

Ю. П. ЗАЙЦЕВ

ЖИЗНЬ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА» КИЕВ — 1974

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ ЛИТЕРАТУРА

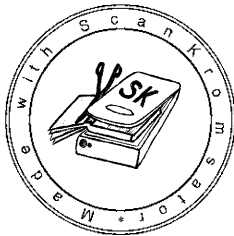
Ю. П. ЗАЙЦЕВ

**ЖИЗНЬ
МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ — 1974

Все глубже проникают ученые в тайны Мирового океана. Еще недавно считали, что поверхностная пленка водной части нашей планеты непригодна для жизни. Исследования последних лет показали, что «солнечный фасад» океана населен огромным количеством разнообразных существ. О них, о свойствах морской пены и о многом другом, происходящем на рубеже двух сред — водной и воздушной, доступно рассказывает автор этой книги член-корреспондент АН УССР Ю. П. Зайцев.

Рассчитана на широкий круг читателей.



Scan AAW

Редакция научно-популярной литературы

З $\frac{21002-306}{M221(04)-74}$ 199—74

© Издательство «Наукова думка», 1974 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перед читателем — зрелым специалистом или юным любителем природы — увлекательный рассказ из первых уст. Его ведет сам исследователь биологических парадоксов поверхности моря и автор изданной у нас и опубликованной на английском языке в США «Морской нейстонологии».

Представьте себя инопланетянином. Вы направляете летающее блюдце к нашей планете, в северо-западный район шельфа Черного моря. Вас интересует размножение кефали, неизвестное землянам. Вы забрасываете автоматические, более эффективно работающие погруженные сети и, подобно своим коллегам ихтиологам-землянам, терпите фиаско: икры нет нигде — ни в лиманах, ни в открытом море.

Один из молодых землян (тогда еще кандидат биологических наук), Ювеналий Петрович Зайцев делает несколько шагов по проторенной, но ведущей в никуда тропе и сворачивает с нее... Он так же, как и другие его коллеги, безуспешно облавливал толщу морских вод. В результате больших трудов, как бы в насмешку, попало только несколько икринок кефали. Такое «богатство» специалисты выплескивали.

А Зайцев сделал шаг в сторону с тропинки, и это имело для него и для науки серьезные последствия. Молодой ученый решил оценить удельный вес икринок кефали, чтобы уточнить слой морской толщи, предпочитаемый этой икрой для развития. И он не поверил своим глазам: икринки плавали у пленки поверхностного натяжения. Это же запретная зона! Все знают, что там нельзя обитать и развиваться: яркий солнечный свет, ультрафиолет, птицы, волны и т. д.

Однако упрямец решает проделать работу, которая по существовавшим тогда канонам являлась излишней и предосудительной, а именно: он изготавливает плавающую сеть и забрасывает ее в море. И сразу же вылавливает икру кефали. А вместе с ней перед глазами дерзкого и зачарованного исследователя предстал новый своеобразный мир, от бактерий до молоди рыб, приспособленный к жизни именно у пленки поверхностного натяжения, — морской нейстон. Так было совершено открытие, которое после обширных собственных разработок автора на Черном море, в Средиземномор-

ском бассейне, в Мексиканском заливе, Карибском море, а также обобщения работ его последователей во Франции, США, Японии, Австралии привело к созданию морской биологической науки — морской нейстонологии. Нейстон — не просто еще одна деталь биологической структуры Мирового океана. Нейстон — это питомник для молодежи многих видов рыб и беспозвоночных, а значит — узел связей в круговороте веществ внутри моря и между морем и сушей. Но предоставим автору самому рассказать о нейстонологии.

Мне хочется подчеркнуть здесь один из практических аспектов новой науки. Ю. П. Зайцеву принадлежит приоритет в успешном выращивании камбалы-калккана в лимане. Зная, что ее икра — нейстонная, он запустил с лодки оплодотворенную икру камбалы подальше от берега. Расчет оправдался: к осени лиман кишел молодыми калканчиками. Это было сделано задолго до успешных опытов Шелбурна по разведению камбалы в Ирландском море. Теперь остановка за осуществлением у нас лиманного калкановодства в больших масштабах. Так нейстонология помогает выбрать наиболее эффективные пути искусственного выращивания морских рыб, воссоздавая в заводских условиях экологическую обстановку, характерную для природного инкубатора.

Крайне важна роль нейстона как индикатора воздействия человечества на окружающую среду: радионуклиды, нефть, пестициды и т. д. концентрируются у поверхности моря.

Морская нейстонология обрела широкое международное признание. Сегодня она — на пути к новым открытиям, в поиске и развитии.

Член-корреспондент АН УССР *Г. Г. Поликарпов*

ВВЕДЕНИЕ

С чего начинается море?

Ответ на этот вопрос зависит от точки зрения.

Для климатолога, например, море начинается далеко от своих географических границ, в том районе, где его влияние сказывается на климате.

Для врача оно начинается с пляжа, а для рыбака, пожалуй, с ближайшего богатого рыбой места. Большинство же людей считает, вероятно, что море начинается с бескрайней синей глади, которая открывается внизу, как только вступишь на высокий обрыв.

Для автора море тоже начинается с поверхности, однако причина этого связана не только с тем, что впервые в жизни морская синь и ему открылась с прибрежной кручи, но и с тем, что значительно позднее, как гидробиологу, ему пришлось оказаться в гуще событий, приведших к новому взгляду науки на биологию поверхности моря.

Лет пятнадцать тому назад биологи еще были уверены в весьма слабой заселенности, а то и безжизненности поверхностной пленки моря. Сегодня широкое признание получила противоположная концепция, и многочисленные факты об обилии и разнообразии живых существ на морской поверхности вошли в учебники.

Книга рассчитана на тех, кто, не будучи гидробиологом, интересуется жизнью моря, она рассказывает о том, как в последние годы на верхнем рубеже царства Нептуна, там, где, казалось, все уже изучено и многократно перепроверено, исследователям открылась новая жизненная форма — богатая, своеобразная и очень важная для всей голубой части нашей многоводной планеты. Правильнее говорить даже не «открылась», а «приоткрылась», потому что, как всегда бывает в научном поиске на перспективном пути, достижение одной цели выдвигает новые вопросы и влечет к раскрытию новых загадок.

ПОЧЕМУ НАУКА ТАК ДОЛГО СМОТРЕЛА СКВОЗЬ МОРСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, КАК ЧЕРЕЗ ПРОЗРАЧНОЕ СТЕКЛО?

Это действительно так. Все то новое, что в последние годы удалось узнать о поверхности моря, поражало прежде всего своим запоздалым открытием.

Объяснить это незнанием того, что все существенные преобразования в природе происходят у поверхности раздела тел, никак нельзя. Ученые знали, что на границе любых двух соприкасающихся тел сосредоточен избыток энергии — так называемая поверхностная энергия, что у поверхности тел протекают явления теплообмена, испарения, замерзания, выветривания, окисления, коррозии и т. п. Знали, что почва — самый верхний слой земной коры — представляет собой результат взаимодействия ее с атмосферой и живыми существами. Однако глубокая осведомленность физиков и химиков в данном вопросе почему-то очень долго не распространялась на область раздела моря и атмосферы.

В 1959 г., когда на Первом Международном океанографическом конгрессе, состоявшемся в Нью-Йорке, известный шведский океанолог Пьер Веландер начал свой доклад словами «практически все физические, химические и биологические процессы, протекающие в море, объясняются главным образом тем фактором, что море обладает свободной поверхностью, находящейся во взаимодействии с атмосферой», специальным изучением жизни приповерхностного слоя моря во всем мире занимались только два гидробиолога. Один — в Институте океанологии Академии наук СССР, второй — на Одесской биологической станции Академии наук УССР. Первым был Анатолий Иванович Савилов, безвременно ушедший из жизни одаренный исследователь, вторым — автор этих строк. Тогда об этих работах знали лишь немногие и еще меньше было тех, кто понимал перспективность научного поиска на рубеже моря и атмосферы.

Все остальные специалисты исходили из предположения, что водная толща — пелагиаль — постоянно и до значительных глубин перемешивается волнами, а потому ее население должно быть однородным на протяжении десятков метров по вертикали. Если же и заходила речь о самой верхней пленке пелагиали, то лишь для того, что-

бы еще раз подчеркнуть ее непригодность для развития богатой жизни. Причину предполагаемой бедности поверхностной пленки морей и океанов усматривали в различных факторах. Здесь и волны с их разрушительной силой, и температурные крайности (перегрев и замерзание), и постоянная угроза со стороны прожорливых морских птиц. Однако как главный отрицательный фактор чаще всего называли коротковолновые ультрафиолетовые лучи Солнца. Это они в лабораторных экспериментах отпугивали или убивали многие виды морских растений и животных. Те самые ультрафиолетовые лучи, которые в морскую и океаническую воду не проникают глубже чем на несколько сантиметров от поверхности. Этот слой и считался наименее заселенным в дневное время. «Наиболее вредные ультрафиолетовые лучи поглощаются очень сильно», — писал в 1955 г. профессор С. Н. Скадовский. И далее: «Вода, содержащая органические вещества и продукты обмена водных организмов, является превосходным экраном, защищающим водное население от губительного действия ультрафиолетовых лучей». Известные французские ученые Ж. М. Перес и Л. Девез указывали, что «смертельные ультрафиолетовые лучи, длиной волны 210—296 миллимикрон, поглощаются на 50% после прохождения через 10-сантиметровый слой воды».

В учебнике гидробиологии, изданном в 1963 г., утверждалось, что «нейстонные организмы отсутствуют в крупных водоемах, где частые волнения нарушают поверхностную пленку». Как видим, независимо от причины, вывод был один: поверхностная пленка морей и океанов непригодна для жизни и потому необитаема.

Важно подчеркнуть, что почти все аргументы, приведенные учеными, были правильными. Действительно, волны убивают многие живые существа на морской поверхности, ультрафиолетовые лучи губят многих обитателей морей и океанов, а морские птицы поедают все, что им удастся схватить у поверхности воды. Недооценивались лишь приспособительные возможности живых существ. Те самые, которые делают возможной жизнь даже на поверхности ледников, в горячей воде гейзеров или в ядерных реакторах. На фоне этих примеров ультрафиолетовые лучи Солнца, под которыми развивались все наземные существа, право, не выглядят столь убийственными... Но недаром говорят, что наука... консервативна. В этом

парадокс есть доля истины. Мы часто забываем проверить то, что кажется несомненным. Не так давно все были твердо убеждены в том, что подсолнечник поворачивает свое соцветие за Солнцем, и никому не приходила в голову мысль проверить и измерить это вращение. А когда такой усомнившийся нашелся — это был член-корреспондент АН УССР Г. Г. Поликарпов — и открыл поразительный факт: цветущая корзинка подсолнечника неподвижно нацелена на восток, ему не сразу поверили, ибо «все знали», что она вращается. Здесь — непочатый край для исследований психологов и науковедов. «Эффект подсолнечника» (как можно в шутку назвать подобные случаи всеобщей убежденности без научной проверки) довлел и над вопросом об обитаемости поверхностной пленки моря. «Все знали», что она необитаема, ибо жизнь здесь «невозможна». В соответствии с этой убежденностью и действовали. Например, пробы поверхностного планктона отбирали путем процеживания 10-метрового столба воды планктонной сетью, протянутой вертикально с глубины 10 м до поверхности. Это полностью соответствовало убежденности в том, что в море «все перемешивается» и жизнь (численность и состав организмов) равномерна на большой протяженности по вертикали. В полученном таким способом улове действительно «все перемешивалось» и никаких признаков слоистости структуры водного населения (ярусности) не обнаруживалось. Разве мог бы, скажем, геолог различить в керне состав проходимых в процессе бурения пород, если бы предварительно он разрушал этот керн? А гидробиологи так поступали. Иными словами, представление о жизни на самой поверхности моря фактически получали без облова сетью собственно поверхности. Да и как было это делать, если первое описание орудий сбора гидробиологического материала, специально рассчитанных на облов поверхностной пленки моря, появилось только в 1959 г.? Точно такими же, не предназначенными для учета поверхностной пленки, были приборы для получения образцов воды на гидрохимический анализ. Пробы воды с «нулевого» горизонта, как принято называть поверхность моря, отбирались практически на расстоянии около полуметра от поверхности.

