

МОРСКОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Б.В. Преображенский

Тихоокеанский институт географии
ДВО РАН
Владивосток

Исследование подводных ландшафтов представляет собой новое направление в современной географии. Оно непосредственно воздействует на разработку общей стратегии рационального природопользования в прибрежной зоне моря. Успешность разработки научных основ рационального природопользования в прибрежной зоне, так же, как и на суше, зависит в первую очередь от адекватности наших представлений о строении и функционировании природных систем и о состоянии среды и средообразующих факторов. Суждения о состоянии среды наземных геосистем выносятся, хотя и с относительной уверенностью, но часто далеко не бесспорно, на основе непосредственных наблюдений и с учетом многовекового опыта человечества.

Редкий вид человеческой деятельности в современных условиях можно себе представить без документальной основы в виде общегеографических и тематических карт, планов, схем. К этому человека подталкивал ежедневный опыт. А вот для подводных угодий эта практика еще только начинается. Более того, очевидная в наземных условиях истина всякий раз требует своего обоснования.

Люди, принимающие ответственные решения в области прибрежно-морского природопользования, как правило, не только не подозревают о необходимости этого этапа работ, но и не желают об этом ничего знать, поскольку эта не очевидная для них часть деятельнос-

ти требует, во-первых, понимания, а во-вторых – финансовых вложений и материальных ресурсов. В свое время Наполеоном для сугубо фискальных целей был введен кадастр земель. Ему надо было содержать армию, а сколько денег можно выколотить из подданных, никто точно не знал. Поэтому нужно было оценить стоимость всего движимого и недвижимого имущества и продуктивность их владений и на этой базе облагать подданных данью. Екатерина Великая так же повелела в свое время учредить земельный кадастр и в России. С отменой частной собственности на землю в советское время кадастр в нашей стране был упразднен. Сегодня его необходимость снова ни у кого не вызывает сомнений. И раз уж так случилось, то не пора ли «под шум волны» ввести и кадастр подводных угодий?

Новые понятия требуют новых терминов. Отличие подводных природно-территориальных объединений, причисляемых к «ландшафтам», от наземных связано не только с рядом специфических для моря физико-географических характеристик. Эти отличия в строении, функционировании и динамических особенностях оказались настолько глубокими, что мы зачастую бываем вынуждены отказаться от заманчивой возможности переноса ряда основных положений наземного ландшафтоведения в практику подводных исследований. Даже сами выражения «морские ландшафты» или «морское ландшаф-

товедение» не только этимологически мало пригодны в применении к подводным геосистемам, но и весьма сомнительны по своей логической структуре. Поэтому нами в применении к подводным «ландшафтам» выработан новый термин – «бен-тема».

Попытаемся для читателей журнала, не знакомых с проблемой, вкратце показать что бентема – вовсе не ландшафт, или по крайней мере в основном не ландшафт. Субаквальные ландшафты образуют единое множество, поскольку они отличаются от всех остальных одним общим признаком: ландшафты этого типа формируются в зоне взаимодействия литосферы, гидросферы и биосферы. Субаквальные ландшафты почти не взаимодействуют с атмосферой непосредственно и имеют ряд других признаков, резко отличающих их от субаэральных ландшафтов.

Субаквальные ландшафты, или бентемы, лишены не только атмосферы, а потому и климата, но и почвенного покрова, в них принципиально по-иному происходит обмен вещества и энергии; энергетический поток через автотрофную часть экосистем проходит, в основном, минуя литогенный элемент, непосредственно через водную среду.

Гомологом почвы, у которой главный полезный элемент представлен гумусом, в море является «жидкая почва» – раствор комплекса гуминовых кислот, или «янтарное вещество». Однако тактика использования этого вещества морскими организмами коренным образом отличается от таковой при использовании гумуса наземными сообществами. Некоторые морские организмы его едят, чего не скажешь о наземных животных.

Отсюда следует, что применение к бентеме даже ланд-

шафтной терминологии нуждается в достаточно хорошем обосновании. Этот вопрос мы тщательно разобрали, и результаты этого разбора опубликованы. Что до технологии изучения, то она не имеет практически ничего общего с технологией исследования наземных ландшафтов. Лишь методологическое единство подходов – ландшафтный подход – у них остается неизблемым.

