцессорной программы обработки полученных в съемках данных; проведение серии прямых экспериментов по определению цены деления перехода от акустических характеристик обратного рассеяния исследуемых скоплений макрофитов к значениям их биомассы ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ); статистическая обработка результатов экспериментов; отработка методики и программного обеспечения калибровки системы АСКОР-2; разработка методики проведения эхосъемок макрофитов. При выполнении экспериментов была зафиксирована четкая граница начала регистрации полей ламинарии в момент прохождения над ними (рис.24). Пики были разной высоты и разной цветовой гаммы. Распознавание водорослей от грунта комплексом достаточно четкое.

Прописываемые пятна были разнообразного видового состава, плотности и биомассы. Особых изменений, имеющих четкое и однозначное различие, во внешнем виде эхограммы при переходе от полей ламинарии с доминированием ламинарии сахаристой к полям с некоторым доминированием ламинарии пальчаторассеченной не выявлялось, причем места скоплений ее были заранее известны. Кроме того, почти все растения ламинарии пальчаторассеченной имели эпифитов ламинарии сахаристой в возрасте 1+ и 2+ и это тоже не отразилось на эхограмме. По-видимому, здесь необходимы дополнительные эксперименты. В результате проведенных исследований был определен оптимальный коэффициент усиления эхосигнала (минимум помех при четкой регистрации) и установлена линейная



зависимость значений плотности поселения сублиторальных водорослей по уловам и значений силы цели поверхностного обратного рассеивания; разработано математическое обеспечение системы АСКОР-2 и постпроцессорная программа обработки полученных в съемках данных; разработана специальная программа акустической калибровки системы по эталонной цели; в программу постобработки добавлена возможность вывода результатов в формате файлов MapInfo. Так же было выявлено, что предпочтительным для количественной оценки макрофитов является применение эхолотов высокой частоты с узкой направленностью антенны. С 2003 г. комплекс начал использоваться для работ по оценке запасов ламинариевых водорослей в Белом море. В целом комплекс готов к работе для регистрации и накопления данных о биомассе водорослей. Основными нерешенными вопросами остаются: измерение соотношения характеристики обратного рассеивания и улова водорослей, для разных категорий зарослей и разного видового состава; оптимизация методов интерполяции данных и картирования зарослей водорослей, проблемы использования данной комплектации комплекса на малых глубинах, идентификация видового состава макрофитов.

Возможно, гидроакустическую съемку надо дополнить другим видом регистрации – например мгновенной видеосъемкой, выполняемой синхронно с эхолокацией и синхронизированной с ней по времени.

### ***Обследование с применением гидролокаторов бокового обзора***

Этот гидроакустический метод может применяться при изучении пластообразующих водорослей. Он был опробован при исследовании пластообразующей красной водоросли филлофоры в Черном море на Филлофорном поле Зернова (Корхов, Кирилук, 1992). Для большинства пластообразующих красных водорослей другие выше описан-

ные методы определения расположения, площади пластов и п.п. ими дна неприемлемы из-за низкой прозрачности воды и достаточно больших глубин, на которых сформировано большинство пластов. Пластообразующую водоросль филлофору изучали с помощью гидролокатора бокового обзора «Катран». После сопоставления данных сонограмм гидролокатора с данными дночерпательной съемки и водолазных станций были получены следующие результаты. Зонам полного отражения сигналов (темные участки сонограмм) соответствуют грунты с различным содержанием грубозернистых фракций, а зонам полного поглощения сигналов (светлые участки сонограмм) – чистые мелкодисперсные илы. Присутствие звукопоглощающих компонентов на песчано-ракушечных, песчаных, илесто-песчаных грунтах, а на таких грунтах обитают пластообразующие водоросли, свидетельствует о наличии скоплений водорослей. Чем крупнее размеры скоплений пласта и их толщина, тем ярче и больше должны быть светлые участки на сонограммах. Сравнение данных акустических зон с данными по биомассе ( $г/м^2$ ), полученными методом дночерпательной съемки и взятия количественных проб в легководолазном снаряжении даны на рис.25 (Корхов, Кирилюк, 1992).

В 1999 году были проведены исследования лабораторией морских водорослей СевПИПРО совместно с ООО «НПП Север-Геология» на Белом море в р-не Соловецких островов в зарослях ламинарии с использованием гидролокатора бокового обзора «Катран - 1М». Гидролокация выполнялась по профилям широтной ориентировки с длиной профилей от 1 до 3 км и расстоянием между ними около 300 метров, что обеспечило сплошное площадное покрытие дна сонарной съемкой. Геодезическая привязка пунктов наблюдения проводилась с помощью высокоточной GPS-системы с вводом поправок в реальном времени. Параллельно с сонарной съемкой велась эхолотная съемка профилей рыбопоисковым эхолотом «Skipper». Компьютер

со специализированной программой для вождения судна по проектным профилям и выводом в точки был соединен с цифровым выходом GPS-приемника. После окончания работы данные, собранные накопителем TDC1 переписывались на компьютер с установленной программой Pathfinder Office предназначенной для сбора, хранения и последующей обработки данных. Данные приводились в систему координат Пулково 42 года и далее экспортировались в ГИС «MapInfo».

Первичный записанный материал был представлен в виде тоново-штрихового изображения (8 оттенков серого). Интенсивность зарегистрированных сигналов соответствовала акустическим свойствам поверхности дна, которые зависят от его литологических свойств, в свою очередь зависящего от донных осадков, расчлененности рельефа дна, наличия донной растительности и т.д. Таким образом, изображение представляет плано-перспективную акустическую фотографию на которой зафиксирован рельеф, тоново-штриховой рисунок различной интенсивности и отдельные объекты. При совместном анализе эхограмм и сонограмм, а также результатов проведения водолазных разрезов, была обнаружена связь между появлением «водорослей» на эхограммах и светлых пятен неоднородной интенсивности на сонограммах. Эти пятна, как бы «смазывают» четкую картину дна, представленную валунами, камнями и галечными породами. Причем «смазывание» неоднородно: края пятен, как правило, более «бледные», к центру приобретают более плотную «окраску». Описанный метод имеет ряд достоинств: точную регистрацию пятен и характера распределения зарослей водорослей на площади, что дает возможность более точного определения площадей зарослей; регистрацию различных плотностей заросли; достаточно точную привязку. Вместе с тем остаются нерешенными такие вопросы как: непостоянство ширины полосы обследования в зависимости от глубины (колеблется от 300 м на глубинах

более 3 м, и до 60 м на глубинах менее 3 м), которая не дает полной картины поверхности дна; метод требует хранения и обработки большого количества информации, причем накопители должны иметь высокую скорость привода для обеспечения регистрации всех импульсов от локатора; опасность утраты вибратора на малых глубинах (безопасная глубина для работы не может быть меньше 1,5 м); возможна неоднозначность интерпретации зарослей из-за присутствия других плотных грунтов (по акустической жесткости сходных с зарослями водорослей). В целом целесообразно использование этого метода для глубоководных водорослей.

### **ПОДВОДНАЯ ТЕЛЕСЪЕМКА**

Этот метод можно применять, в том числе, и для наиболее глубоководных зарослей и пластов в морях с низкой прозрачностью воды. Это практически единственный дистанционный метод изучения таких видов как фуцеллярия Балтийского моря. Этот метод может дать хорошие результаты и при изучении пластообразующих водорослей, и при изучении глубоководных зарослей прикрепленных водорослей.

С использованием подводного телевидения (Муравский и др., 1986, Столяренко, Бадулин, 1988) определяли запасы и вели мониторинг фуцеллярии в Балтийском море. Комплект аппаратуры для проведения подводных телевизионных съемок должен состоять из герметичной передающей телекамеры, просмотрового видеомонитора, портативного видеомагнитофона, гидрологической лебедки и пульта управления ею.