Другое дело, глубинные слои морей и океанов. Туда были нацелены самые совершенные приборы: глубоководные батометры, дистанционные термометры, всевозмож-

ные тралы, самописцы глубины и течений, подводные фотоаппараты, телевизоры, подводные роботы и, наконец, батискафы, в одном из которых человек в 1960 г. опустился в Марианскую впадину (Тихий океан). Ее глубина — около 11 км — предельная на нашей планете. Что поделаешь, океан всегда манил своими глубинами. И действительно, в пучине находили редчайших, неизвестных науке животных, «живых ископаемых», которых давно считали исчезнувшими с лица Земли. По работе со студентами и с некоторыми любознательными школьниками мне хорошо известно, как нелегко бывает преодолеть очарование глубиной в душе иного будущего исследователя моря, доказать ему, что не меньше важных нераскрытых тайн осталось для него на исхоженной, банальной водной поверхности.

Главная цель книги состоит в том, чтобы показать, что нельзя больше смотреть на поверхность морей и океанов как на безжизненную область, неинтересную для науки и практики.

ПРИЧИНЫ, НАТОЛКНУВШИЕ БИОЛОГОВ НА ИЗУЧЕНИЕ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Прежде чем рассказать, когда и почему у гидробиологов возник интерес к изучению жизни на рубеже моря и атмосферы, следует вкратце описать основные категории обитателей водоемов. Из 63 классов животных, населяющих ныне нашу планету, 52 класса имеют своих представителей в фауне морей и океанов, а 31 из них состоит исключительно из морских существ. По подсчетам академика Л. А. Зенкевича, в Мировом океане обитает около 150 000 видов животных. Конечно, это приблизительная цифра, поскольку то и дело открывают и описывают новые виды, а некоторые, до этого неточно описанные, упраздняют или сливают с другими. Животных в море не только много, они еще очень разнообразны по уровню своего развития, величине, приспособленности к тем или иным условиям, численности, химическому составу, роли в жизни водоемов, значению для человека и т. д. Даже в пределах одной и той же систематической группы животных многообразие форм, красок, повадок иногда буквально поражает. Например, среди почти 70 видов

морских моллюсков встречаются организмы, зарывающиеся глубоко в грунт, пассивно парящие в толще воды, активные пловцы и обитатели поверхностной пленки пелагиали. Даже среди, казалось бы, однородной группы рыб (в морях и океанах их насчитывается около 16 тыс. видов) есть те же категории. Если из великого многообразия организмов — животных и растений, населяющих моря и океаны, — попытаться построить общую схему жизни, то нетрудно будет заметить, что в ходе эволюции живые существа приспосабливались к трем основным местам обитания: дну, водной толще и ее поверхностной пленке. В каждом из этих мест обитания (или биотопов), характеризующихся разными условиями, население приобретает ряд своеобразных приспособительных черт, образуя те или иные жизненные формы.

Раньше других было сформулировано представление о планктоне. В 1887 г. немецкий ученый В. Гензен предложил именовать планктоном (от греч. *планктос* — парящий) большую группу организмов, в основном мелких и микроскопических, которые парят в толще воды и не могут передвигаться против течений. Это определение планктона как одной из жизненных форм водоема с уточнениями и дополнениями сохранилось и теперь. К планктону относятся бактерии, одноклеточные растения и животные, медузы, многие мелкие рачки, яйца и личинки большого числа видов, которые во взрослом состоянии обитают на дне, икринки и личинки многих видов рыб и др.

В 1890 г. знаменитый эволюционист и популяризатор основ естественнонаучного материализма Э. Геккель предложил называть животных и растения, которые обитают на дне, бентосом (от греч. *бентос* — глубина), а животных, которые активно плавают в воде, — нектоном (от греч. *нектос* — плавающий). К бентосу относятся все донные водоросли и высшие растения, взрослые особи губок, мидий, устриц и других моллюсков, червей, крабов и т. д. Нектон образован взрослыми особями рыб, кальмаров и морскими млекопитающими — дельфинами, китами, тюленями. Организмы нектона — активные пловцы, они могут преодолевать большие расстояния, причем не только по течению, но и против него. Что касается типичных представителей бентоса, то они либо ведут сидячий образ жизни, либо зарываются в грунт, либо ползают, но не отрываются от дна.

С 1896 г. получила научное наименование еще одна жизненная форма. Швейцарцы К. Шретер и О. Кирхнер, изучая растительность Боденского озера (расположено на границе Швейцарии, ФРГ и Австрии) обратили внимание на ряску. Это вездесущее высшее пресноводное растение интересно тем, что, будучи плавающим, оно постоянно поддерживает верхнюю половину своих листовых пластинок выше уровня воды. Таким образом, одно и то же живое существо обитает одновременно в воде и в воздухе. Это очень редкий случай в природе, и для такого двойственного образа жизни требуются специальные анатомические и физиологические приспособления. Ведь если вынуть из воды часть тела любого водного растения или животного, она в течение нескольких минут высохнет и отомрет. И наоборот, если часть наземного растения погрузить в воду, она задохнется и тоже отомрет. А у ряски есть приспособления, которые обеспечивают ей высокую плавучесть и предотвращают высыхание надводной части тела. Подобным же образом устроены листья кувшинки и субтропического растения виктории.

Для плавающих в полупогруженном состоянии растений типа ряски (малая, горбатая, трибороздчатая ряски, вольфия, спиродела) Шретер и Кирхнер предложили термин «плейстон» (от греч. *πλεο* — плавать в полупогруженном состоянии, плавать на корабле). Позднее академик С. А. Зернов отнес к плейстону также отдельные части тела донных водных растений — листья кувшинки и виктории.

В 1917 г. была обнаружена еще одна жизненная форма, связанная с поверхностью водоемов. Шведский гидробиолог Э. Науманн, изучавший жизнь небольших пресноводных прудов, выявил, что у самой поверхности воды развивается значительное количество бактерий, одноклеточных водорослей и простейших, которые снизу и сверху опираются на пленку поверхностного натяжения. Многим знаком матовый налет, образующийся на поверхности воды, например в аквариуме. Это не плейстон, подчеркивал Науманн, ибо здесь речь идет не о водно-воздушных (полупогруженных) организмах, а о таких существах, тело которых находится либо в воде, либо на воздухе по ту или иную сторону поверхности раздела вода — воздух. Как хорошо известно, на границе жидкости и газа пролегал так называемая пленка поверхностного натяжения,

образованная за счет свободной поверхностной энергии у тех молекул жидкости, которые контактируют с газом. Эта энергия выражается коэффициентом поверхностного натяжения, различным у жидкостей разного химического состава. Пленка поверхностного натяжения есть на поверхности любой жидкости. В ее реальности нетрудно убедиться, повторив известный физический опыт. Стальную иголку, смазанную вазелином, осторожно опускают в горизонтальном положении на поверхность воды в стакане. Несмачиваемая иголка остается лежать на поверхности воды, поддерживаемая невидимой пленкой поверхностного натяжения, которую она лишь слегка «прогибает» своей тяжестью. Если же иголку придавить, она прорвет пленку поверхностного натяжения и пойдет на дно. Точно таким же образом держатся за пленку поверхностного натяжения многие мелкие организмы с несмачиваемыми телами или отдельными участками тела. Они и образуют скопления на самой поверхности водоемов. Такой жизненной форме Э. Науманн дал название «нейстон» (от греч. *νειν* — плавать).

Интересно заметить, что если планктон, бентос и нектон были с самого начала известны как в пресных водах, так и в морях и океанах, то плейстон и нейстон рассматривались как сугубо пресноводные жизненные формы. Даже более того — как жизненные формы, которые могут развиваться в небольших укрытых от ветра водоемах, чья поверхность не возмущается волнами. Поэтому вначале и не предполагали, что плейстон и пейстон существуют в больших пресноводных озерах.

Тем не менее в 1923 г. немецкий исследователь Е. Гентшел впервые применил термин «плейстон» к морским водоемам. Е. Гентшел без ссылок на Шретера и Кирхнера уточнил, что под плейстоном он подразумевает все морские организмы, «так или иначе связанные с поверхностью воды». Сюда он отнес действительно плейстонных (полуводных) физалию, или португальского кораблика, и парусника, затем многих беспозвоночных, рыб, выставляющих подчас из воды спинной плавник (как, например, луна-рыба), морских черепах и китов, всплывающих к поверхности для вдыхания атмосферного воздуха, и даже птиц, садящихся на морскую поверхность. Хотя столь вольное толкование понятия «плейстон» не получило поддержки в научном мире, однако в обстановке слабой изу-

ченности жизненных форм на поверхности моря оно оказало в последующем некоторое влияние на отдельных ученых. В 1934 г. академик С. А. Зернов опубликовал первый в мировой литературе университетский учебник общей гидробиологии, в котором к плейстону из морских животных отнес только родичей медуз — физалию и парусника.

Строение и образ жизни упомянутых интересных существ полностью соответствовали понятию «плейстон». Это колониальные животные типа кишечнополостных, у которых от главного ствола отходят многие придатки разного строения и назначения. Сверху на центральном стебле находится воздушный пузырь, который держит на плаву всю колонию. Сам пузырь, или пневматофор, на несколько сантиметров возвышается над поверхностью воды, а отдельные арканчики (тончайшие ловчие нити), свисающие вниз, достигают в длину 20 м и более. При волнении пузырь систематически смачивается водой, а при полном безветрии часами выдерживает палящие лучи тропического солнца, давая тем самым полное основание именовать физалию и парусника «плейстонными» животными.