Среди важнейших условий правильного представления бентем – отработка адекватных технологических приемов исследования. Одним из трудных моментов является страшно неудобная в практическом применении диспропорция в различимости мелких деталей и общих планов местности под водой. При исключительно обширных площадях, занятых бентемами, их обследование может вестись только с очень малых расстояний, фигурально выражаясь, почти что с применением микроскопа. Мы можем непосредственно наблюдать и фотографировать только очень близко расположенный перед нами небольшой участок морского дна, размером не более 2–3 м в поперечнике, с такого же расстояния. Этого совершенно недостаточно для того, чтобы получить истинное представление о том, что творится на больших пространствах морского дна. Тут в буквальном смысле сталкиваешься с тем, что «лицом к лицу лица не увидеть, большое видится на расстоянии». А вот именно расстояния то нам под водой и не дано. Чуть отстраниться – и уже затянуло все мутной серо-голубой пеленой. Много ли налюбуйешься красотами пейзажа в густом тумане?! За деталями практически теряется общее системное видение, и тут начинаешь понимать, что за деревьями не видно леса. Его надо не просто увидеть, но и охватить отстраненным взглядом, увидеть весь

комплекс как бы издалека, забыв про мелкие второстепенные детали, которые навязчиво лезут в глаза и заслоняют собой основные системно значимые черты. Вот что значит не видеть за деревьями леса.

На приведенных здесь подводных снимках (рис. 1) мы ви-

дим песчинки, отдельные раковины, норки и домики червей. Какую особенность подводной местности они собой заслоняют? О чем говорят эти снимки? Что это за «ландшафт-бентема»? Как это называется и называется ли вообще? И кому нужны эти названия?



Рис. 1
Фрагменты съемки подводного ландшафта (бентемы)

Оно будет называться так, как мы это сами назовем, поскольку этого еще никто никогда не называл. Для передачи информации требуются слова. Как и везде, в специальной области нужен специальный язык. Для подводного мира и

его ландшафтов язык, оказывается, тоже надо вырабатывать заново. Люди живут на суше и никогда не жили под водой. В языке общения между ними исторически никогда не было отработано специальных слов и понятий, характеризующих под-

водный мир. Эту задачу также приходится решать попутно со всеми остальными, более или менее техническими.

Слово – термин, оно является идеалом компактной свертки содержательной информации. Далее эта информация может быть свернута до пиктограммы, до условного знака или до штриховки на карте. Полезны также и символы. Именно так поступают геологи, рисуя геологическую карту.

Сегодня необходимо обозначить природные объединения морского дна, гомологичные наземным ландшафтам.

В Японском море нам пришлось потратить много усилий на выработку рутинной методики документации подводных местностей, с тем чтобы каждый участник подводных ландшафтных работ проводил наблюдения в строго определенной последовательности и оценивал однотипные ландшафтные признаки в одних и тех же стандартизованных терминах. Для этого мы провели достаточно большую организационно-подготовительную работу. Она шла по специально отработанному сценарию. Бригада водолазов, имеющих сопоставимую между собой профессиональную подготовку, поочередно проходит один и тот же ландшафтный профиль, и каждый участник затем дает описание посещенных ландшафтных группировок. Из него вычлняются термины, характеризующие все морфологические особенности ландшафта, которые визуальнo фиксируются под водой водолазом-наблюдателем на эмоциональном уровне. Подбор примененных терминов зависит от наблюдателя.

Для того чтобы придать описанию строгость, однотипность и чтобы в нем присутствовали необходимые и достаточные характеристики, оно формализуется до уровня заполнения палетки (каждой ее ячейки и

каждой клетки). Палетка расчерчивается на пластмассовой доске, и клеточки заполняются водолазом непосредственно на дне. Несколько дней тренировки оказалось достаточно для того, чтобы все члены бригады запомнили список вопросов и стали проводить документацию почти автоматически и безошибочно по одной и той же схеме, не пропуская информации. Фактически оперативные возможности личности формализованы и обезличены до уровня автомата. Таким образом, водолаз в данной ипостаси является человеческой моделью робота.