Спуск телекамеры осуществляется оператором с помощью пульта дистанционного управления лебедкой и одновременного контроля процесса спуска по экрану видеоконтрольного устройства. Для определения расстояния

от приемного блока телевизионной камеры до грунта и для предотвращения удара камеры о грунт рядом с ней на фале привязывают отрезок цепи длиной не менее 1,5 м. Работа на станции проводится в дрейфе судна в течение 5 - 15 мин. в зависимости от скорости дрейфа, характера грунта и варьирования п.п. (проективного покрытия) дна водорослями. Величина проективного покрытия определяется визуально. Для контроля точности определения п.п. и в целях документирования видеоинформации проводится фотосъемка изображений на экране видеоконтрольного устройства. По результатам телевизионной съемки определяется видовой состав водорослей и среднее проективное покрытие дна водорослями. После получения данных о биомассе для отдельных участков с разным п.п. дна водорослями, методом подводных исследований устанавливается корреляция между средним п.п. дна водорослями, полученным методом подводной телесъемки, и средней биомассой, полученной методом подводных погружений на отдельных участках, и производится расчет средней биомассы для каждого района, а в дальнейшем определяются их площади и запас (Муравский и др., 1986). Недостатками являются: субъективизм при интерпретации снимков, невозможность использования телеаппаратуры на малых глубинах и сложности с привязкой телекадров к определенному участку дна.

## **ВОДОЛАЗНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ**

Используя данные, полученные ранее самим исследователем или другими специалистами, результаты аэрофотосъемки, аэровизуальной съемки, гидроакустической съемки, наблюдения за распределением водорослей с медленно движущейся шлюпки и просмотра зарослей через бентовизор-водоглаз, а также с учетом изменений условий обитания, таких как степень прибойности и характер грун-

та, намечается сетка разрезов и количество станций на каждом разрезе для выполнения подводных работ.

Обычно разрезы закладывают перпендикулярно к берегу. Местоположение разрезов, расстояние между ними зависят, прежде всего, от характера береговой линии. У однообразных по степени прибойности, солености воды, характеру грунта прибрежных участков с однородной растительностью разрезы располагаются равномерно на расстоянии от 500 м до нескольких километров друг от друга. В заливах, губах и бухтах, где условия обитания сильно различаются в их разных частях, разрезы следует планировать с учетом этих изменений, но, как правило, разрезы должны быть заложены у входа в губу или залив, в их кутовой части и в основной, средней части. Количество разрезов в средней части губы или залива зависит от их размеров и разнообразия условий в прибрежной зоне. При работе у островов следует выполнять разрезы со всех четырех сторон, а их количество зависит от величины острова и разнообразия условий. На каждом разрезе выполняется несколько количественных станций. Число станций зависит от ширины зарослей, а она может меняться от нескольких метров до 1 - 5 км, и характера распределения растительности. При распределении растительности по поясам станции должны быть выполнены в каждом поясе водорослей. При ширине каждого водорослевого пояса более 20 м станции - количественные площадки (в трех повторностях) должны быть заложены в верхней, средней и нижней частях пояса. В очень широких зарослях, при мозаичном распределении водорослей и в условиях низкой прозрачности воды станции должны выполняться через одинаковые расстояния. На каждой станции, на которой работает аквалангист-исследователь или специально проинструктированный аквалангист, необходимо получить данные о глубине, характере грунта, среднем проективном покрытии дна всеми промысловыми, доминирующими видами и каждым видом в отдельности. Здесь также



закладываются количественные площадки. Для ламинариевых водорослей и некоторых наиболее крупных видов фукусовых водорослей размер площадок должен быть равен  $1 \text{ м}^2$  ( $1 \times 1 \text{ м}$ ), а для большинства фукусовых водорослей -  $0,25 \text{ м}^2$  ( $0,5 \times 0,5 \text{ м}$ ). Чаще всего берется по 3 количественных пробы на каждой станции. В случае если ПП дна водорослями в рамке менее 100%, то указывается величина проективного покрытия в ней для расчетов средней биомассы на станции, а в дальнейшем и запасов. Все водоросли, прикрепленные к грунту внутри рамки, срезаются и загружаются в питомзу – мешок из дели с металлическим кругом у входного отверстия. Собранные водоросли поднимаются на борт плавсредства. Все выше приведенные характеристики станций сразу же заносятся в полевой журнал с указанием района, номера разреза и станции, числа, времени (время необходимо приводить для морей, для которых характерны приливы-отливы).

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ЗАРОСЛЕЙ ЛИТОРАЛЬНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

Работы на литорали ведутся или с берега или с использованием маломерных плавсредств (лодки, катера). Литоральные, прежде всего фукусовые, водоросли можно исследовать во время погружений с аквалангом на разных стадиях прилива-отлива, но желательно планировать работы на период отлива. По таблицам приливов-отливов определяется время и высота полной и малой воды. Оптимальными для работы на литорали являются периоды сизигийных, максимальных отливов, но во время экспедиций приходится работать и в период малых, квадратурных отливов.

Вся литораль делится на три горизонта. Деление на горизонты основано на уровнях моря в период квадратурных и сизигийных приливов и отливов. Верхний горизонт расположен между сизигийным и квадратурным приливами.

Средний, наиболее широкий, основной горизонт находится между квадратурными приливом и отливом. Нижний горизонт, который редко осушается или осушается на непродолжительное время, находится между квадратурным и сизигийным отливами.

Работу на литорали лучше начинать за 2 - 3 часа до полного отлива. При распределении водорослей в виде хорошо различимых поясов, следует получить данные для каждого пояса: горизонт литорали, ширину, видовой состав доминирующих промысловых и сопутствующих видов, п.п. грунта водорослями, общую и удельные биомассы. На однородном по видовому составу и п.п. грунта водорослями участке закладывается разрез, местоположение которого определяется и наносится на морскую карту-планшет по береговым ориентирам или с помощью GPS-приемника. При относительно узких (не более 30 - 50 м) зарослях их ширину определяют с помощью размеченного фала или рулетки, а на большой осушке с помощью GPS-приемника или лазерного дальномера.

Для сбора количественных проб на литорали следует пользоваться рамками размером 0,5 x 0,5 м (площадь 0,25 м<sup>2</sup>). Как и в случае с сублиторальными водорослями в количественную пробу берутся только слоевища, прикрепленные внутри рамки. Закладывается по одной рамке в верхней, средней и нижней частях каждого однотипного моно- или полидоминантного водорослевого пояса или отдельной заросли. Определяется средняя биомасса водорослей при 100%-м проективном покрытии, после чего вычисляется средняя биомасса водорослей для пояса с учетом среднего проективного покрытия грунта водорослями в данном поясе. Если в рамках п.п. меньше 100%, то при расчете средней биомассы учитывается как среднее п.п. в рамке, так и среднее п.п. в заросли.

В период, когда наступает самая малая вода, необходимо выполнить работы, прежде всего, в нижнем гори-

зонте литорали. Часто водоросли нижнего горизонта литорали не осушаются, остаются в воде. Работы в этом случае выполняются в гидрокостюме с маской, шнорхелем или аквалангом. Все водоросли из рамки срезаются и помещаются в питомзу из дели. Это дает возможность стечь всей воде и правильно определить вес водорослей. Первичная обработка литоральных фукусовых водорослей была описана выше. Все наблюдения, характеристики, биомасса сразу же должны быть записаны в полевой дневник.