Нейстон С. А. Зернов по-прежнему рассматривал как сугубо пресноводную жизненную форму. Правда, к тому времени гидробиологи-пресноводники в своем понимании нейстона пошли дальше Э. Науманна. Если Науманн включал в нейстон только мельчайшие одноклеточные существа, контактирующие с пленкой поверхностного натяжения воды, то его последователи обнаружили, что с данной областью водоема связано гораздо больше живых существ, в том числе и достаточно высоко организованных. Так, например, улитки-прудовики и катушки искусно ползают по нижней стороне пленки поверхностного натяжения и питаются микроорганизмами нейстона. Такое их свойство используют для поддержания чистой поверхности воды в аквариуме. На пленке поверхностного натяжения с помощью несмачиваемых щетинок повисают личинки комаров, в том числе кровососущих видов. Эти личинки дышат атмосферным воздухом. Для их уничтожения прибегают к нефтеванию водоемов: тончайшая пленка нефти, разлитой на поверхности воды, препятствует доступу воздуха. Многие личинки рыб, не прикрепленные к пленке поверхностного натяжения, обитают в самом верхнем слое воды («верховодят») и питаются преимущественно орга-

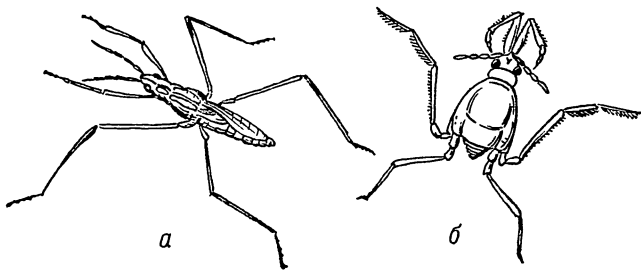


Рис. 1. Водомерки на поверхности водоемов:
а — пресноводная, б — океаническая.

низмами нейстона. То обстоятельство, что личинки комара развиваются только в спокойных стоячих водах (течение и волны отрывают их от поверхностной пленки), укрепило убеждение в том, что нейстон — население тихих заводей.

Немало животных обитает на верхней (воздушной) стороне пленки поверхностного натяжения водоемов. Это в основном насекомые (различные виды водомерок, мух, ногохвосток и др.), которые благодаря несмачиваемым волоскам на лапках и несмачиваемым покровам тела ходят и бегают по поверхности воды, взлетают с нее и садятся как на твердую опору (рис. 1). Такие насекомые тоже относятся к нейстону, они питаются мельчайшими обитателями нейстона и органическими веществами, которые скапливаются на поверхности воды. Рассматривать всех этих улиток, личинок комаров, рыб, взрослых насекомых в отрыве от микроскопического нейстона невозможно, потому что без него они просто не могут существовать, как не может жить травоядное животное без растительности, а хищник — без своей жертвы. Так, по мере расшифровки образа жизни обитателей пресных вод или наземных животных, связанных с пресными водами, расширялась семья организмов нейстона. В 1949 г. профессор В. Н. Беклемишев писал уже о существовании в пресных водах нейстонных биоценозов, то есть сообществ из организмов, ведущих нейстонный образ жизни. Этих организмов насчитывалось так много, что нейстон сочли целесообразным разделить на две части. Одна состоит из населения нижней стороны пленки поверхностного натяжения воды, а другая — из обитателей ее верхней, воз-

душной стороны. Американский ученый П. Уэлч предложил называть первых инфранейстоном (лат. *инфра* — внизу), а вторых — супранейстоном (лат. *супра* — над). Позднее немецкий ученый Л. Гейтлер ввел для этих ярусов нейстона греческие наименования — соответственно гипонейстон и эпинеястон.

В таком виде нейстон как жизненная форма существенно приблизился к уровню планктона и бентоса, включающих различных представителей — от микроорганизмов до позвоночных и от пассивно парящих или прикрепленных к субстрату до подвижных, приближающихся по скорости перемещения к нектону. Однако в глазах гидробиологов он по-прежнему оставался жизненной формой самых малых и стоячих пресных вод.

Но время шло. Гидробиологи-океанологи с помощью более совершенных методик, привлекая данные других наук (комплексирование исследований), получили возможность подробнее изучить жизнь галосферы — океанов, морей, лагун, лиманов и других водоемов с соленой водой. Это позволило обнаружить, что ее поверхность далеко не так безжизненна, как предполагалось.

Поводом для начала специального изучения приповерхностных жизненных форм в морях и океанах послужили разные обстоятельства.

В мае 1955 г. научно-исследовательское судно Института океанологии АН СССР «Витязь» вышло в свой 22-й рейс. Это был первый рейс «Витязя» в теплые воды Тихого океана, тогда как его предыдущие экспедиции проходили в более северных водах, а первая, в 1949 г., — на Черном море. Сразу же после выхода через Сангарский пролив из Японского моря в Тихий океан при пересечении теплого течения Кюросио ученые увидели, что вода приобрела характерный для открытых районов океана интенсивный синий цвет, а на поверхности замелькало множество парусников с их треугольными пластинками, возвышающимися над водой. Этот вид был давно известен науке, но в таком обилии, да еще как биологическое свидетельство (биоиндикатор) субтропических вод парусник открылся исследователям впервые. Зная слабую изученность морского плейстона, в следующей экспедиции на «Витязе» (июль 1957 — февраль 1958 г.) А. И. Савилов впервые провел систематические наблюдения за его составом, а в 1963 г. опубликовал конструкцию орудия

лова — полупогруженного (до 30 см) трала шириной 1 м. Уловы плейстонного трала показали, что, помимо парусника и физалии, у поверхности океана встречаются моллюски, небольшие крабики, равноногие раки, креветки (все окрашенные в синий цвет, напоминающий поверхность океана, как она выглядит с воздуха), а сверху по воде бегают океанические водомерки. Все эти виды были известны ранее науке, но в таком количестве и сочетании в гидробиологических пробах они встречались впервые. Создавалось впечатление, что они образуют единое сообщество животных — биоценоз. Уже на основании первых наблюдений А. И. Савилов опубликовал в 1956 г. статью, в которой этот биоценоз именуется плейстонным, а его членов называет организмами плейстона. В 1963 г. известные французские океанологи Ж. Перес и Л. Девез писали, что неверно зачислять в состав плейстона все организмы, обнаруживаемые на поверхности моря. Однако если отвлечься от вопросов терминологии (хотя это и не простая формальность), следует особо подчеркнуть большие заслуги А. И. Савилова в изучении крупного населения приповерхностного слоя тепловодных областей Тихого океана, особенно парусника и физалии. Попутно отметим также, что Савилов внес значительный вклад в исследование системы течений и ветров и в изучение распределения водных масс на больших пространствах.

Итак, плейстон тоже был обнаружен в море. Теперь сугубо пресноводной жизненной формой оставался только нейстон. Казалось, что нейстонным видам по вкусу лишь укромные закоулки озер, прудов и луж. Там, где волны, не может быть нейстона, думалось по привычке. Куда ему бороться с волнениями! Опять же птицы и ультрафиолетовые лучи... И по сей день непонятно, почему эти лучи так пугали океанологов, если они при тех же условиях «разрешали» нейстону развиваться и процветать в пресных водах? Но думалось именно так. Выражение «активное повреждение» (то есть повреждение организмов ультрафиолетовыми и фиолетовыми лучами) часто встречалось в гидробиологической литературе. Плейстону, считали ученые, куда легче! От солнечной радиации он каким-то образом, видимо, защищен, а наполненные воздухом большие пузыри удерживают его на поверхности даже при самом сильном волнении. Организмы, лишённые таких спасательных поплавков, цепляются при необходи-

мости за тех, у кого они есть. Так противостоит волнам все плейстонное сообщество.

Но фундамент плейстонного сообщества, его основные «поплавки» — пузыренозные физалия и парусник — обитают только в тропических и субтропических водах океана. Их существование зависит непосредственно от температуры воздуха, и потому эти животные, как правило, отсутствуют там, где хотя бы один день в году бывает мороз. Отсутствуют они и в опресненных водах морей и океанов. В умеренных и высоких широтах обоих полушарий плейстонных «поплавков» нет. Их нет, например, ни в одном из 14 морей, омывающих берега нашей страны. Выходит, что и плейстонного биоценоза здесь быть не может, если отсутствуют его руководящие формы, на которых «базируются» все остальные виды. Получилась любопытная картина: из всех водоемов планеты заселенную поверхность имели, с одной стороны, тропическая и субтропическая области, где развивался плейстон, а с другой — небольшие пресноводные пруды и лужи с их плейстоном и нейстоном. Между ними загадочной пустотой зияла необжитая поверхность озер, внутренних и опресненных морей и обширнейшие просторы умеренных и полярных зон Мирового океана. Эти акватории, дававшие приют самой обильной в мире фауне и флоре, включавшие основные традиционные районы международного рыбного и китобойного промысла, почему-то оказались не в состоянии иметь свою приповерхностную жизненную форму.

Конечно, все эти логические построения легко делать сейчас, после стольких поисков и находок, а тогда, когда в умеренном по температурному режиму и опресненном по солевому режиму Черном море автору данной книги впервые пришлось столкнуться с проблемой жизни на поверхности пелагиали, положение выглядело весьма неопределенным.

Мое внимание, как гидробиолога, поверхность Черного моря привлекла в связи с решением одной хозяйственной задачи. Нужно было выявить, где развивается икра кефали.

Основная трудность темы заключалась в том, что биология размножения кефалей — рыб, широко распространенных в морях тропических и умеренных поясов, — оставалась загадкой. Новое поколение кефалей специалисты

отмечали лишь тогда, когда у самого берега появлялись мальки. Для каждого вида и каждого водоема это происходит в определенное время года. В районе Одессы у берега Черного моря, например, в 20-х числах июля — начале августа обычно появляются мальки двух видов кефалей — остроноса и лобана. Но где они выклюнулись из икры и от каких условий зависит урожайность каждого поколения мальков, оставалось неясным. Предположения по этому поводу были самыми противоречивыми: кефали размножаются в лиманах, у морского побережья, вдали от берегов и т. д. Я придерживался мнения, что в Черном море икра кефалей находится где-то в глубоких слоях воды и поэтому не попадает в поверхностных уловах планктона.

Я решил вычислить вероятную глубину нахождения икринок кефалей, исходя из их удельного веса и плотности морской воды на разных глубинах. Этот тогда еще новый метод позволял избегать непроизводительного сбора икры рыб там, где, согласно закону Архимеда, она не может находиться, и определять вероятную глубину ее пребывания. В условиях опресненных районов моря, где плотность воды резко изменяется с глубиной, такой способ поиска икры был намного эффективнее практиковавшихся прежде уловов «вслепую».

Удельный вес икринок разных видов рыб оказался неодинаковым. Наиболее плавучие из них — икринки хамсы — имели удельный вес 1,007—1,009, а в числе наиболее тяжелых и соответственно менее плавучих были икринки шпрота с удельным весом 1,012—1,0145.

В соответствии со своим удельным весом икринки различных видов рыб распределяются в морской воде ярусами. Поэтому икра хамсы встречается обычно у самой ее поверхности, а икра других видов — в толще, вплоть до значительных глубин. Глубину, на которой парит большинство икринок кефалей, предстояло узнать, определив их удельный вес. Летом 1957 г. пришлось долго искать наугад икринки кефали на значительной площади моря от Одессы до Новороссийска и проделать более 500 ловов икорной сетью. Это конус из шелкового сита с размером ячейки $0,45 \times 0,45$ мм. Высота конуса 3 м. Его основание одевается на металлический обруч диаметром 0,8 м, а площадь входного отверстия сети составляет $0,5$ м². Таким образом, будучи протянутой на расстояние 2 м, сеть

фильтрует 1 м³ морской воды. В каждой точке моря (станции) икорная сеть протягивается с судна на расстояние в несколько сот метров.