После этого тексты описаний сравниваются и из них вычлняются комплексы понятий и обозначений одинакового или близкого содержания. Одинаковые понятийные группы интегрируются, и для них подбирается группа понятий, наиболее адекватно описывающих увиденную ситуацию. Затем методом простого голосования выбирается один наиболее подходящий термин, по общему мнению, адекватно описывающий ситуацию. Ему по словарям подбираются латинские или древнегреческие эквиваленты, принимаемые за корневое терминологическое ядро. Русификация этого термина методом простейшей транслитерации приводит к созданию ландшафтного термина. Все очень логично. Нужно только проследить, чтобы полученный термин не звучал сомнительно на языке пользователя.

Исследуя комплекс ландшафтных характеристик морского дна, мы тем самым изучаем некие проявления экосистемных характеристик того или иного участка. Неопределенность и неразработанность ландшафтного тезиса в применении к подводным условиям привели к неоднократному и, что вполне естественно, неоднозначному толкованию сущности подводного ландшафта у разных авто-

ров. Например, в сборнике статей «Методы комплексного картирования экосистем шельфа» [2] бросается в глаза неоднотипность терминологии, применяемой даже сотрудниками одной и той же лаборатории, не говоря уже о различных школах (ландшафт у И.С. Арзамасцева и А.М. Мурахвери [1]; донный природный комплекс у В.Г. Папунова [4]; геосистема, ландшафт и донный природный комплекс у В.А. Мануйлова [3]; подводный ландшафт как синоним понятия «донный природный комплекс» у В.М. Шулькина [7]).

История появления и развития понятия «ландшафт» в географии, с моей точки зрения, свидетельствует о том, что оно гомологично понятию «биогеоценоз» в формулировке В.Н. Сукачева, а также «экосистема», часто используемому как более краткое обозначение биогеоценоза. Однако, несмотря на сходство набора элементов и связей между ними, они существенно различны: для ландшафта провозглашается равнозначность всех элементов и связей, тогда как понятия «экосистема» и «биогеоценоз» биоцентричны, для них характерна направленность всех связей на основной элемент-биоту [5]. Вместе с тем, тщательно проанализировав перечисленные понятия, В. Б. Сочава пришел к выводу, что развитие воззрений на них приведет к созданию единого учения о биофизиографических комплексах, территориальным выражением которых и следует считать фаццию [6].

В экологии, географии, биологии важнейшим из распространенных фоновых понятий для обозначения условий успешного существования организмов является то, что мы называем условиями или факторами среды. Представление о факторах среды исторически сформированы на базе физиологических экспериментов над

растениями и животными и представляют собой перечень действующих параметров атмосферы, химизма воды, воздуха и почвы, состава пищи, взятых порознь или в комплексе. Изредка они считаются синэргетически действующими началами. Зачастую эти факторы или параметры принимаются в комплексе с ответными физиологическими реакциями отдельно взятых организмов или их комплексов. Областью знаний, ответственных за сбор и классификацию этой факторной информации, является тот раздел, который мы называем физической географией.

Тривиальный на первый взгляд вопрос о роли гидродинамики в донном ландшафте, которая рассматривается гомологично климатическому фактору наземного ландшафта, оказался чрезвычайно сложным и неожиданно многоаспектным, поскольку современная физиология не готова дать ответ на вопрос, какая из многих составляющих гидродинамического процесса имеет то или иное физиологическое воздействие на функции организма. Не готова к этому и традиционная океанология с ее аппаратурой и математикой.

Перевод функции организма в систему измерений фактора среды заставляет по-иному относиться и к измеряемым величинам. Так, физиологические реакции фотосинтезирующих организмов на свет включают такой показатель, как интегральное количество поглощенного света, приходящего с той или иной стороны горизонта (одновременного, но с разных сторон – разного по количеству и качеству). В кристаллографии неравномерное распространение света по объему кристалла описывается индикатрисой светового тела. В связи с изучением воздействия светового поля на формирование у рифостроящих (герматип-

ных, или «зооксантеллятных») кораллов нам пришлось обратиться к небывалому в экологии показателю окружающей среды – к световой индикатрисе. Мы ее построили в объеме морской воды. А это потребовало разработки специальной методологии исследования и как следствие – создания специальной аппаратуры.