Кроме выше описанного метода определения средней биомассы в каждом поясе или фитоценозе с помощью взятия количественных проб из рамок вдоль разреза, можно взять количественные пробы в виде сплошной полосы вдоль разреза. Этот метод количественного учета называется методом трансекты или «погонного метра» (Барашков, 1965). Последний метод применим только на относительно узкой литорали шириной не более 20 - 30 м с твердыми скалистыми, каменисто-валунными грунтами. Им нельзя пользоваться на очень широкой литорали из-за его трудоемкости, а на илисто-песчаной литорали с отдельными камнями и низким проективным покрытием грунта водорослями — из-за больших ошибок в определении средней биомассы, а в дальнейшем и запасов. Техника определения ширины зарослей, биомассы, п.п. методом трансекты состоит в следующем. Вдоль разреза перпендикулярно к береговой линии натягивают размеченный через каждый метр фал. Вдоль фала срезаются все водоросли, прикрепленные в полосе шириной 0,2 или 0,5 м. Пробы берутся отдельно в каждом фитоценозе, при этом учитывается ширина пояса каждого фитоценоза. На основании массы срезанных водорослей и площади, с которой они были срезаны, рассчитывается средняя биомасса промыслового вида в монодоминантных фитоценозах или каждого промыслового вида в полидоминантных фитоценозах. Для получения более точных данных о биомассе и

запасах необходимо учитывать ПП грунта водорослями в среднем на трансекте и на изучаемом участке.

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПЛАСТООБРАЗУЮЩИХ КРАСНЫХ ВОДРОСЛЕЙ**

Оценка запасов пластообразующих, неприкрепленных, красных водорослей, обитающих на мягких грунтах, имеет свои особенности. Большинство из выше описанных методов дистанционного определения площадей зарослей водорослей и проективного покрытия дна водорослями, такие как аэрофотосъемка, аэровизуальные наблюдения, просмотр через водоглаз и некоторые другие, для пластообразующих водорослей непригодны из-за достаточно большой глубины залегания пластов и низкой прозрачности воды. Для их оценки можно использовать гидроакустический метод и метод подводного телевидения. С помощью этих дистанционных методов можно определить границы пласта, проективное покрытие дна водорослями, толщину (высоту) пласта. Сбор количественных проб для определения биомассы можно вести двумя методами: с начала с помощью дночерпателя, а потом методом заложения количественных площадок с применением акваланга.

При изучении пластообразующих водорослей разрезы и станции располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга (выполняется сетка станций), что в дальнейшем облегчает подсчет средних биомасс и запасов пластообразующих водорослей. Местоположения разрезов и станций фиксируют с помощью GPS-приемника, пеленгуют по ориентирам на местности, определяют по скорости и времени движения плавсредства. На каждой станции берется по три дночерпательные пробы. Подводник - аквалангист на каждой станции визуально определяет ПП дна водорослями, характер их распределения (сплошной пласт, полосами, пятнами, их величина), варьирование толщины пласта и

среднюю его толщину, толщину пласта (с помощью линейки) в месте взятия количественной пробы, Устанавливают корреляция между толщиной пласта и биомассой. Пробы водорослей отбирают из рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup> (50 x 50 см). Для взятия пробы с пласта применяют специальную рамку в виде металлического куба на штырях. Собранные водоросли помещают в питомзу из дели и, после подъема на плавсредство, сразу снабжают этикеткой с указанием даты, района, номера станции, глубины, толщины пласта. После установления корреляции между толщиной пласта и биомассой, для ускорения работ на каждой станции проводят многократное измерение толщины пласта, и более редко берут контрольные количественные пробы из рамки. Пласт анфельции можно разделить на три части. На той части пласта, где его толщина не превышает 20 см, фотосинтез, процесс продукции органического вещества идет во всей толще пласта (продукционная зона). Основная часть пласта имеет толщину более 20 см, но процесс продуцирования органического вещества, фотосинтез идет только в верхнем 20-сантиметровом слое (промысловая зона). Оторванная штормами часть промыслового пласта разной толщины – предвыбросные скопления. Добыча водорослей должна вестись, прежде всего, из выбросов и предвыбросных скоплений.

## **ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

Современное оснащение судов позволяет в настоящее время выполнять в экспедиционных условиях не только биоанализ собранного материала, но и обрабатывать полученные данные с использованием компьютерной техники. Так, одним из возможных этапов работы в экспедиции является занесение всех полученных в результате обработки проб показателей в электронные базы и их частичное ис-

пользование для построения рабочих картосхем и первичного анализа состояния зарослей.

Первичная обработка материала производится на судне или берегу как можно быстрее после взятия проб (водоросли в пробах не должны подсыхать). Проба разбирается по видам. Выделяются три группы водорослей: доминанты, эпифитные и сопутствующие водоросли, растущие на грунте. Определяют видовой состав и биомассу (сырой вес, г/м<sup>2</sup>) видов. Удалить поверхностную воду с ламинариевых и фукусовых водорослей практически невозможно да и не нужно, так как количество воды на поверхности слоевищ настолько мало, что практически не влияет на правильность определения массы растений. Мелкие водоросли перед взвешиванием слегка отжимают, после чего сушат сухой тканью или фильтровальной бумагой.

Проводится биологический анализ всей количественной пробы или ее части (50%, 25%). У промысловых водорослей подсчитывают плотность их поселения (экз/м<sup>2</sup>). Они делятся по возрастам и размерным группам. У ламинариевых водорослей возраст определяют по количеству годовых колец на поперечном срезе в нижней части черешка. В то же время при определении возраста ламинариевых водорослей следует учитывать и общее состояние слоевища: размер и цвет пластины и черешка, количество и видовой состав обрастаний, количество мутовок у ризоидов и другие. У ламинариевых водорослей измеряется общая длина слоевища, длина, толщина, максимальная или в средней части пластины ширина пластины, длина и толщина черешка, наличие, размер и состояние зрелости спороносной ткани – сорусов спорангиев. Определяется вес отдельных частей слоевищ. При наличии у ламинарий пластин предыдущего года указывается длина новой (текущего года) и старой пластины (предыдущего года) отдельно, граница между которыми хорошо просматривается по сужению между ними.



У фукусовых водорослей измеряют длину слоевищ и максимальное количество дихотомических ветвлений на одной ветви, учитывается наличие и зрелость рецептакул, определяется вес рецептакул и вегетативных частей слоевищ. У фукусов и аскофиллума масса рецептакул в период их максимального развития может достигать  $\pm 50\%$  и более от общей массы слоевищ. После их сброса биомасса растений значительно уменьшается и это, по возможности, должно учитываться (введением обоснованного коэффициента) при определении запасов этих видов. Промысел фукусовых водорослей следует вести до начала массового сброса рецептакул.

## **ЭКСПЕДИЦИОННОЕ СНАРЯЖЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ**

При проведении подводных работ и первичной обработке собранного материала необходимо иметь следующее снаряжение и оборудование.

1. Плавсредство, с которого ведутся работы на разрезах и станциях, GPS-приемник, эхолот, компьютер.
2. Снаряжение для погружения аквалангиста: гидрокостюм, маска, трубка, ласты, груза, акваланг, глубиномер, компас, нож с ножнами, страховочный фал, компенсатор, водолазный компьютер.
3. Металлические рамки площадью 1 и 0,25 м<sup>2</sup>. по две каждого размера, окрашенные в яркий цвет (оранжевый или белый), несколько мешков-питомз из дели для сбора проб, рулетка и размеченный через 1 м фал.
4. Дневник, часы, карандаш, ручка, ножницы, линейки, рулетка, весы разные, марля, упаковочный материал, фильтровальная бумага, пергамент, спирт и формалин, посуда для хранения фиксиро-

ванных проб, гербарная сетка, пресс и бумага для сушки гербария.