В итоге было получено всего три живые икринки лобана и остроноса, пригодные для лабораторного определения удельного веса. Результат оказался неожиданным: оба вида показали удельный вес 1,007—1,008. Выходило, что икринки лобана и остроноса легче наиболее плавучих икринок хамсы. Следовательно, рассуждал я, икринки кефалей (во всяком случае их большая часть) должны скапливаться непосредственно под пленкой поверхностного натяжения, поскольку плотность черноморской воды на поверхности, за исключением наиболее опресненных районов, не бывает ниже 1,010. Все это казалось чем-то неправдоподобным. Ведь нужно было принять версию, по которой кефали в процессе эволюции приобрели настолько плавучую икру, что она развивается непосредственно у морской поверхности, в том самом слое, где живые существа подвергаются наибольшей опасности. Как же так? Ведь общим биологическим законом является забота родителей о потомстве. Рыбы в этом отношении совершают настоящие жизненные подвиги, чтобы отложить икру в таком месте, где ей будет обеспечена наибольшая безопасность. Во имя этого из всех европейских рек идут за многие тысячи километров на нерест в далекое Саргассово море угри. На сотни и тысячи километров вверх по течению рек забираются пришедшие из Тихого океана лососевые, откладывая в чистой воде икру, прикрывают ее галькой и затем погибают от истощения. Черноморские бычки охраняют от врагов кладки своей икры, а самцы морских игл и морского конька идут еще дальше в своих родительских заботах — они многие дни вынашивают на брюшке икринки, отложенные туда самками. Конечно, есть среди рыб виды, выметывающие плавучую икру, которую затем никто не оберегает в толще воды, но чтобы икра всплывала к пленке поверхностного натяжения, такого еще не было известно. Икра, развивающаяся в самом неблагоприятном слое моря, — это казалось полным противоречием закону биологической целесообразности. Тем более непонятно было, если придерживаться такой версии, почему кефали — носители столь пагубной привычки — не вымерли, а продолжают процветать у берегов всех морей и океанов тропических и умеренных поясов?

В общем были веские основания не доверять расчету, и следовало поскорее проверить его на практике, в море.

С этой целью я снабдил икорную сеть двумя поплавками, прикрепленными к двум диаметрально противоположным концам обруча. Благодаря этому орудие лова погружалось в воду лишь наполовину, что обеспечивало облов пленки поверхностного натяжения. Первый же выход в море (запомнилось, что это было вблизи Одессы 22 августа 1957 г.) дал интригующие результаты. Провел я тогда всего два лова: один полностью погруженной сетью, когда верхний край ее обруча касался поверхности воды или на 3—5 см отставал от нее, а второй — сетью, снабженной поплавками и потому полупогруженной. Обе сети были протянуты на равное расстояние. В первом случае работа велась в соответствии с инструкцией, во втором — нет. Итог оказался поразительным. Первая сеть принесла три икринки кефалей, а вторая, полупогруженная, несмотря на то что она профильтровала в два раза меньший объем воды, чем первая, принесла 79 икринок. Опыт был повторен на следующий день, затем еще через день и дал сходные результаты. Гораздо позже стало ясно, что с икрой кефалей мне тогда очень повезло. Вблизи берегов она бывает относительно многочисленной только в тех случаях, когда соответствующее течение приносит ее из открытого моря. Лабораторная обработка проб показала, что наряду с икринками кефалей в уловах полупогруженной сети в большем числе, чем в уловах полностью погруженной сети, присутствуют икринки и личинки других видов рыб — хамсы, барабули, ставриды. Эту концентрацию икринок и личинок, обнаруженную под поверхностной пленкой моря, я назвал ихтионейстоном по аналогии с ихтиопланктоном, как называются икринки и личинки рыб из водной толщи. Это был первый случай введения понятия «нейстон» применительно к жизни морей и океанов. За «рыбным» звеном представили перед нами и остальные звенья нейстона. Отбросив под давлением фактов версию о невозможности обильной жизни у поверхности моря, я оперировал дальше неизбежными гидробиологическими представлениями. Если под пленкой поверхностного натяжения морской пелагиали сосредоточено большое количество личинок и, как затем оказалось, мальков рыб, то они должны быть обеспечены кормовой базой. В природе не бывает устойчивого скоп-

ления потребителей пищи без соответствующего скопления их пищевых объектов.

С целью максимального охвата поверхностной пленки начал я совершенствовать орудия лова. Изучением морского нейстона занялись и другие сотрудники Одесской биологической станции. Под пленкой поверхностного натяжения были обнаружены гораздо большие, чем в толще воды, скопления различных ракообразных, личинок моллюсков, червей, всевозможных простейших. Одно звено, как говорят гидробиологи, пищевой цепи, звено потребителей «опиралось» на другое, и первым звеном были бактерии. Ко всеобщему удивлению, бактерий, избегающих, как принято было считать, солнца и гибнущих от ультрафиолетовых лучей, в поверхностной пленке моря оказалось в сотни и тысячи раз больше, чем в равном объеме воды в «спасительной» сумрачной толще пелагиали. Доказательства существования нейстона в Черном море накапливались очень быстро. Именно нейстона, а не плейстона, так как здесь вообще нет плейстонных организмов. С другой стороны, то, что мы обнаружили в море, очень близко напоминало в своей основе нейстон пресных вод.

И там, и здесь все начинается с обилия бактерий и других одноклеточных существ в поверхностной пленке воды. И там, и здесь на пленке поверхностного натяжения снизу повисали более крупные организмы — моллюски, ракообразные и др., а сверху по ней бегали водомерки. Любопытно, что океанические водомерки, обитающие в тысячах миль от берегов, являются ближайшими родичами водомерок, бегающих по поверхности прудов. Сомнений в нейстонной природе обнаруженной жизненной формы не оставалось. Теперь предстояло выяснить, есть ли нейстон в остальных морях и океанах.

В 1963 г. новозеландец Р. Виллис сообщил, что с помощью полупогруженной сети на поверхности Тихого океана он собрал в основном то же, что и мы в Черном море.

Весной 1962 г. английский гидробиолог П. М. Дэвид, работавший по программе Международной Индоокеанской экспедиции, полупогруженными сетями, в том числе одной трехъярусной, выполненной по образцу нашей планктонно-нейстонной сети (ПНС), выловил в тропической области Индийского океана богатый и типичный гипонейстон и эпинейстон. В своих работах Дэвид подчеркивает

приоритет советских исследований в обнаружении и изучении морского нейстона. Очень важно было узнать, что в тропиках нейстон существует наряду с плейстоном и что его члены — нейстонты — не нуждаются в плейстонтах как в «поплавках», а в состоянии жить независимо от парусника и физалии. При изучении нейстона Мексиканского залива и района Багамских островов в 1965 г. я встретил на протяжении 1200 миль только трех физалий и не обнаружил ни одного парусника. Несмотря на это, на всех станциях мы собирали богатый гипонейстон и эпинеястон, включавший также виды, которые при наличии плейстонтов не прочь войти с ними в контакт.

В 1965 г. председатель Международного совета по изучению Средиземного моря Г. Трегубов (Франция), отметив успехи, достигнутые на Одесской биологической станции, призвал начать работы по изучению нейстона в средиземноморских научных центрах, а в 1966 г. итальянский гидробиолог М. Спекки уже сделал доклад на тему «Предварительные наблюдения за гипонейстоном Триестского залива».

Исследования морского нейстона быстро развивались. Ведущими по-прежнему оставались наши результаты, и в опубликованном в 1967 г. в Лондоне Зоологическом словаре сведения о морском нейстоне и его подразделениях полностью излагаются на основании наших работ.

Постановлением Президиума АН УССР в Одесском отделении Института биологии южных морей АН УССР впервые в науке был создан отдел гипонейстона для специального и планомерного изучения биологии приповерхностного слоя морей и океанов. Национальный комитет советских океанографов под председательством академика Л. А. Зенкевича в своей десятилетней программе исследований Мирового океана, опубликованной в 1968 г., указал на необходимость изучения плейстона и нейстона, «играющих в биологической экономике океана крупную роль».

Так новое направление в изучении жизни морей и океанов официально обрело права гражданства.

Изучением нейстона и плейстона морей и океанов и их роли в природе в настоящее время занимаются, кроме советских специалистов, научные учреждения Франции, Алжира, Англии, Италии, Канады, США, ФРГ, Японии и др. А профессор И. И. Николаев обнаружил недавно

нейстон и в наших великих озерах — Онежском и Ладожском. Причем толчком к его поискам послужили исследования морского нейстона.

Таким образом, последнее «белое пятно» на поверхности водоемов, где отрицалась возможность развития нейстона, было ликвидировано. Нейстоя, следовательно, покрывает водоемы всех широт планеты.

ТАМ, ГДЕ МОРЕ ВСТРЕЧАЕТ СОЛНЦЕ

Как и биология, физика и химия моря поздно обратили свой взор на поверхность пелагиали, поэтому наши знания о свойствах этого биотопа еще недостаточно подробны. Однако основное уже известно: верхние несколько (до пяти) сантиметров водной толщи морей и океанов как среда обитания заметно отличаются от всех нижележащих слоев воды. Если выбрать три горизонта в воде — один на расстоянии 1 см от поверхности, второй — на расстоянии 10 см и третий в 10 м от нее, то разница в условиях жизни между вторым и третьим горизонтами будет меньше, чем между первым и вторым. Какие же факторы определяют это своеобразие верхнего слоя моря? Факторов много, но в числе важнейших нужно упомянуть по крайней мере три — солнечный свет, неживое органическое вещество и воздействие хищников.

С Солнцем связана вся жизнь на нашей планете. Моря и океаны не составляют в этом отношении исключения. Однако вследствие своеобразия физических свойств жидкой среды и особенностей проникновения в нее солнечных лучей из всей многокилометровой толщи вод Мирового океана резко выделяется ее тончайший верхний слой. Если всю солнечную радиацию, проникающую под поверхность моря, принять за 100%, то верхний сантиметровой слой воды поглощает 20% этой радиации. 4-сантиметровый слой поглощает еще 20%, а следующий 5-сантиметровый слой — еще 10% солнечной радиации. Как видим, верхние 10 сантиметров морской воды перехватывают половину всех солнечных лучей, оставляя для нижележащих слоев толщиной в сотни метров вторую половину. Налицо «необъективное» распределение природных благ. Особенно «преуспевает» верхний сантиметровой слой воды. Схематически поглощение солнечного света показано на рис. 2.

Однако особенности светового режима слоя гипонейстона не исчерпываются тем, что в нем происходит поглощение (а значит, переход энергии электромагнитного поля световых волн в другие формы) половины всей солнечной радиации, проникающей в голубую толщу вод. Есть еще и качественная сторона такого процесса.