А что мы знаем об индикатрисе гидродинамических усилий, гидродинамических векторов? Кто и когда ее составлял? Была ли она кем-нибудь востребована? А вдруг она работает так же, как и световая индикатриса? Можно ли перевести ее в форму живого организма, которая строится под влиянием этой индикатрисы? Как ее измерять и строить?

Одним из важнейших вопросов подводного ландшафтоведения является разработка принципов классифицирования. Классификацией я здесь называю операцию по разделению множества на подмножества и распределение этих подмножеств в таком ряду или последовательности, когда видна логическая связь между ними. В определенной мере эта операция сходна с моделированием. В зависимости от введенного общего основания сравнения принципы классифицирования могут быть типологическими или основанными на предпочтительном выделении одного из дискриминационных признаков. В основу различных предлагаемых решений классификационной задачи в отношении подводных ландшафтов нами последовательно были положены энергетические, трофодинамические и гидродинамические классы. Возникшие при этом конкретные классификации с неизбежностью имели матричную природу. К сожалению, они редко обеспечивают столь необходимую для практических целей иерархичность системы. А иерархичность понятий-объек-

тов дает возможность перехода от одного масштаба картирования к другому. Иерархичность обеспечивает также и различную степень детальности свертки информации, различную необходимую степень «отстраненности» исследователя от объекта исследования.

Очевидна практическая ценность подводных ландшафтных исследований, в частности для составления общих балансных оценок продуктивности крупных участков морских акваторий, для проведения экспертных оценок народно-хозяйственных проектов, проектирования размещения объектов марикультуры. Многие проблемы этого класса решались нами и нашли свое отражение в нашей с В.В. Жариковым и Л.В. Дубейковским монографии «Основы подводного ландшафтоведения» [8].

Современный этап развития практики прибрежно-морского природопользования все чаще подталкивает нас к пониманию необходимости картографирования подводных угодий. Эти угодья могут быть экономически выгодны и экологически необходимы, независимо от того, какова толща водной массы, отделяющей дно от поверхности. На морском дне есть как биологические, так и минеральные объекты, жизненно важные для человечества. Чаще всего в отношении их приходится принимать альтернативные решения. Что-то одно нам очень требуется: либо биота, либо минеральные богатства. Поэтому что-то одно должно исчезнуть из нашего рассмотрения, а заодно и с лица Земли. Это уже катастрофа, когда увлечение одним элементом ведет к полному истреблению другого. Так, добыча полезных ископаемых с морского дна связана с изъятием массы горных пород и осадка и с полным истреблением всего живого. Во что в экологическом отношении выльется такое истребление на

больших площадях? Сколько может стоять бактериальная пленка, сколько стоят черви, личинки, интерстициальная фауна морского дна? С полной неразработанностью именно этого аспекта столкнулись проектировщики и специалисты по экологическому разделу проекта на сахалинском шельфе.

Особой областью применения распределенной в пространстве экологической и физико-географической информации является мониторинг. На современном этапе экологической катастрофы, разразившейся на планете в связи с деятельностью человека, постоянное наблюдение за состоянием биосферы является условием выжива-

емости человечества и сохранности биосферы в целом не только в отдаленном или ближайшем будущем, но и сегодня. Без определения базовой сети полигонов для постоянного слежения за их состоянием мы вообще теряем возможность контролировать ситуацию. А единственный способ в системном плане – это слежение за состоянием ландшафтных полей и формирующих их отдельных регистрируемых факторов.

Для практических целей и инженерных расчетов всегда требуются не схемы, а точные карты с границами, полями и хорошо привязанными выделами. Для этого сначала следует объект увидеть, как-то обозна-

чить, затем задать ему адекватный перечень необходимых и достаточных характеристических признаков и уже потом все эти признаки проанализировать, скомбинировать, проинтегрировать и создать некий номенклатурно и классификационно непротиворечивый собирательный образ. Это можно сделать только на базе строгого следования единой методологической канве, которая не даст отклониться от намеченного курса. Здесь требуется хорошее владение системной методологией.