5. Морские крупномасштабные карты или планшеты, таблицы приливов-отливов, определитель.
6. Микроскоп дорожный и набор для микроскопирования: стекла предметные и покровные, пинцеты, пипетка, препаровальные иглы, лезвия для бритвы, скальпель, полотенца.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП

Выполняется после завершения экспедиционных работ в лабораторных условиях.

## РАБОТА С БАЗАМИ ДАННЫХ

### *Занесение данных в компьютерные базы данных*

Хранение данных целесообразно в виде электронных баз данных (БД). Для этой цели возможно применение электронных таблиц, типа "Excel", но более целесообразно построение реляционных баз данных с использованием стандартных систем управления базами данных (СУБД). Хорошо подходит для этого широко распространенная и интегрированная с другими компонентами Microsoft Office СУБД MS Access.

Применение реляционных БД позволяет хранить данные разных категорий в разных таблицах, что дает возможность рационально использовать вычислительные ресурсы и извлекать различную статистическую информацию из всего массива данных.

По опыту построения и применения системы сбора и обработки статистической информации о прибрежных биоценозах при проведении прибрежных водолазных исследований методом водолазных разрезов, необходимо оформле-

ние следующих пяти блоков информации в виде отдельных таблиц БД:

**1. Данные о разрезе.** Начальная и конечная координаты разреза, местоположение и ориентиры, дата и время выполнения разреза, количество станций на разрезе, прибрежный рельеф, общий порядок залегания грунтов на дне, гидрологические особенности – направление и сила течений, степень прибойности побережья.

**2. Данные по станциям и/или фитоценозам.** Глубина станции или фитоценоза, общее проективное покрытие (ПП) дна растительностью, ПП по группам водорослей – ПП ламинариевых, ПП нижнего яруса - подлеска, ПП корковых, грунт, рельеф и уклон дна, гидрологические характеристики (скорость и направление течения, температура воды, соленость).

**3. Количественные и качественные характеристики видов макрофитов в фитоценозах.** Для каждого объекта макрофитобентоса указываются: видовое название или его условное обозначение для дальнейшего определения, количественные характеристики его участия в фитоценозах (биомасса, плотность, ПП в среднем для вида в фитоценозе, а также – средние: ПП и вес пробы в рамке; фенологическое состояние вида; название базифита, если вид эпифитирует; дополнительная информация в виде примечаний.

**4. Морфометрические характеристики макрофитов.** Все измеряемые морфометрические параметры для каждого вида макрофитов.

**5. Величины отклонения уровня моря от нуля глубин.** Данные по отклонению фактического уровня моря на момент заложения разреза от нуля глубин (минимальной расчетной величины) в соответствии с таблицами приливов и наблюдениями за уровнем моря.

### **Методика расчета запасов и статистическая обработка данных**

В общем виде, запас (суммарная биомасса) водорослей рассчитывается как произведение средней биомассы и площади зарослей с учетом среднего проективного покрытия (ПП) дна зарослями на участке побережья:

$$Q = B \times \text{ПП} \times S / 100 \text{ или } Q = B \times \text{ПП} \times W \times L / 100,$$

где  $Q$  - Запас для участка побережья,  $B$  - средняя биомасса водорослей в зарослях ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ),  $S$  - площадь зарослей на участке побережья,  $\text{ПП}$  - проективное покрытие дна зарослями (%),  $W$  - ширина зарослей (пояса растительности),  $L$  - длина зарослей (пояса растительности) вдоль побережья. Средняя биомасса рассчитывается как среднее между взятыми пробами из рамок в данном контуре растительности.

Расчетам величин суммарной биомассы, плотности и площади зарослей **по видам** промысловых водорослей посвящены все перечисленные выше методы водолазных и дистанционных исследований. Для учета поправок, возникающих вследствие неоднородности зарослей целесообразно вводить в формулу просчета запасов поправочные коэффициенты. Особенно важно учитывать особенности пространственного распределения макрофитов в мозаичных зарослях или зарослях, перемежающихся частыми повторяющимися прогалами - участками дна, лишенными растительности. В этом случае, для исключения из площадей обьсчета участков дна лишенных растительности следует умножать конечную величину запаса на процент площади дна, занятой растительностью (то есть 100% дна минус процент дна, занятого прогалами) и делить на 100%:

$$Q = B \times \text{ПП} \times (100 - \text{ПП1}) \times S / 100 \times 100,$$

где  $Q$  – запас для участка побережья,  $B$  – средняя биомасса водорослей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ),  $S$  – площадь зарослей на изучаемом участке побережья,  $ПП$  – проективное покрытие дна водорослями в пределах зарослей,  $ПП1$  – процент прогалин (участков голого дна).

В данном случае применение двух показателей  $ПП$  оправдано, так как первая величина ( $ПП$ ) является характеристикой зарослей макрофитов и отражает плотность зарослей внутри "пятен", а вторая величина ( $ПП1$ ) – отражает характер распределения зарослей на дне (соотношение участков голого дна и участков, занятых растительностью). Подобный метод оценки может быть применим для оценки запасов водолазным методом без применения дистанционных методов и построения промысловых планшетов. Последний метод, учитывающий распределение зарослей на дне, является более трудоемким и более точным.

Если  $ПП$  вида на дне и в рамке не совпадает, следует соотносить (делить) средний  $ПП$  вида на дне (в биоценозе) к  $ПП$  вида в рамке или (среднее  $ПП$  между всеми взятыми рамками):

$$Q = B \times \frac{ПП \times S}{ПП2},$$

где  $Q$  – Запас для участка побережья,  $B$  – средняя биомасса водорослей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) в рамке. Средняя биомасса рассчитывается как среднее между взятыми пробами из рамок в данном контуре растительности,  $S$  – площадь зарослей на участке побережья,  $ПП$  – среднее проективное покрытие дна зарослями (определяется визуально),  $ПП2$  – Среднее проективное покрытие вида в рамке, рассчитывается как среднее между  $ПП$  во всех взятых рамках.

Для наклонной поверхности при значительном уклоне дна следует делить линейную ширину пояса (вычислен-

ную по GPS) на косинус угла уклона дна, чтобы получить реальную ширину зарослей, а не ее горизонтальную проекцию:

$$Q = B \times III \times W \times L / \cos(R) \times 100,$$

где  $Q$  – Запас,  $B$  – средняя биомасса водорослей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ),  $III$  – проективное покрытие дна зарослями,  $W$  – ширина зарослей (пояса растительности),  $L$  – длина зарослей (пояса растительности) вдоль побережья,  $\cos(R)$  – косинус угла наклона дна.

При сильно изрезанном микрорельефе следует ввести некоторый поправочный коэффициент, увеличивающий реальную поверхность грунта, пригодного для прикрепления водорослей, который может быть выведен эмпирически или рассчитан на основе данных о микрорельефе дна. Существуют так же экспериментально вычисленные коэффициенты, исправляющие устойчивые отклонения реальных величин от рассчитанных и исследователь может и должен адаптировать формулу расчета запаса в каждом конкретном случае, если введение дополнительных корректирующих коэффициентов повышает точность конечных расчетов.

Важным моментом работы СУБД (систем управления базой данных) является возможность автоматизировать просчет суммарной величины запаса с учетом площадей фитоценозов и всех поправочных площадных коэффициентов. Согласно логике биоценотического подхода к оценке запасов, на первом этапе вычислений проводится просчет суммарной биомассы для каждого отдельного фитоценоза. Расчет суммарной биомассы, как совокупности суммарных биомасс фитоценозов, является более эффективным, чем простое усреднение выборок количественных водолазных проб с разных глубин, так как лучше учитывает особенности пространственного распределения макрофитов.