Как известно, солнечный свет состоит из волн различной длины. Это видимые лучи солнечного спектра от наиболее длинноволновых красных до коротковолновых фиолетовых. Кроме них, есть еще невидимые лучи — инфракрасные и ультрафиолетовые. Первые имеют длину волны от 8000 Å до 1 мм, вторые — от 4000 до 2000 Å. Все лучи отличаются разным биологическим действием (влиянием на живой организм) и разной глубиной проникновения в воду. Видимые лучи проникают и глубже слоя гипонейстона, а невидимые — нет. Например, верхний сантиметровой слой воды поглощает все инфракрасные лучи Солнца с длиной волны более 1500 ммк. Так же быстро поглощается ультрафиолетовая радиация Солнца. В верхнем 10-сантиметровом слое морской воды поглощается более 75% лучей с длиной волны 2540 Å и около 60% лучей с длиной волны 2660 Å. Как отмечает известный американский микробиолог моря К. Е. Зобелл, интенсивность наиболее вредной бактерицидной радиации после прохождения всего 10-сантиметрового слоя воды сокращается наполовину. Иначе говоря, в верхнем 10-сантиметровом слое воды встречается наибольшее количество биологически весьма активных ультрафиолетовых лучей.

Это очень существенное обстоятельство для населения приповерхностного слоя пелагиали, особенно для молодежи. Вспомним, что в современном животноводстве и птицеводстве инфракрасное и ультрафиолетовое облучение цыплят, поросят, телят и другого молодняка — залог высокой продуктивности. Вторым важнейшим фактором внешней среды, который создает у поверхности

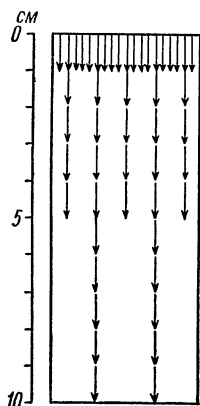


Рис. 2. Поглощение солнечного света в верхнем 10-сантиметровом слое моря. Каждая стрелка указывает на поглощение 1% солнечной радиации, поступившей в воду.

пелагиали морей и океанов особый режим, является неживое органическое вещество.

Толща Мирового океана — не только вода плюс соли и другие неорганические вещества плюс живые существа. Кроме них, в воде содержится еще много белков, жиров, углеводов, аминокислот, витаминов и других веществ. Все они называются косным, или неживым, органическим веществом (НОВ). Оно поступает в воду различными путями: вследствие прижизненных и посмертных выделений водных организмов, с речными, ливневыми и тальными водами, в результате ветровой деятельности. Основную массу составляет, естественно, НОВ морского происхождения. По оценке советского океанолога В. Г. Богорова, вес НОВ Мирового океана в 500 раз превышает вес всех его обитателей — от бактерий до китов. Внушительная цифра! Конечно, НОВ очень неустойчиво, оно быстро разлагается бактериями, минерализуется, но, поскольку его поступление в воду не прекращается, оно всегда присутствует в пелагиали морей и океанов. Значение НОВ в жизни галосферы огромно. Это готовая пища для многих живых существ, источник витаминов и других биологически активных веществ, источник ряда ингибиторов — веществ, угнетающих жизнедеятельность тех или иных организмов, и т. д. Чрезвычайно велика роль НОВ (особенно его растворимой фракции — растворенного органического вещества, или РОВ) в общении между организмами. Подобно запахам на суше, РОВ в воде помогает отдельным особям и видам общаться между собой: самцам и самкам — находить друг друга, особям одного вида — скопляться в стаи, хищникам — находить жертву, жертве — избегать хищника и т. п. Этот межорганизменный обмен в водных сообществах, который сформировался в процессе эволюции поколений растений и животных, может быть серьезно нарушен вторжением в моря и океаны чужеродных химических веществ — загрязнителей. По-видимому, из всех биологических последствий загрязнения моря — отравления живых существ, их усыпления, отпугивания и др. — самым серьезным является нарушение установившихся межорганизменных связей в водных сообществах. Можно только представить себе, например, тот хаос, который наступил бы в лесу, если бы его насытили какими-то ароматическими веществами, атрофирующими обоняние лесных животных. Такое положение будет го-

раздо менее серьезным, чем в загрязненном море, поскольку НОВ — это не только «запахи» для водных существ.

Но сейчас разговор пойдет о концентрации на поверхности морей и океанов неживого органического вещества различной степени раздробленности (дисперсности): взвесей, коллоидов и растворов. В первом случае это относительно крупные частицы, размером не менее $1/10\ 000$ доли миллиметра, во втором — от $1/10\ 000$ до $1/1000\ 000$ доли миллиметра, а в третьем — еще меньших размеров, соответствующих размерам атомов и небольших молекул.

Самыми крупными частицами НОВ на поверхности моря являются, пожалуй, наземные насекомые, занесенные ветром. Их судьба очень долго не интересовала науку. Возможно, это объяснялось тем, что вопрос выходил за привычный круг интересов энтомологии и гидробиологии моря, возможно, здесь сказывалось все то же невнимание к изучению приповерхностного слоя пелагиали. Но, так или иначе, занявшись изучением нейстона, мы обратили внимание на то, что поверхность моря усеяна множеством различных насекомых. После специальных исследований выяснилось, что, например, в Черном море, даже в самых отдаленных от берега районах, на поверхности воды можно встретить наземных насекомых. Все они, как правило, бывают мертвыми, но их пронизанное воздушными трубками тело не тонет, а остается на поверхности в течение нескольких дней, пока не пропитается водой. Таким образом, наземные насекомые, занесенные в море, представляют собой источник неживого органического вещества, сосредоточенного в приповерхностном слое воды. По ориентировочным подсчетам, общая численность наземных насекомых, находящихся одновременно на поверхности Черного моря, достигает летом 1 млрд. экземпляров, а их вес — около 10 т. Приведенные цифры очень приблизительны (так как надо принимать во внимание, что непрерывно выпадают и сразу же поедаются новые партии «дождя насекомых»), тем не менее они дают представление об этом источнике НОВ в море. Даже в центральных районах Черного моря приходилось встречать мальков лобана, остроноса и саргана с желудками, наполненными наземными насекомыми.

Кроме насекомых ветры доставляют на поверхность морей и океанов пыльцу и споры растений и другие орга-

нические вещества, но при всем том основная часть НОВ продуцируется обитателями галосферы. Крупнейшими частицами НОВ морского происхождения в толще воды являются мертвые организмы планктона. Прежде в гидробиологии бытовало представление, что после своей естественной смерти все организмы планктона (планктонты) утрачивают плавучесть и оседают на дно водоема в виде так называемого «дождя трупов». Сотрудница отдела гипонейстона Одесского отделения ИнБИОМ АН УССР Л. М. Зелезипская показала, что часть отмерших планктонтов, особенно ракообразных, приобретает дополнительную плавучесть за счет газов, выделяющихся в процессе разложения тканей, и всплывает к пленке поверхностного натяжения. Здесь они продолжают разлагаться и в конце концов оседают на дно в виде фрагментов трупов, или детрита.

Это перемещение отмерших планктонтов, аналогичное «дождю трупов», но направленное в противоположную сторону (вверх), было названо «антидождем трупов». Известный английский ученый Джон Бернал в 1969 г. писал, что все отмершие планктонты вначале всплывают к поверхностной пленке и уже затем постепенно оседают на дно. Как бы там ни было, непосредственно под пленкой поверхностного натяжения образуется скопление мертвых планктонтов — крупных частиц НОВ.

Однако в морской воде растворенного органического вещества в десять раз больше, чем взвешенного. Каковы особенности его вертикального распределения? Оказывается, в этом важную роль играют пузырьки газа, постоянно возникающие в толще воды и на дне моря. Они рождаются в результате действия волн, колебаний температуры воды, жизнедеятельности растений и животных, разложения органических веществ и других причин. Количество пузырьков газа в толще воды зависит от многих обстоятельств, но они всегда присутствуют в пелагиали.

На каждом из таких пузырьков, поднимающихся вверх, вследствие физико-химической адсорбции появляется оболочка из поверхностно-активных соединений НОВ. Получив такую «рубашку», пузырек газа не растворяется в воде и достигает поверхности. Здесь он, как правило, лопается, а его ноша остается на рубеже моря и атмосферы. Этот процесс длится непрерывно, и поверхность моря

покрывается органической пленкой. Она может быть тончайшей — толщиной в одну молекулу или намного плотнее. Кроме растворенных веществ, пузырьки газа доставляют наверх органическую взвесь — частицы, способные прилипать к поверхности пузырьков. Между прочим, на таком же принципе основывается технологический метод флотации в промышленности. Джон Бернал считает, что концентрация поверхностно-активных органических веществ в поверхностной пленке морей и океанов в сотни и тысячи раз превышает их концентрацию в воде.

При наличии на поверхности воды значительного количества органических веществ они способны гасить небольшие (так называемые капиллярные) волны, которые возникают при скорости ветра не более 25 см/сек. Тогда на фоне «ряби» хорошо выделяются глянцевые пятна и полосы, где поверхность моря зеркально гладкая. Такие пятна — их называют штилевыми пятнами, или сликами, — можно наблюдать и с берега. Если же ветер усиливается, поверхностная органическая пленка взбивается в хлопья пены. Пена — это сгусток неживого органического вещества (растворенного, коллоидного и взвешенного) на поверхности моря. После прекращения волнения пена снова растекается по поверхности воды в виде пленки. Однако если стенки пузырьков газа в пене прочны (то есть пена богата органическим веществом), она может долго оставаться и на поверхности спокойного моря. Кстати, обилие пены и ее устойчивость на поверхности моря или на пляже хорошо отражает количество НОВ в воде. Мне удалось проследить также связь между количеством НОВ в воде и длиной пенного следа, который остается за кормой судна, идущего с постоянной скоростью. Это понятно: ведь толщина пузырьков пены, образованной работой гребного винта и судовыми волнами, которые возникают впереди корпуса судна, зависит от количества органики в воде. Поэтому, проходя мимо берегов Южного Крыма или Кавказа, где морская вода не столь плотно насыщена живыми существами и НОВ, судно оставляет за кормой короткий пенный след, а в богатой северо-западной части моря такой след иногда тянется до горизонта. Думается, что этот навигационный показатель можно привлечь для косвенного суждения об обилии НОВ, а следовательно, и живых существ в морях и океанах.

В итоге в отделе гипонейстона пришли к мысли о необходимости изучения морской пены в биологическом отношении. При этом выяснилось, что сама по себе пена является средой для обитания многих видов простейших животных, водорослей и бактерий. Особенно многочисленны последние. Исследования А. В. Цыбань и сотрудников показали, что численность сапрофитных (питающихся неживым органическим веществом) бактерий в пене в сотни и тысячи раз выше, чем в морской воде.

Еще при первых исследованиях морской пены у меня возникло предположение, что она в состоянии оказывать влияние на ход биологических процессов. Тогда был сделан такой опыт. Собрали в море около 1 л пены, дали ей отстояться и получили около 50 мм довольно густой желтоватой жидкости. Затем высадили в сосуды с песком зерна кукурузы и полили их: один сосуд — водопроводной водой, а второй — 3%-ным раствором отстоя морской пены в водопроводной воде.