Лабораторией морских ландшафтов Тихоокеанского института географии ДВО РАН в ходе отработки отдельных звеньев и полевых операций подводного



Рис. 2

Привязка подводного полигона осуществляется с помощью компьютерного комплекса, включающего эхолот, GPS – станцию, подводный ультразвуковой приемопередатчик.

ландшафтоведения был накоплен большой многолетний материал по подводным ландшафтам южного и среднего Приморья, тропических и субтропических районов Мирового океана, в Охотском, Каспийском и Черном морях. Разработаны полевые методы и процедуры составления подводных ландшафтных карт для избранных областей как умеренных, так и субтропических и тропических морей. Примененный ландшафтный метод сегодня по-

зволяет составить представление о пространственной структуре морских экосистем и проводить эколого-географическую экспертизу проектов и мониторинг морских подводных территорий.

Развитие общей теории морского подводного ландшафта и расчетной эколого-географической экспертизы сдерживается неразработанностью ряда общетеоретических положений, входящих в теорию ландшафта в качестве базовых параметров, а

также чисто технологическими сложностями в исследовании параметров изучаемых систем.

Предполагается, что ряд этих параметров может быть измерен непосредственно. Иные же требуют вычисления, экспериментальной проверки и моделирования.

Так, технология любого картографирования всегда начинается прежде всего с пространственной и пространственно-временной привязки точек наблюдения (рис. 2).

Привязка должна обеспечить технологическую возможность повторного посещения точки наблюдения и контрольного замера полученных параметров независимым методом. Одной из важнейших здесь является проблема доставки наблюдателя к объекту. На обширных участках мелководий такую доставку вполне можно себе представить. Но здесь сразу возникает серия ограничений. Прежде всего водолаз не может работать на площадях, где глубина менее 1–2 м и потому обычно высока мутность воды. Здесь плохо видно вдаль. Горизонт близок из-за малой глубины, волнение взмучивает осадок, волны колотят наблюдателя о дно. Весьма опасной по физиологическим показателям становится работа и на глубинах, превышающих 40 м. Современная водолазная техника позволяет человеку на малых глубинах достаточно долго находиться под водой без явно видимого вреда для здоровья. Однако новейшие физиологические исследования свидетельствуют о том, что скрытые признаки так называемой кессонной болезни начинают развиваться даже на самых малых глубинах, считающихся безопасными, 10–12 м.

При подводных ландшафтных исследованиях многие параметры среды должны измеряться непосредственно на полигоне. Достаточно часто устанавливать приборы приходится на длительный период. Измерительный комплекс дорого стоит, и его потеря весьма ощутима. Поэтому гарантия выхода в одну и ту же точку является весьма важным условием продуктивной работы на подводных полигонах.

Имея большой личный опыт исследований под водой на разных глубинах и в разных климатических условиях, автор вынужден констатировать тот малоотрадный факт, что чем больше личный опыт подвод-

ного наблюдателя, тем более ненадежным и малопригодным для подводной работы становится его собственный организм. А молодой и крепкий исследователь, к сожалению, имеет, как правило, недостаточный теоретический и практический багаж для того, чтобы качественно исполнять сложнейшие комплексные исследования.

Точная геодезическая обсервация на поверхности воды в современных условиях обеспечивается спутниковыми системами навигации. Подводная ориентация требует современного гидроакустического оборудования, которое стало в последние годы также доступным.

Теперь возможна казавшаяся совершенно фантастической 20 лет назад схема работы. Спутниковая система с точностью до 1 м обеспечивает привязку центрального обсервационного буя, у его основания на определенной глубине устанавливается гидроакустический приемопередатчик сигнала, у водолаза имеется гидроакустический пеленгатор, с большой точностью определяющий направление на буй и дистанцию до него (в пределах погрешности 1 м). Теперь в любую минуту водолаз знает свое пространственное положение. Остается лишь точно зафиксировать ландшафтную информацию.