Если растительность прибрежной зоны носит поясной характер, на основании перпендикулярных берегу водлазных разрезов возможно получение статистических экстраполяционных отчетов по запасам. Для этого в базу данных должны заноситься все данные по биомассам видов в фитоценозе, данные по ширине поясов растительности (фитоценозов) и данные по протяженности участков побережий с однородной растительностью. В этом случае возможно получение полной статистики распределения запасов вдоль побережья по видам промысловых водорослей, глубинам произрастания зарослей и характеру их распределения вдоль побережья.

Достоинством реляционной базы данных является то, что путем связывания таблиц по ключевым полям можно извлечь информацию и установить зависимость между любыми из занесенных в базу данных параметров. Причем современные компьютерные мощности позволяют это делать на любом, практически неограниченном, объеме данных. Это означает, что при наличии единообразных данных СУБД может выделить и статистически обработать выборку любых показателей, характеризующих заросли макрофитов во времени, расположению в пространстве и их зависимости от характеристик экотопа.

Дальнейшая компьютерная обработка включает проведение статистических анализов по батиметрическому и пространственному распределению гидробионтов, составление статистических обобщающих отчетов по трансектам, типам побережья и в целом по съемке, статистическую обработку данных по фитоценозам (их экологические оптимумы локализации) и другие анализы. Ценность полученных зависимостей возрастает, если они подтверждается рядом многолетних наблюдений. Еще более продолжительное слежение за статистическими показателями фитоценозов может выявить тренды многолетних количественных и качественных изменений в прибрежных экосистемах.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА И ПОДГОТОВКА ПРОМЫСЛОВЫХ ПЛАНШЕТОВ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОМОРСКИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ)

При определении запасов практически всех промысловых видов водорослей до настоящего времени используется формула (Гемп, 1963):

$$Q = B \times ПП \times S / 100,$$

где  $B$  – средняя биомасса водорослей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) в зарослях,  $ПП$  – проективное покрытие дна водорослями (%),  $S$  – площадь, занятая зарослями ( $\text{м}^2$ ).

В зависимости от специфики распределения водорослей в различных районах, видового разнообразия и биологических особенностей конкретных видов в эту формулу могут вводиться поправочные коэффициенты к любому показателю, если они обоснованы и подтверждены экспериментальным путем.

По современным требованиям подготовки материалов прогнозов для прохождения экологической экспертизы необходимо выделение **общего и промыслового запасов** каждого лимитируемого вида водорослей. Сложность в определении промысловой части запаса возникает из-за того, что в настоящее время отсутствует однозначная интерпретация понятия «промысловые водоросли». Так, для других гидробионтов в это понятие включены определенные размерные или весовые критерии, по водорослям же такие критерии не определены (за исключением ламинарии японской, где критерием отнесения ее к промысловому статусу является возраст растений) и в настоящее время под «промысловыми водорослями» в большинстве случаев понимаются те виды, которые пригодны для промышленной переработки. С другой стороны, существующие методы оценки запасов

водорослей еще далеки от совершенства и в большинстве случаев при их использовании невозможно оценить **общий запас** как суммарную фитомассу всех водорослей конкретного вида или группы видов в изучаемом районе. Особенно это относится к оценке литоральных и верхних сублиторальных участков, где многие методы (и водолазный, и гидроакустический) просто не применимы, а все площади, занятые водорослями, очень сложно детально обследовать. Поэтому чаще всего в **промысловый запас** включается фитомасса водорослей на конкретно обследованных участках без учета запаса той доли акваторий, которые остаются неизбежно необследованными. Возможно охарактеризовать **промысловый запас** – как часть общего запаса или суммарную биомассу водорослей, достигших промыслового состояния в зарослях, пригодных для ведения промысла. Существенными ошибками могут являться и данные экстраполяции значений различных параметров на другие площади при незначительном отборе проб (что наблюдается в дальневосточных р-нах), которые производят как сами исследователи, так и программные комплексы. Поэтому вводить понятие общего запаса тех или иных видов водорослей можно с большой осторожностью.

Для изготовления промысловых планшетов используются данные, полученные во время экспедиционного этапа и результаты их дальнейшей обработки.

Во время экспедиции в компьютер в ГИС-программу "Mapinfo" (возможно в другую) заносятся данные эхолотной съемки и данные, снятые с GPS - приемника.

Эхолотная съемка в **сублиторальной зоне** выполняется с катера эхолотом-самописцем («Furuno» или «Skiper») или рыбопоисковыми эхолотами, обладающими необходимыми техническими характеристиками (см. главу гидроакустическое обследование). Съемка производится галсами вдоль береговой линии от осушки до границы рас-

пределения зарослей. Координаты эхолотных разрезов, а также точек поворотов и промежуточных точек, которые соответствуют границам зарослей, определяются с помощью GPS-приемника. Одновременно, на эхолотной ленте делаются отметки для соотнесения полученных координат с эхограммой, а также наблюдателем-интерпретатором на эхоленте делаются отметки о соответствии каждого участка эхограммы определенной плотности зарослей. Далее данные с GPS-приемника вносятся в компьютер и по специальной программе обрабатываются в программе Mapinfo, что позволяет привязать эхолотные галсы к географическим координатам морской карты. На эти эхолотные разрезы интерпретатор наносит вручную данные с эхоленты, соотнося расположение зарослей с глубиной их произрастания. Получается электронная карта с расположением зарослей в обследованном участке (рис.26). По этим рабочим картам определяется расположение зарослей различной категории плотности покрытия дна и определяются места отбора проб на биоанализ, включающий в т.ч. и биомассу водорослей. После отбора проб, исходя из объема 3 - 5 проб в каждой категории зарослей (пробы отбираются в местах с максимальной плотностью водорослей, характерной для этой категории зарослей), эти данные также заносятся в электронную базу данных и после вычисления средних значений фиксируются на рабочей карте. Компьютер рассчитывает в каждом обследованном участке (в нашем случае секторе) площади, занятые каждой категорией зарослей. Исходя из всех полученных данных, с учетом площадей, полученных в программе "Mapinfo", рассчитывается запас для каждой категории заросли по вышеприведенной формуле. На основании расчетов определяется запас по каждой категории зарослей, и после суммирования – в целом по сектору. Данные о запасе, показатели биомасс наносятся на электронную карту и далее переносятся на бумажные носители в нужном формате. В связи с разработкой программ-

ного комплекса на базе гидроакустической аппаратуры в ближайшее время станет возможным высчитывать запас сублиторальных видов целиком автоматически, а при картировании будет учитываться не плотность покрытия дна водорослями, а распределение биомасс на участке.

По **фукусовым** водорослям данные для подготовки планшетов собираются на малой воде в литоральной зоне с берега или с маломерного судна (лодки). GPS - приемником фиксируются точки начала и окончания границ однородной заросли, а также точки отбора проб (другой обозначающей точкой в приемнике). Данные координат точек записываются в журнал вместе с подробным описанием конкретной заросли (даются ПП, биомассы видов, их соотношение, ширина и длина заросли, распределение по частям литорали). На судне все эти данные заносятся в программу «Access», а данные GPS- приемника - в ГИС-программу «Mapinfo». По зафиксированным координатам границ зарослей в компьютере рисуется расположение зарослей в виде линейных отрезков. На эту основу из базы данных накладываются промысловые характеристики зарослей, причем ПП берется как абсолютное значение для конкретной заросли, а биомасса как среднее значение биомасс, отобранных в разных частях пояса или заросли (верхней, средней и нижней). Запас рассчитывается для каждой заросли по той же формуле, что и для ламинариевых водорослей, но с учетом поправочного коэффициента:

$$Q=1,1 \times K \times 10^{-4} \times B \times ПП \times S,$$

где  $1,1 \times K \times 10^{-4}$  - сводный коэффициент, включающий пересчет массы водорослей из г в кг, величину ПП в %, и поправочный коэффициент (K), полученный статистическим путем при пересчете биомассы, отобранной рамкой размером  $30 \times 30$  см в м<sup>2</sup>, выведенный экспериментальным путем,

который в зависимости от места произрастания (конкретно от плотности покрытия дна фукоидами) может колебаться от 0,5 до 0,7 для беломорских фукоидов);  $B$  – средняя биомасса водорослей в данной заросли, отобранная рамкой 30x30 см, г;  $III$  – проективное покрытие дна водорослями, %;  $S$  – площадь занятая водорослями, м<sup>2</sup>.