В первом случае (контрольном) всходы были хорошие, а во втором возшло не более одной десятой части зерен, причем проростки выглядели хилыми и угнетенными. Отстой морской пены, даже в 3%-ном разбавлении, явно угнетал всхожесть кукурузы. Тогда пенный отстой разбавили до полупроцентного раствора, и его действие оказалось положительным. Зерна в опытном сосуде проросли раньше, и корневая система и листья у растений были гораздо мощнее, чем в контрольном. После кукурузы опыт повторили с овсом, ячменем, пшеницей. Результаты были те же: малейшая добавка морской пены явно (статистически достоверно) стимулировала рост этих сельскохозяйственных культур.

При дальнейшем изучении морской пены в биологических целях оказалось, что она стимулирует также рост водорослей и личинок многих донных животных. В поисках активного начала морской пены А. В. Цыбань и Н. С. Чиликина выделили из нее культуры бактерий (штаммы), обладающие четко выраженным ростостимулирующим эффектом. Причем интересно, что подобным свойством обладали и штаммы, доведенные до состояния порошка. Минимальное добавление этого порошка, который может храниться длительное время, вызывало ускорение роста и развития растений и животных. Чем не научная фантастика? Между тем это факт, и не исключено, что мы

узнали о нем через несколько тысячелетий после древних. Недаром пеннорожденная Афродита первоначально была у них богиней плодородия. Впрочем, морская пена способна воздействовать не только на обитателей моря и наземные растения. Она вызывает покраснение на коже человека и ощущение тепла. На острове Кипр и поныне существует поверье, будто купание в море в том месте, где по преданию вышла на берег Афродита и где, разбиваясь о скалы, волны образуют обильную пену, приносит исцеление. Думаю, что и здесь вымысел переплетается с действительностью. Во всяком случае, специалисты в области талассотерапии (лечение морскими купаниями и морским климатом), утверждающие, что купание во время небольшого прибоя особенно полезно, так как насыщенная воздушными пузырьками пена усиливает воздействие морской стихии, по-моему, недооценивают целебные свойства морской пены. Нет сомнения, что в этой области у медиков и гидробиологов предстоит в будущем важная совместная работа. Тем более, что морская пена уже вошла в арсенал средств народной медицины. Некоторые рыбаки применяют ее для излечения от ревматизма. На песчаных берегах они собирают пленки высохшей вязкой пены и натирают ими кожу.

Итак, поверхность раздела море — атмосфера с точки зрения обилия и свойств органического вещества представляет собой совершенно особый биотоп. НОВ поступает сюда непрерывным потоком из нижележащей толщи воды и из атмосферы, а морская пена обладает способностью стимулировать рост и развитие живых существ.

По-особому действуют в этом слое моря также биотические факторы среды, то есть живое окружение каждого организма или сообщества. Взять хотя бы отношения хищника и жертвы.

Яркая освещенность приповерхностного слоя, прозрачность воды и отсутствие каких-либо укрытий ставят жертву в особенно невыгодное положение. Плавающие обрывки водорослей, куски древесины и другие возможные укрытия в общем редки на поверхности Мирового океана, и отношения хищника и жертвы решаются здесь буквально «под открытым небом». Положение осложняется еще близостью самой поверхности воды. Попытаемся проанализировать эти взаимоотношения с помощью рис. 3.

Если в толще воды жертва, преследуемая хищником,

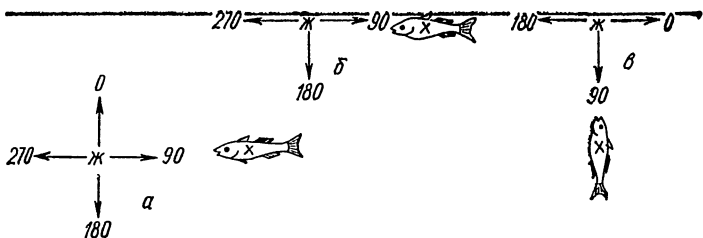


Рис. 3. Взаимоотношения хищника (x) и жертвы (ж) в толще воды (a) и у поверхности (б, в).

может спастись теоретически в любом направлении (в одной плоскости) от 0 до 360° (рис. 3, a) и наиболее вероятно изберет сектор в пределах 180—360°, то у поверхности возможности выбора уменьшаются наполовину. При этом, если хищник ведет преследование в горизонтальном направлении, шансы на спасение у жертвы сокращаются равномерно как в предпочтительном (180—270°), так и в худшем (90—180°) секторах (рис. 3, б). В случае же подхода хищника снизу преследуемая жертва лишается как раз наиболее вероятных шансов на спасение (рис. 3, в).

Таков один из аспектов рассматриваемого вопроса, но им далеко не исчерпывается вся сложность взаимоотношений между потребителем и пищей в приповерхностном слое воды. Обстановка здесь весьма осложняется тем, что из воздуха населению приповерхностного слоя угрожают многочисленные пернатые враги.

Область соприкосновения сфер орнитологии и гидробиологии составляет еще одну «ничейную землю», которая открывается при изучении нейстона. В большинстве работ по биологии морских птиц нет соответствующего гидробиологического обоснования. Гидробиологи в свою очередь не учитывают значения «пресса» воздушных хищников для водных организмов. Только в недавнее время были начаты исследования комплексного орнито-гидробиологического характера.

Строение, поведение и особенности питания большого числа морских птиц показали, что, как потребители

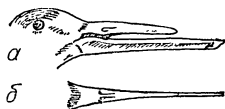


Рис. 4. Клюв водореза:
а — вид сбоку; б — вид сверху.

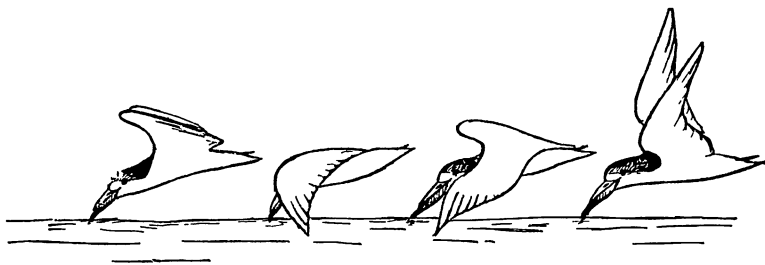
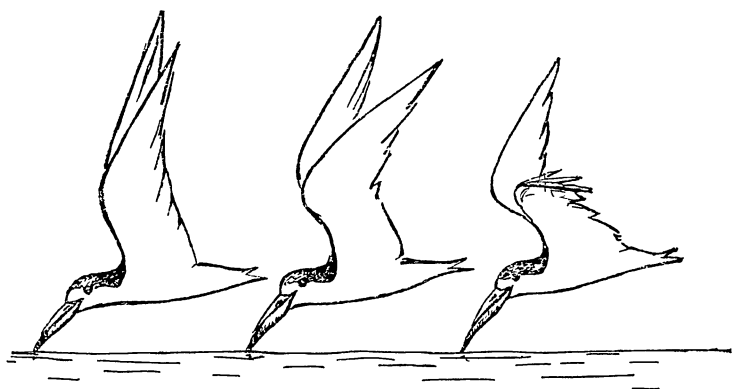


Рис. 5. Охота водореза

гидробионтов, они существуют главным образом или исключительно за счет животного населения верхнего, менее чем 5-сантиметрового слоя пелагиали. Одним из наиболее ярких примеров являются водорезы, распространенные в прибрежных тропических водах Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Их основной отличительный признак — ножевидный, сжатый с боков клюв, нижняя часть которого гораздо длиннее верхней (рис. 4) и снабжена многочисленными осязательными тельцами. Эти сравнительно крупные птицы, достигающие более 1 м в размахе крыльев, летают, погрузив вершину подклювья в воду и как бы разрезая поверхность моря. Как видно из рис. 5, выполненного с семи последовательных кадров документального кинофильма «Галапагос», глубина погружения подклювья в воду обычно постоянна и не зависит от положения крыльев. Сопротивление воды уменьшается благодаря ножевидной форме подклювья и преодолевается сильно развитой мускулатурой шеи. При встрече с мальками рыб, ракообразными, насекомыми и другими относительно крупными животными осязательные тельца подклювья раздражаются, и это служит сигналом для надклювья, которое подхватывает добычу. Водорезы охотятся днем и ночью, но преимущественно в темное время суток, когда на поверхности моря значительно больше пищи.

Гораздо шире распространены и более многочисленны, чем водорезы, другие птицы, берущие пищу с поверхности моря. Вот несколько примеров.



у поверхности океана.

Однажды (это было в июне 1962 г.) исследовательское судно «Академик Зернов» находилось в северо-западной части Черного моря в 20 милях от берега. Был полный штиль, и в районе стоянки судна плавало множество крупных организмов гипонейстона — личинок, креветок, крабов и др. (подробнее о них мы скажем дальше). По всему горизонту работали сейнеры, добывая скумбрию. Резвились дельфины. Неожиданно в районе судна появился малый буревестник, затем второй, третий. Птицы летели стайками по три — пять особей, но встречались и одиночные экземпляры. В бинокль с расстояния 40—80 м при отличной видимости мне удалось пронаблюдать многие детали их поведения.

Приближающиеся к судну буревестники летели на высоте около полуметра над водой и, поворачивая голову поочередно то в одну, то в другую сторону, что-то высматривали (рис. 6). В какой-то миг вся стайка садилась на воду и начинала кормиться. Буревестник погружал клюв в воду приблизительно до уровня глаз и, изогнув шею, делал движение головой вперед так, что раскрытый клюв проходил некоторое расстояние параллельно поверхности на глубине, во всяком случае, не более 2—3 см. После каждого погружения, длившегося 2—3 сек, птица поднимала голову над водой и делала глотательное движение. Каждая птица в одной точке кормилась 5—10 мин и более, причем в течение 1 мин можно было зарегистрировать до 20—25 погружений клюва в воду. Через некоторое

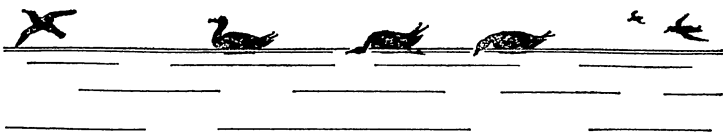


Рис. 6. Кормление буревестника на поверхности моря.

время птицы улетали, а на их место садились другие. Добыть таких буревестников не удалось, но птицы, достигнутые судном, тяжело взлетали и отрывали пищу, которая в воде с расстояния 4—5 м весьма напоминала уловы гипонейстона. Таким образом, малый буревестник — лучший пырлящик среди черноморских птиц (его находили застрявшим в рыболовных сетях на глубине до 40 м) — может успешно питаться гипонейстом. Как, впрочем, и остальные птицы отряда трубконосых — другие виды буревестников, глупыши и качурки. Есть среди них обладатели весьма совершенных приспособлений. Так, например, «китовая птица» — один из видов буревестников Антарктики — ловит обитателей приповерхностного слоя пелагиали тем же способом, что и киты. У нее большой растяжимый зоб, мясистый язык и усеянная густым частоколом роговых пластинок верхняя челюсть (рис. 7). Погружая голову в воду, птица набирает полный рот воды вместе с ее населением, затем, прижимая мясистый язык к верхней челюсти, отфильтровывает воду через пластинки, а осевшую на них пищу проглатывает. Удивительное сходство со способом питания китов, у которых функции фильтра выполняют пластинки «китового уса».