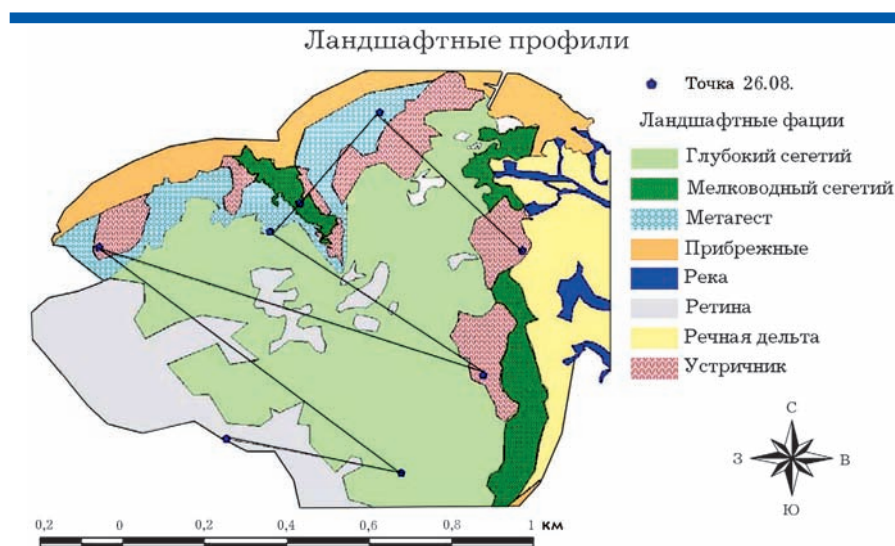


Рис. 3

На геоинформационной подводной ландшафтной карте можно обозначить профили, по которым будет проведено опробование и фотографирование ландшафтных полей

Попробуйте, сидя на газоне, подробно его описать! Сколько вам потребуется на это времени? Полчаса? Час? А сколько времени имеется в распоряжении водолаза на глубине 40 метров? Всего 3 минуты! Да еще нельзя забывать, что под водой водолаз глупеет, его внимание рассеивается, забываются очевидные вещи.

Поэтому процесс получения и фиксации ландшафтной информации водолазом сегодня обеспечивается применением

герметизированных цифровых видеокамер и фотоаппаратов. Большой объем записываемых данных, точность их пространственной и временной привязки, возможность передать полученную информацию в компьютер, обеспечить хранение ее в базах данных создают предпосылки для разработки самых современных геоинформационных систем (рис. 3).

В статье мы приводим снимки, вычлененные из потока видеоряда с цифровой видеокаме-

ры. Вполне очевидно, что получение каждого отдельно взятого изображения с помощью фотоаппарата, пусть и с лучшим разрешением, потребовало бы неизмеримо больших затрат времени и энергии. В информационном же плане это не добавило бы практически ничего к полученным на данном этапе экологическим данным.

И тем не менее самая информационно емкая, гибкая, самонастраивающаяся система исследования моря – человек, оказывается малонадежной при больших объемах рутинно повторяющихся наблюдений и измерений. Он устает, теряет здоровье, его отвлекают от работы различные привходящие обстоятельства (вплоть до переполненного мочевого пузыря в холодной воде на большой глубине).

Поэтому всегда хочется переложить все самое трудное и скучное на безотказного помощника – подводного робота, который не испытывает эмоций, ничего не боится, не устает и всегда с одинаковой точностью

выполняет заданную работу. Вот только как знать, какую именно работу придется ему делать в следующую минуту? Как научить его адаптировать поставленные задачи к изменяющейся ландшафтной, физико-географической и экологической ситуации?

Известно, что основным показателем, представляющим все жизненные отправления при функционировании экосистемы, является производство и потребление продукции. Он выражается через баланс вырабатываемого и потребляемого кислорода и углекислоты. Общий поток продукции определяется как трофодинамика.

В трофодинамическом плане хорошо сбалансированная экосистема имеет нулевой баланс, где продукция и потребление замкнуты друг на друга.

На приведенном здесь снимке мы видим главное звено первичной продукционной части экосистемы – заросли морской травы зостеры в одной из бухт в Амурском заливе (рис. 4).