Далее суммируются все запасы по зарослям конкретной категории плотности покрытия дна, а затем вычисляется общий запас по сектору. На планшеты выводятся данные по биомассам и конкретным запасам в секторах. Нерешенной проблемой остается определение в промысловом запасе доли сублиторальных фукоидов, которые при использовании существующей методики не учитываются.

Особую сложность представляют в настоящее время работы по картированию и вычислению запасов красной водоросли – анфельции складчатой в связи с мозаичным распределением ее зарослей. Применение основных элементов методов, используемых для ламинариевых и фукусовых водорослей, в таких зарослях затруднено из-за расположения зарослей на малых глубинах, где практически невозможно использование эхолотов, ГБЛО, а также очень затруднена привязка расположенных зарослей к местности. Основным здесь остается пока водолазное обследование с отбором проб для определения биомассы на сетке разрезов.

В настоящее время в связи с резким уменьшением запасов этого ценного вида, в течение последних десятилетий сборы анфельции рекомендуются только из штормовых выбросов и разработка методов оценки состояния сообществ анфельции менее актуально, чем, например, разработка биотехнологии ее восстановления.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА (ОДУ)

В законе «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» **ОДУ** характеризуется как научно обоснованная величина годовой добычи (вылова) водных биологических ресурсов конкретных видов в рыбохозяйственном бассейне или районе промысла. Более конкретным можно считать следующее определение:

**Общий допустимый улов (ОДУ)** – научно обоснованная величина годового промыслового изъятия из единицы запаса, соответствующая ее текущему состоянию и принятой для этого запаса стратегии эксплуатации (Бабаян В.К., 2000).

Первая часть определения (научно обоснованная величина) базируется прежде всего на основных биологических показателях состояния популяций промысловых видов (видовой специфике, особенностях репродуктивной активности, продолжительности жизненного цикла и др.) и их способности к восстановлению после проведенного изъятия. Вместе с тем, во второй части для каждого района должны быть учтены характер промысла, использование орудий добычи и промысловые характеристики зарослей (их распределение на участке, ширина и длина вдоль береговой линии, глубина произрастания водорослей или их массовых скоплений, плотность покрытия дна - пп, соотношение разных видов в зарослях и т. д.). Часто бывает, что «текущее состояние популяций» позволяет выделить ОДУ для этого участка, но заранее известно, что промысел здесь не будет организован по причине труднодоступности акваторий (высокая степень прибойности, сложная геоморфологическая структура побережья: большое количество корг, мелких островков и крупных валунов, резкие свалы глубин при использовании механизированного способа).

Особенно много таких промысловых зарослей у Курильских островов, восточных побережий Камчатки, Чукотки, Сахалина и ряда других. Целесообразно при прогнозировании выделять участки «потенциально пригодные» для промысла. Вместе с тем величина ОДУ для таких участков должна входить в общий ОДУ.

Основной группой промысловых водорослей являются **ламинариевые** водоросли, продолжительность жизни которых, как правило, колеблется от 1 до 5 - 7 лет. Большинство видов промысловых или потенциально промысловых видов имеют продолжительность жизни от 3-х и более лет, у ламинарии японской двухлетний цикл развития, а у костарии однолетний. Ламинариевые водоросли имеют очень высокий репродуктивный потенциал (большое количество сорусов спорангиев с зооспорами, поэтому даже небольшое количество спороносящих слоевищ (около 10% от общего количества спороносящих слоевищ), полностью могут обеспечить воспроизводство. Однако, в разреженных зарослях при большой промысловой нагрузке может произойти смена фитоценозов, когда ценные промысловые виды могут быть вытеснены менее ценными, а иногда и непромысловыми видами.

При определении ОДУ следует учитывать не только величину запаса, но и проективное покрытие дна ими. Для характеристики степени промысловой привлекательности ламинариевых и фукусовых зарослей специалистами СевПИНРО в Белом море применяется понятие категоричности зарослей. Все заросли делятся на четыре категории по показателю проективного покрытия дна водорослями (непромысловые заросли - до 30% ПП, заросли III категории - от 30 до 50%, заросли II категории - от 50 до 70 %, заросли I категории - более 70%). На основании многолетних данных о скорости восстановления сообществ водорослей в каждой из выделенных категорий после различного промыслового изъятия, определение ОДУ при таком подходе на-

прямую зависит от преобладающей категории зарослей в секторе (участке побережья). При доминировании зарослей I категории ОДУ составляет от 20 до 30% от исчисленного запаса, при доминировании зарослей II категории - от 15 до 20%, при доминировании зарослей III категории от 10 до 15%. При определении ОДУ в секторе учитываются также особенности распределения зарослей в данном секторе, значения биомасс и соотношение промысловых видов, наличие или отсутствие промысла и его режима.

Такой подход к выделению ОДУ может быть рекомендован в регионах с обширными, **неоднородными** полями зарослей.

У большинства ламинариевых водорослей продолжительность жизни 3 и более лет, основная биомасса приходится на слоевища в возрасте 2-4 лет, а средняя величина их ОДУ рекомендуется на уровне 15-25% от запаса.

У ламинарии японской и циматеры японской жизненный цикл равен двум годам и промысловыми считаются двухлетние слоевища, которые и рекомендуются для промысла. ОДУ двухлетних слоевищ может достигать 90% от их запаса при соблюдении сроков и правил добычи. Если имеются данные только об общем запасае водорослей этих двух видов, т.е. отсутствуют материалы о весовом соотношении одно-двухгодичных слоевищ, то ОДУ не должно превышать 25-30% от их общего запаса.

Для однолетнего вида ламинариевых (костарии) ОДУ может достигать 80-90%, а теоретически до 100% от запаса.

Ламинариевые водоросли в настоящее время добывают прежде всего с помощью канзы и методом скашивания. В этих случаях доступны только мелководные заросли в период отлива. При водолазном способе добычи и с помощью драги (последний способ добычи во многих районах запрещен) доступны все заросли ламинариевых водорослей независимо от глубины (скопления водорослей, как прави-

ло, расположены на глубине 0-15(20) м). Учитывая разную доступность промысловых скоплений при различных способах добычи, в рекомендациях следует приводить не только величину запаса для каждого конкретного района, но и отдельно среднюю биомассу, п.п. и запас водорослей для мелководных участков этого района.

Средняя продолжительность жизни большинства **фукусовых** водорослей, формирующих основные запасы составляет 4 - 7 лет, хотя максимальная продолжительность у многих видов более 10 лет. При определении ОДУ для этих видов необходимо учитывать два момента: во-первых, объем изымаемых водорослей в зарослях, различающихся по плотности покрытия дна (аналогично ламинариевым водорослям), во-вторых, режим промысла. На основании полученных экспериментальных данных в Белом море по восстановлению фукоидов в зависимости от различной доли изъятия можно рекомендовать определение ОДУ по тому же принципу, что и для ламинариевых водорослей (определенный процент для каждой категории зарослей). Сбор фукусовых водорослей в среднем должен составлять не более 20-25% от запаса. Недопустимо полностью срезать все водоросли на значительной площади, иначе затрудняется восстановление зарослей, а в ряде случаев сплошная добыча может привести к смене фитоценоза и исчезновению промыслового вида.