Пища атлантического глупыша состоит, помимо рыбы, из рыбьей икры, плавающих моллюсков, ракообразных и других беспозвоночных, за которыми птица не ныряет, а только опускает голову в воду до уровня глаз. Вильсонова качурка — распространенная океаническая птица — берет пищу, не опускаясь на воду, а как бы «пританцовывая» на ее поверхности (рис. 8). Большая се-

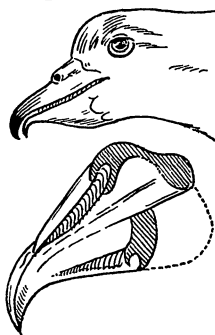


Рис. 7. Голова и надклювье (верхняя челюсть) антарктического буревестника «китовая птица». На надклювье видны небные пластинки, образующие цедильный аппарат.

верная качурка схватывает пищу, скользя в воздухе низко над водой и время от времени наклоняя голову.

Способ питания моевки наблюдал в Баренцовом море профессор Л. О. Белопольский. Основной пищей этой птицы служит распространенный веслоногий рачок калянус. Калянусов моевка добывает, присев на воду в месте массового скопления этих мелких рачков и начиная часто-часто клевать. В желудке одной моевки, добытой около Новой Земли, насчитали до 800 рачков.

По подсчетам, колониально гнездящиеся птицы побережья дальневосточных морей СССР поедают более 500 000 т беспозвоночных и 567 000 т рыбы в год, а на Баренцовом море — около 100 000 т беспозвоночных и столько же рыбы. Среди беспозвоночных преобладают, как было показано, организмы, добываемые в приповерхностном слое пелагиали.

Охота в море может удовлетворить на месте пищевые потребности только взрослых птиц, а птенцам пищу необходимо доставлять на гнездовье. Если у видов, потребляющих крупную пищу, например взрослых рыб, это решается относительно просто, то названным выше птицам нужны какие-то приспособления для накопления и сохранения мелких кормовых объектов. Совершенно ясно, что принесенные в клюве один-два мелких рачка не только не насытят птенцов, но даже не компенсируют энергетические затраты родителей на их добычу и доставку.

Таким приспособлением являются шейные (или подъязычные) мешки, обнаруженные профессором Л. А. Портенко у конюг, люриков и других птиц.

Конюга с шейными мешками — это буквально двуротая птица. При открытом клюве у такой птицы четко

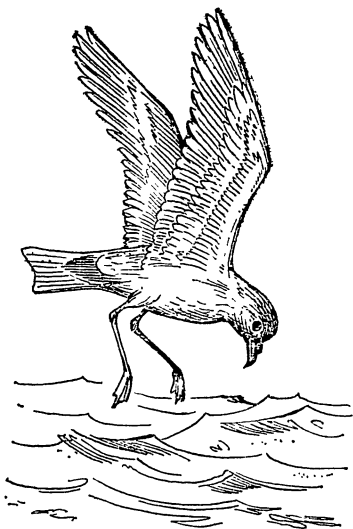


Рис. 8. Качурка хватает пищу с поверхности моря.



Рис. 9. Вскрытая шея большой конюги:

а — шейный мешок, б — трахея, в — пищевод, г — оттянутый назад лоскут кожи.

можно видеть два почти одинаковых отверстия: одно — над языком, другое — под языком. Первое отверстие ведет в пищевод, второе — в просторный мешок объемом до 16 см³. На рис. 9 показана конюга, у которой был сделан разрез вдоль шеи, снята левая половина нижней челюсти, а кожа оттянута назад. Видны колбовидный шейный мешок, трахея и пищевод с небольшим расширением. Шейный мешок появляется у самцов и самок только в период выкармливания птенцов, затем полость его смыкается, а стенки срастаются до периода размножения в следующем году.

Биологический смысл такого приспособления очевиден. Конюги, пища которых состоит из мелких рачков и других беспозвоночных, кормятся на поверхности моря в нескольких милях от берега. Доставка этой пищи птенцам в свежем виде возможна только при паличии специального вместилища, роль которого выполняет шейный мешок. После того как необходимость в доставке пищи на берег отпадает, мешок исчезает до следующего периода вскармливания птенцов.

Такие органы были обнаружены и у других видов птиц — потребителей пищи с поверхности моря.

Весьма узкоспециализированную группу воздушных хищников составляют летучие мыши — рыболовы, распространенные у побережья Центральной и Южной Америки. Эти животные, как и все летучие мыши, очень активны ночью, но иногда охотятся и днем. Поле их деятельности — поверхность моря и приморских водоемов. С помощью особых приспособлений — биологических локаторов — летучие мыши посылают вниз ультразвуковые импульсы, которые, отражаясь от находящихся на поверхности воды животных, ориентируют хищника на добычу. Пища летучих мышей — рыболовов состоит из мальков рыб, ракообразных, насекомых. То обстоятельство, что ночью вблизи берегов в приповерхностный слой моря поднимается из нижележащих слоев и дна масса сравнительно крупных беспозвоночных и молоди рыб, способствует охоте летучих мышей. Способы лова этих животных были

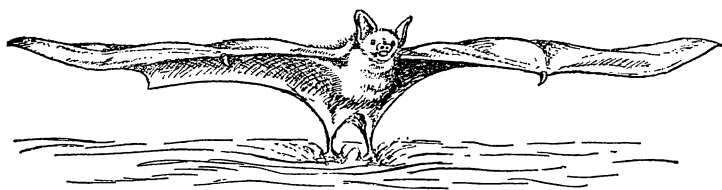


Рис. 10. Охота летучей мыши — рыболова у поверхности моря.

изучены с помощью ночной киносъемки в инфракрасных лучах. Летучие мыши — рыболовы летают на большой скорости непосредственно над поверхностью ночного моря, не касаясь воды. Только время от времени, руководствуясь сигналами локатора, они опускают задние лапки в воду и длинными, острыми, крючковидными когтями (каких нет у их насекомоядных родичей) легко схватывают добычу (рис. 10).

Летучие мыши — рыболовы добывают большое количество животных из приповерхностного слоя моря, и в пещерах, где они проводят дневное время суток, откладываются мощные пласты гуано. На Кубе это гуано под названием «мурсьелагина» (от *мурсьелаго* — летучая мышь) высоко ценится как удобрение.

Приведенные примеры, отражающие лишь часть биотических связей в приповерхностном слое моря, показывают, что здесь создается своеобразная экологическая обстановка, отличная от той, которая характерна для водной толщи. Особенно значительна роль двойного «пресса» хищников — водных и наземных, который не может не оказывать соответствующего влияния на население этого биотопа. Учитывая крайнее своеобразие условий жизни в верхнем биотопе пелагиали и то, что в нем обнаружен гипонейстон, ученые из ФРГ Г. Хемпель и В. Неллен (1970) назвали его гипонейсталью. Биотоп, соответствующий верхней стороне рубежа море — атмосфера, населенный организмами эпинеястона, экологические условия которого отличаются от экологических условий гипонейстали, а также биотопов суши, может быть назван эпинеясталью.

Если исходить из биологической важности факторов среды, наиболее выраженных в гипонейстали, а именно космического фактора (солнечная радиация), пищевого (неживое органическое вещество), физиолого-биохимиче-

ского (биологическая активность морской пены) и биотического (взаимоотношения поедающего и поедаемого), можно прийти к следующим выводам относительно возможностей существования здесь специальной жизненной формы и ее предполагаемых особенностей.

Если в приповерхностном биотопе постоянно концентрируется неживое органическое вещество и если существует много видов хищников со специальными приспособлениями для охоты в нем, значит, этот биотоп богат жизнью.

Так как основной поток готовой пищи поступает в гипонейсталь из толщи воды и дна, этот слой моря должен быть населен преимущественно временными обитателями. Уходя из приповерхностного биотопа, такие организмы должны возвращать в толщу воды и на дно органическое вещество, поддерживая тем самым определенное состояние равновесия в морях и океанах. Иными словами, приток веществ на поверхность должен уравниваться их оттоком. При отсутствии природного круговорота из толщи пелагиали будут извлечены все питательные вещества и она станет биологической пустыней, а ее поверхность загниет от обилия НОВ и тоже окажется непригодной для жизни. Но поверхность воды чиста, а ее толща обитаема до дна. Значит, существует жизненная форма, потребляющая НОВ на поверхности и возвращающая ее в водную толщу.

Организмы, населяющие гипонейсталь, должны быть приспособлены к ее совершенно своеобразным условиям и, в частности, к интенсивной солнечной радиации, ультрафиолетовым лучам, двойному «прессу» хищников при отсутствии укрытий и т. д.

Поскольку такая экологическая обстановка складывается во всех водоемах, жизненная форма с перечисленными выше предполагаемыми особенностями должна быть одной из наиболее обширных в Мировом океане и, следовательно, на всей планете.

Такой жизненной формой оказался морской нейстон, состоящий из гипонейстона и эпинеястона. Он открылся гидробиологам после того, как они разработали систему специальных методических приемов, позволивших войти с биологическими целями в самую близкую область пелагиали, столь долго остававшуюся фактически вне внимания исследователей.

ОРУДИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что развитие науки непосредственно связано с прогрессом в области методики исследований. Он может быть достигнут с помощью новых, более совершенных приборов или более рационального их применения, новых способов обработки результатов наблюдений, использования данных из смежных областей знания и т. д. Все эти аспекты методики имеют прямое отношение и к развитию морской нейстонологии. Однако главный скачок в наших знаниях о нейстоне морей и океанов был осуществлен благодаря появлению новых орудий сбора гидробиологического материала, специально предназначенных для облова поверхности раздела пелагиаль — атмосфера.

Хотя изучение морского нейстона начато всего полтора десятка лет тому назад, всевозможных сетей и других устройств для его сбора в настоящее время насчитывается так много, что перечислить всех их здесь нет возможности. Это и понятно: ведь отсутствие орудий для гидробиологических работ в приповерхностном биотопе пелагиали объяснялось не тем, что их невозможно было изготовить, а тем, что на поверхности Мирового океана не существовало объекта исследований. С возникновением такого объекта в печати одно за другим стали появляться описания различных приборов нейстонологического назначения. Назову основные этапы развития методики сбора нейстона и плейстона в морях и океанах.