Глубина моря здесь от 3 до 6 м. Сможет ли робот проложить свой маршрут? Не запутается ли он в траве? Ведь потерять столь дорогое устройство из-за глупой случайности весьма обидно.

Как общая системная, так и парциальная трофодинамическая структура подводных ландшафтных полей дает основание для расчета общего трофодинамического баланса экосистемы. Отсюда напрямую выводятся базовые положения теории расчетной эколого-географической экспертизы. Для ее проведения требуется необходимый и достаточный набор пространственно распределенных критических параметров, получаемых объективным свидетелем. Параметры эти бывают статические и динамические. Статические (как правило, ландшафтные) параметры могут быть получены в любое время года и в любой сезон, а динамические требуют длительных серий стандартизованных наблюдений и измерений, четко привязанных к определенным временным реперам.

Проблема при этом расчленяется на серию операций, требующих экспериментальной отработки отдельных задач. Особо выделяются экологические вопросы, среди которых практически не исследованной остается трофодинамическая структура морской экосистемы. Измерение трофодинамического баланса ландшафтных выделов в ранжированном по отдельным параметрам статическом пространстве требует решения задачи трофодинамики в связи с разными проекциями трофодинамического инварианта на разные факторные поля:

- а) в световом поле, выраженном через статическую и динамическую индикатрисы интегральной освещенности;
- б) в тепловом;



Рис. 4
Изображение водорослей, вычлененное из видеоряда цифровой видеокамеры и вполне достаточное для идентификации, несмотря на малое разрешение снимка

в) в гидродинамическом поле, выраженном через индикатрисы интегрального значения ветроволнового воздействия на морское дно на базе расчетных значений («коэффициента Эйди», вычисленного для каждой точки пространства ландшафтного поля).

Есть такие параметры у подводных эко- и геосистем, которые могут быть измерены непосредственно на месте водолазом или определены опосредованно через другие параметры, коррелятивно связанные между собой. Но есть и такие, которые мы не можем пока выразить через измеряемые физические величины.

Бывают в морской стихии ситуации, когда присутствие водолаза-наблюдателя практически бесполезно: при исследовании процессов в мутной воде, на большой глубине, в полной темноте и т. п. Часто нет никакой необходимости рисковать здоровьем, а то и жизнью человека, так как со многими видами работ с большей эффективностью может справиться умная машина – подводный робот. Для этого требуется вначале составить полный перечень его функций, грамотно изложить те технические условия, которые следует выполнить, а затем уже искать технологические способы их осуществления.

В принципе, можно дать перечень функций подводного исследования, которые зачастую составляют главную методическую проблему. Так, например, трудна зрительная образная регистрация в мутной воде при низкой освещенности. Привнесение в эту среду осветительного прибора мало что решает из-за мощной засветки, возникающей перед объективом камеры в результате отражения и преломления света на взвешенных частицах. В этом случае мы в своей практике иногда использовали так называемую призму прозрачной воды, т. е.

большую емкость, заполненную прозрачной несжимаемой жидкостью (дистиллят, спирт). Но это устройство очень тяжело, неповоротливо, и им стоит пользоваться только в особых условиях хорошо снаряженной, а потому дорогостоящей экспедиции.

Возникает вопрос к специалистам по робототехнике: а не сможет ли робот как-то обойти эту трудность и доставить нам фотографии достаточно высокого качества в сходной ситуации? Исходя из известных ныне физических эффектов, для фотографирования в мутной воде можно было бы попытаться использовать излучения с разной длиной волны, с переменной частотой, для чего робот должен уметь ставить и решать эту задачу самостоятельно. В мире отмечены случаи использования звуковых колебаний в качестве носителя зрительной информации в сочетании с компьютерным пересчетом звуковых колебаний несущей волны в све-

товые. Можно также использовать, например, звуковую голографию, ведь видят же в мутной воде дельфины и рыбы, дельфины даже видят с заклеенными пластырем глазами и легко берут корм из рук экспериментатора.

Таких задач достаточно много, они могут быть типизированы в соответствии с различными принципами по выполняемым заданиям и по технологическим приемам.