У многих фукусовых водорослей, в частности у фукуса пузырьчатого и аскофиллума, на органы размножения – рецептакулы в период их максимального развития и созревания приходится до 40 - 50% от общей биомассы слоевища. При изучении и определении запасов необходимо учитывать это обстоятельство. Промысел этой группы промысловых водорослей следует вести до начала разрушения и сброса рецептакул в период их максимального развития.

Важным промысловым видом красных агарсодержащих водорослей является пластообразующая анфельция

тобучинская в заливе Петра Великого, заливе Измена (о. Кунашир) и лагуне Буссе (о. Сахалин). Анфельция является медленно растущим, многолетним видом, размножающимся вегетативно. Средняя продукция анфельции составляет около 10% от общей биомассы. ОДУ может составлять не более 10% от запаса. Заготовка должна вестись из выбросов (при наличии выбросов активный лов запрещается до полного сбора штормовых выбросов). Активный лов ведется на предвыбросных скоплениях. В случае, если величина выбросов и предвыбросных скоплений менее 10% от запаса, промысел возможен и на основном промысловом пласте, на участках, где его толщина составляет 50 см и более. Анфельцию складчатую в Белом море можно заготавливать только из штормовых выбросов, активный промысел этого вида запрещен.

До настоящего времени имеются значительные акватории морей, на которых запасы водорослей не изучались или велись рекогносцировочные исследования (экспертная оценка запасов). Для слабо исследованных районов, а также для зарослей промысловых водорослей, пострадавших от перелова и других антропогенных воздействий, аномальных климатических, гидрологических изменений, ОДУ должно быть минимальным, не более 5% от запаса.

К промысловым объектам относятся также морские травы – зостера и филлоспадикс. Основной способ размножения морских трав вегетативный, корневищами, хотя они могут размножаться и семенами. Осенью происходит массовый сброс листьев у морских трав, часть из них выбрасывается на берег, формируя выбросы. Морские травы заготавливают, собирая их из выбросов или скашивают в конце лета в период формирования максимальной фитомассы на мелководных зарослях. Морские травы можно скашивать полностью, оставляя нетронутыми подземную часть растений: корневища и корни.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аверинцев В.Г., Голиков А.Н., Сиренко Б.И., Шереметевский А.М.*, 1982. Количественный водолазный метод гидробиологических исследований // Подводные гидробиологические исследования. Сборник работ. Владивосток, ИБМ. – С. 48-58.
- Авилов И.К.*, 1968. Методическое руководство по производству геологических работ в рыбопоисковых целях. – М.: ОНТИ ВНИРО. – 50 с.
- Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В.*, 1990. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. – М.: Наука. – 224 с.
- Барашков Г.К.*, 1965. О методике количественного учета литоральных водорослей // Распределение и состав промысловых водорослей Баренцева моря. Труды ММБИ Кольского филиала АН СССР, 8(12). – С. 8-12.
- Блинова Е.И., Гусарова И.С.*, 1971. Водоросли сублиторали юго-восточного побережья Камчатки // Известия ТИНРО, т.76. – С.139-155.
- Буданов В.И.*, 1964. Методика экспедиционных исследований береговой зоны моря. – М.: Наука. – 224 с.
- Вилкова О.Ю.*, 2005. Типизация подводных береговых склонов для расчета биологических ресурсов/Новые и традиционные идеи в геоморфологии. Щукинские Чтения. Труды. – М.: МГУ. – С. 382 -386.
- Гаврилов Е.Н., Пестриков В.В.*, 1992. Оптимальные режимы работы малогабаритных эхолотов при поиске ламинариевых водорослей // Современные методы исследования морских макрофитов. – Мурманск: ПИНРО. – С. 28-39.
- Гемп К.П.* Новые методы исследований промысловых водорослей в Белом море. Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. М.-Л., 1963.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А.*, 1965. Гидробиологические исследования в заливе Посъет с применением водолазной техники // Исследования фауны морей СССР, 3(9). – С. 5-21.
- Грузов Е.Н., Протт М.В., Пушкин А.Ф.*, 1967. Биологические сообщества прибрежных районов моря Дейвиса по результатам водолазных наблюдений // Информационный бюллетень САЭ, 64. – С. 124-142.



- Гурьева З.М., Петров К.М., Шарков В.В., 1964. Аэрофотометоды геолого-геоморфологического исследования внутреннего шельфа берегов морей // Л.: Недра. – 227 с.
- Гурьева З.И., Петров К.М., Рамм Н.С., Шарков В.В., 1968. Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки // Л.: Наука. – 372 с.
- Гурьянова Е.Ф., 1962. Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов // Комиссия по рыбохозяйственному исследованию западной части Тихого океана. Сб. докл. на II Пленуме. – С. 92-102.
- Гурьянова Е.Ф., 1971. Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов // Изв. ВГО, 103(2). – С. 92-102.
- Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В., 1930. Литораль Кольского залива. III. Условия существования на литорали Кольского залива // Труды Ленинградского общ-ва естествоиспытателей. – Т. 60. – Вып. 2.
- Денисов Н.Е., 1972. Некоторые вопросы методики водолазных исследований донных сообществ // Океанология, 12(5). – С. 884-891.
- Денисов Н.Е., 1979. Методика обследования, количественных сборов и картографирования бентоса шельфа с применением водолазной техники // Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты, ММБИ. – С. 85-95.
- Жадин В.И., 1969. Методы гидробиологического исследования. – 191 с.
- Золотарев В.В., Орлов М.Л., Федотов Д.Б., 2002. Гидролокационная съемка мелководных акваторий дальневосточных портов // Разведка и охрана недр, 1. – С. 22-23.
- Иванов Б.Г., 2004. Методическое пособие по промыслово-биологическим исследованиям морских креветок (съемки запасов и полевые анализы) // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 2. М., Изд-во ВНИРО. 108 с.
- Инструкция по маршрутному промеру, 1984. – Л., ГУНИО МО. – 82 с.
- Казанин Г.С., Клецин С.М., 2002. Рациональный сейсмоакустический комплекс для геологической съемки шельфа // Разведка и охрана недр, 1. – С. 16-22.
- Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б., 1960. Изучение подводного рельефа в океанографических экспедициях // Труды ИОАН СССР, 44. – С. 3-53.

- Кашин И.А.*, 1982. Методика изучения обрастания гидротехнических сооружений с помощью легководолазной техники // Подводные гидробиологические исследования. – С. 42-47.
- Клёнова М.В.*, 1948. Геология моря. //М., Учпедгиз. – 495 с.
- Корхов А.И., Кириллюк М.М.*, 1992. Применение гидроакустики в изучении филлофорного поля Зерна // Современные методы исследования морских макрофитов. С. 53-61.
- Левин В.С.*, 1994. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей. СПб., изд-во ОЮ-92. – 240 с.
- Левин В.С., Шендеров Е.Л.*, 1975. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биология моря, 2. – С. 64-70.
- Лукин В.И., Фадеев В.И.*, 1982. Особенности планирования гидробиологических работ на акваториях большой протяженности // Подводные гидробиологические исследования. Сборник работ. Владивосток, ИБМ. – С. 13-20.
- Мировое производство аквакультуры в 1998-2000 гг.*, 2002. Материалы ФАО – ФАО, Fishery statistics. – С.5, 153, 154.
- Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла за 1998-2000 гг.*, 2002. Материалы ФАО – ФАО, Fishery statistics, 2(30). – С. 4-19.
- Муравский В.И., Бадулин В.В., Королев А.П.*, 1986. Мониторинг фурацеллярии в юго-восточной Балтике. – Изд-во ПИНРО. – С.98-104.
- Пестриков В.В.*, 1992. Изучение запасов ламинариевых водорослей Баренцева моря с использованием эхолота “Шкипер-607” // Современные методы исследования морских макрофитов. – Мурманск, Изд-во ПИНРО. – С.40-47.
- Петров К.М.*, 1969. Методика ландшафтного исследования береговой зоны моря. – В кн.: Морские подводные исследования. – М.: Наука. – С. 136 – 148.
- Петров К.М.*, 1971. Береговая зона моря как ландшафтная система // Изв. ВГО, 103(5). – С. 391-396.
- Петров К.М.*, 1974. Теоретические основы ландшафтного картирования дна морских мелководий // Сб. ст.: Картографирование шельфов. – С. 6-30.
- Пронина О.А.*, 2001. Современная методика оценки и состояния запасов промысловых водорослей Белого моря // VIII съезд гидробиологического общества РАН, тезисы докладов, т. I. – С. 66-67.