Для слежения за экологическим состоянием морских экосистем, для составления экологических паспортов подводных угодий, для мониторинга и создания кадастра этих угодий требуется проведение сплошного картографирования на больших подводных площадях. При этом весьма важными являются фактор времени и пространственная привязка точек фиксации той или иной картировочной информации. Съёмка в ряде случаев должна вестись в строго критический период времени.



Рис. 5

На космическом снимке показаны поля с неоднородным тоновым и цветовым заполнением. Эти поля должны быть опознаны, очерчены и идентифицированы на карте

В практике использования самоходных устройств для проведения подводной фотодокументации применяется стереофотографический метод. Однако съемка роботом, как правило, ведется в вертикальной проекции. Для гидробиологических, ландшафтных и экологических целей, когда надо определять биомассы донных гидробионтов, плановой съемки зачастую не достаточно, требуется еще и съемка в перспективной проекции. Особую трудность представляет фоторегистрация на малых глубинах, при расстояниях до объекта менее 1 м. С этим водолаз-оператор справляется не задумываясь, мгновенно решая задачу переориентации камеры. Как заставить робота автоматически изменить проекцию съемки, по-

вернуть камеру вперед под некоторым углом к горизонту? Может ли автоматика сама подобрать этот угол?

В технологическом плане составление подводной ландшафтной карты, которая затем ляжет в основу экологического паспорта, кадастра, операций мониторинга и гидробиологического опробования, начинается с определения границ, размеров и формы полигона обследования. Эти параметры задаются с использованием системы географических координат критических точек и линий. На определенную площадь выбирается аэрокосмический снимок достаточно разрешения (рис. 5).

На снимке электронным или оптическим способом выделяются различимые поля с

отличительными цветовыми и тоновыми характеристиками и производится предварительное обозначение первичных контуров. Внутри контуров назначается сеть обследования той или иной детальности. Чем мельче контур, тем большую детальность обследования мы обязаны обеспечить (соответственно, точки обследования распределяются в пространстве по более густой сети).

По заранее размеченной сетке далее ведется фото- или видеодокументация, производятся измерения соответствующих задаче картирования параметров среды и опробование соответствующих сред.

Безусловно, в идеале хотелось бы все эти задачи поручить подводному роботу.

ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКТОРА

Автор увлекательно и эмоционально вводит читателя в мир подводного ландшафтоведения, опираясь на уникальнейший опыт водолазов-исследователей, кропотливо наблюдающих за «бентемами» с фотокамерой в руках. Вполне понятен скепсис специалиста-эколога в отношении технических возможностей подводных роботов для выполнения таких специфических операций, как съемка подвод-

ных ландшафтов, со всеми их тонкими проявлениями. На наш консолидированный взгляд, эта интереснейшая область исследований может существенно продвинуться вперед, если рутинный труд человека под водой возложить на робота, оставив в ведении водолазов лишь те операции, для которых машинный интеллект еще не приспособлен. Можно с уверенностью утверждать, что уже в настоящее время роботы могут проводить

высокоразрешающую гидролокационную, фототелевизионную, геофизическую съемку на больших площадях с точной ее привязкой к координатам местности за исключением, может быть, очень мелководных или труднодоступных акваторий. Имеющийся в этом отношении опыт гидробиологических исследований с использованием автономных и полуавтономных подводных роботов может оказаться весьма полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасцев И. С., Мурахверы А. М. Типология донных ландшафтов Японского моря // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 129-145.
2. Донные ландшафты Японского моря / отв. ред. Преображенский Б.В. Владивосток: ТИГ ДВО АН СССР, 1987. 152 с.
3. Мануйлов В. А. Методы исследования донных природных комплексов рясовой береговой зоны для марикультуры // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 64-73.
4. Папунов В. Г. Донные природные комплексы верхнего шельфа Среднего Приморья // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 73-81
5. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск. Наука, 1978. 319 с.
6. Сочава В.Б. Определение некоторых понятий и терминов физической географии // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. 1963. Вып.3. С. 50-59.
7. Шулькин В. В. Биогеохимия донных ландшафтов прибрежной зоны северо-западной части Японского моря // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 82-94.
8. Б.В. Преображенский, В.В. Жариков, Л.В. Дубейковский. Основы подводного ландшафтоведения. Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.