- Пронина О.А.*, 2002. Проблемы и перспективы использования сырьевой базы водорослей Белого моря. Сб. научных трудов. Материалы рыбохозяйственных исследований водоемов европейского севера, СевПИНРО, с.428-438.
- Протт М.В.*, 1971. Экология прибрежных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. – Л., Наука. – С. 128 с.
- Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мясоедов В.И., Барсуков В.Н., Мирошников В.В., Згуровский К.А., Канарская О.А., Федосеев В.Я.*, 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. Владивосток, ТИНРО. – 59 с.
- Сафьянов Г.А.*, 2000. Геоэкология береговой зоны океана. – М.: Изд-во Московского университета. – 153 с.
- Серебров Л.И., Тарасова Г.П.*, 1998. Простые орудия лова морского ежа // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – С. 443-452.
- Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н.*, 1964. Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанология, 4(4). – С. 707-719.
- Сорокин А.Л.*, 1987. Ландшафты шельфа Кольского полуострова: геолого-геоморфологические основы формирования. – М., Изд-во «Недра». – 128 с.
- Сорокин А.Л., Ванюхин Б.И., Кильдюшевский Е.И., Гуревич Д.С.*, 1987. Методическое руководство по ландшафтному картированию морских макрофитов и оценке их запасов с применением аэрофотосъемок. – 134 с.
- Сорокин А.Л., Пестриков В.В.*, 1986. Использование рыбопромысловых эхолотов при картировании морских макрофитов. Рыбное хозяйство, №11. – С. 58-59.
- Столяренко Д.А., Бадулин В.В.*, 1988. Новый подход к оценке запасов водорослей на примере телевизионной съемки балтийской фурцеллярии // III Всесоюзн. конференция по морской биологии, ч. I, тезисы докладов. Киев. – С.195.
- Титлянов Э.А., Новожилов А.В., Буторин П.В.* 1986. Естественные поля анфельции в проливе Старка Японского моря и рекомендации по их рациональной эксплуатации // Биология моря, 5. – С. 58-66.
- Фадеев В.И., Лукин В.И.*, 1982. К методике подводных гидробиологических исследований верхней сублиторали в условиях подвижных

морских экспедиций // Подводные гидробиологические исследования. Сборник работ. Владивосток, ИБМ. – С. 21-34.

- Федоров В.В.*, 1981. Донные ландшафты шельфа и подводных гор (на примере некоторых промысловых районов Атлантического, Тихого и Индийского океанов). – Дисс. на соиск. уч. степени кандидат геогр. наук. – М. – 253 с.
- Федоров В.В.*, 1982. Методические рекомендации по проведению морских ландшафтных исследований в рыбохозяйственных целях. – М., ВНИРО. – 66 с.
- Чернобровкина Е.И.*, 1985. Опыт классификации морских ландшафтов. – В кн.: Географические аспекты изучения Мирового океана. Тезисы докл. секции III, VIII съезда Географического о-ва СССР. – Л. – С. 5-7.
- Tracey G. A., Saade E., Stevens B., Selvitelli P., Scott J.*, 1998. Laser line scan survey of crab habitats in Alaskan waters. – J. of Shellfish research, 17(5) – P. 1483-1486.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ (Вилкова О.Ю.)</b> . . .	3
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
ДОННЫЙ ЛАНДШАФТ И ЕГО КОМПОНЕНТЫ . . . . .	6
ОРГАНИЗАЦИЯ МОРСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ . . . . .	10
Назначение исследований . . . . .	10
Масштаб ландшафтной съемки . . . . .	11
Этапы ландшафтных исследований . . . . .	11
МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ . . . . .	14
Аэрофото- и космическая съемка . . . . .	15
Гидроакустическая съемка . . . . .	27
Подводное фотографирование и телевизионная съемка . . . . .	28
Лазерное сканирование . . . . .	29
Водолазные исследования . . . . .	30
ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ СЪЕМКИ В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ . . . . .	35
<b>2. ИССЛЕДОВАНИЯ И УЧЕТ ПРОМЫСЛОВЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ ВОДОЛАЗНЫМ СПОСОБОМ (Милютин Д.М.)</b> . . . . .	41
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	41
ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ . . . . .	44
Список необходимого оборудования . . . . .	45
МЕТОД ТРАНСЕКТ (РАЗРЕЗОВ) . . . . .	46
МЕТОД РАНДОМИЗАЦИИ ПРОБ . . . . .	49
ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТАХ . . . . .	50
Визуальный учет эпифауны . . . . .	52
Отбор проб . . . . .	65
РАЗБОР ПРОБ И ПРОВЕДЕНИЕ БИОАНАЛИЗА . . . . .	69
Морфометрические показатели и взвешивание . . . . .	70
Пол . . . . .	72
Плодовитость и состояние репродуктивной системы . . . . .	73

Плодовитость и состояние репродуктивной системы . . . . .	73
Классификация личиночных стадий ракообразных . . . . .	74
Систематизация результатов водолазной съемки и биологического анализа . . . . .	76
ОЦЕНКА ЗАПАСОВ . . . . .	77
Метод трансект . . . . .	77
Метод рандомизированной съемки . . . . .	78
<b>3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ (Блинова Е.И., Пронина О.А., Штрик В.А.) . . . . .</b>	<b>80</b>
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	80
ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЙ . . . . .	83
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП . . . . .	83
ЭКСПЕДИЦИОННЫЙ ЭТАП . . . . .	84
Осмотр зарослей с моторной шлюпки, катера в отлив . . . . .	85
Аэрометоды . . . . .	86
Гидроакустическое обследование . . . . .	93
Подводная телесъемка . . . . .	102
Водолазное обследование . . . . .	103
Особенности изучения зарослей литоральных водорослей . . . . .	105
Особенности изучения пластообразующих красных водорослей . . . . .	108
Первичная обработка материала в экспедиционных условиях . . . . .	109
Экспедиционное снаряжение и оборудование . . . . .	111
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП . . . . .	112
Работа с базами данных . . . . .	112
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА И ПОДГОТОВКА ПРОМЫСЛОВЫХ ПЛАНШЕТОВ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОМОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ) . . . . .	118
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА (ОДУ) . . . . .	123
<b>ЛИТЕРАТУРА . . . . .</b>	<b>128</b>

**Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов,  
сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах,  
техника и технология их добычи и переработки**

**Выпуск 3**

***Блинова Екатерина Ивановна, Вилкова Ольга Юрьевна,  
Милютин Дмитрий Михайлович, Пронина Ольга Алексеевна,  
Штрик Вадим Александрович***

**Методы ландшафтных исследований  
и оценки запасов донных беспозвоночных  
и водорослей морской прибрежной зоны**

Подписано в печать 28.10.2005.  
Печ. л. 8,44. Формат 60x84 1/16.  
Тираж 300. Заказ № 60.

Издательство ВНИРО  
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17  
Тел.: (095) 264-65-33  
Факс: (095) 264-91-87