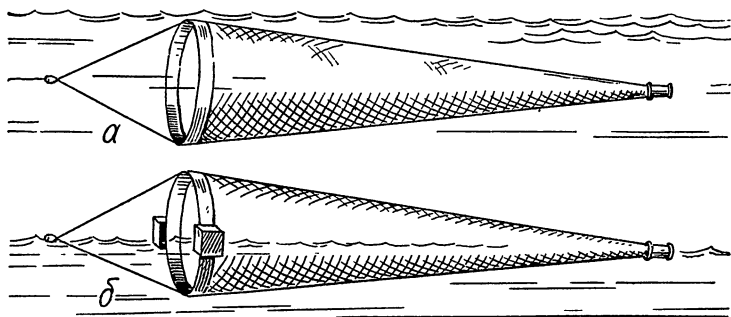


Рис. 11. Положение икорной конической сети ИКС, протягиваемой в горизонтальном направлении в воде:

а — в полностью погруженном состоянии, *б* — в полупогруженном состоянии благодаря двум поплавкам, прикрепленным по бокам входного отверстия сети,

В 1958 г. я предложил к сети конструкции профессора Т. С. Расса, предназначенной для сбора плавающей икры рыб (рис. 11, а), прикрепить два поплавка. Благодаря этому сеть поднимается наполовину из воды (рис. 11, б) и в таком положении может собирать ихтионейстон — икринки и личинки рыб, развивающиеся у пленки поверхностного натяжения пелагиали. В следующем году для этой цели я предложил специальную сеть. В отличие от распространенных сетей конической формы у нее прямоугольное основание размером 60×20 см, а длина 250 см (рис. 12). С помощью двух поплавков эта нейстонная сеть (сокращенно НС) работает в полупогруженном состоянии и обеспечивает хороший облов неподвижных и малоподвижных форм гипонейстона — простейших, личинок донных животных, низших раков, икринок и ранних личинок рыб и др. НС протягивается в горизонтальном направлении на лине со скоростью около 25 см/сек.

С целью получения сравнительных данных об обитателях нижележащих слоев воды в 1960 г. я разработал конструкцию многоярусной планктонно-нейстонной сети типа ПНС. Она состоит из двух — пяти сетей типа НС, соединенных общим металлическим каркасом (рис. 13), и может осуществлять синхронный облов нескольких слоев воды. Каркас снабжен двумя поплавками из пенопласта, расположенными таким образом, что верхняя из сетей погружается в воду на 5 см. Поэтому, например, пятиярусная планктонно-нейстонная сеть ПНС-5 производит одновременный облов следующих слоев воды: 0—5, 5—25, 25—45, 45—65 и 65—85 см. В результате исследователь получает сразу пять проб, сопоставление которых дает возможность провести сравнительный анализ животного и растительного населения у поверхности пелагиали, в первую очередь обитателей верхнего 5-сантиметрового слоя воды — гипонейстона.

В 1962 г. мной был описан нейстонный трал типа НТ (рис. 14), имеющий входное отверстие размером 300×25 см и длину 500 см. НТ предназначен для сбора больших количеств малоподвижных нейстонтов, необходимых для проведения химических, радиобиологических и других исследований.

В 1963 г. В. С. Большаковым (Одесское отделение ИнБИОМ АН УССР) был описан шланг-батометр — прибор для получения с глубины около 2—3 см образцов

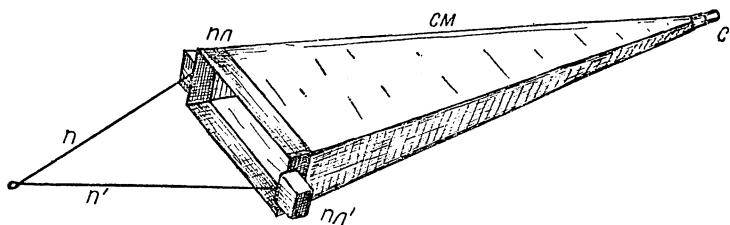


Рис. 12. Нейстонная сеть НС:

n, n' — поводки, $см$ — сетвой мешок, $с$ — стакан, $пл, пл'$ — полавки.

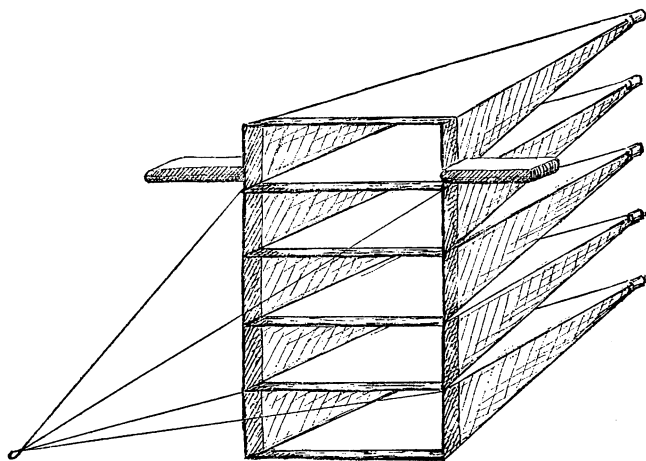


Рис. 13. Пятирусовая планктоннейстонная сеть ПНС-5.

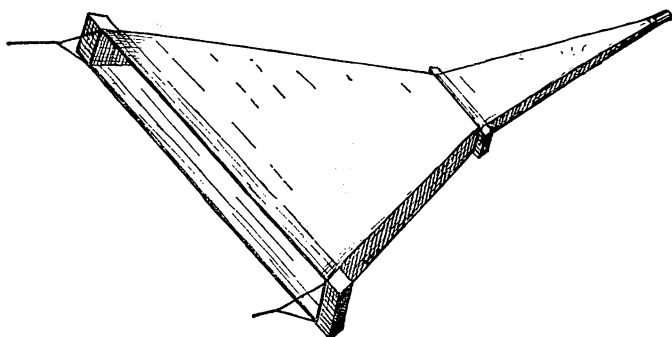


Рис. 14. Нейстонный трал НТ.

воды для химических анализов и проб мельчайшего, в основном растительного, населения моря, которое проходит сквозь ячейки шелкового сита, составляющего фильтрующую часть сетей (рис. 15).

В том же году А. И. Савилов опубликовал описание плейстонного трала ПТ, применяемого на исследовательском судне «Витязь» (рис. 16).

Это орудие лова имеет прямоугольное входное отверстие размером 100×60 см и длину фильтрующего мешка 200 см. По бокам снабжено двумя поплавками. Плейстонный трал напоминает нейстонную сеть, но если последняя рассчитана на облов слоя 0—5 см, то ПТ погружается в воду до глубины 30 см. В результате примесь планктонных организмов в уловах ПТ значительно больше, чем в уловах НС.

В 1963 г. появляются первые описания орудий сбора морского нейстона за рубежом. Р. П. Виллис из Веллингтонского океанографического института (Новая Зеландия) использовал уменьшенную модель сети НС (входное отверстие размером 18×4 см) для сбора фораминифер. Сотрудник Национального института океанографии Англии П. М. Дэвид предложил нейстонную сеть с входным отверстием размером 30×15 см, монтированную на салазках (рис. 17). Ее можно буксировать со скоростью до 3 м/сек и использовать для сбора подвижных нейстонтов.

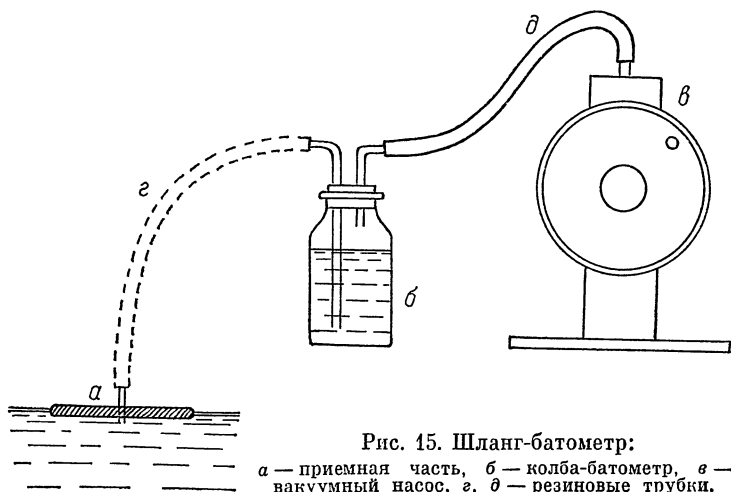


Рис. 15. Шланг-батометр:

а — приемная часть, б — колба-батометр, в — вакуумный насос, г, д — резиновые трубки.

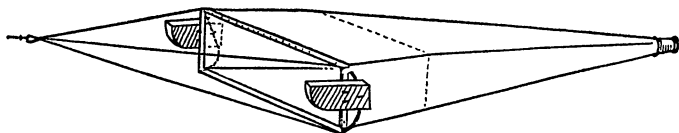


Рис. 16. Плейстонный трал ПТ.

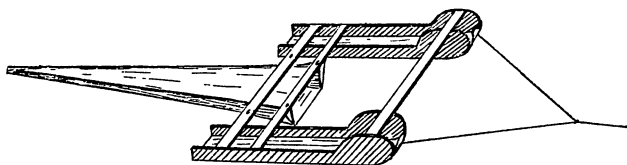


Рис. 17. Нейстонная сеть на салазках.

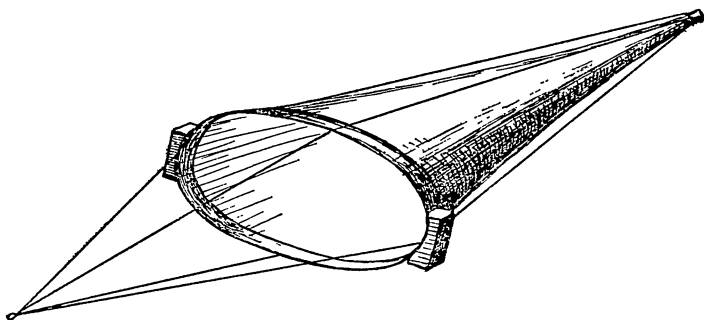


Рис. 18. Мальковый нейстонный трал МНТ.

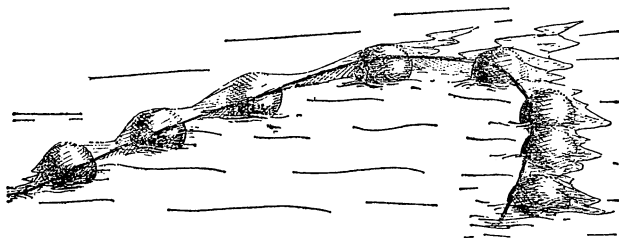


Рис. 19. 23-метровый гипонейстонный мальковый трал.

В 1964 г. я предложил мальковый нейстонный трал МНТ (рис. 18), буксируемый со скоростью 2 м/сек и предназначенный для лова активно плавающих и малоподвижных обитателей приповерхностного слоя пелагиали. Эллипсоидальное входное отверстие МНТ размером 100×50 см позволяет облавливать полосу шириной 1 м, что обеспечивает возможность количественного учета даже таких высокоподвижных нейстонтов, как мальки рыб длиной до 3—4 см.

В 1965 г. П. М. Дэвид сообщил об успешном использовании им в океане трехъярусной планктонно-нейстонной сети типа ПНС-3 для облова слоев воды 0—4, 4—8 и 8—12 дюймов.

В Азово-Черноморском научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (г. Керчь) Н. Н. Данилевский сконструировал и испытал в 1965 г. 23-метровый гипонейстонный мальковый трал (рис. 19), буксируемый со скоростью 125 см/сек. Сегодня это орудие лова дает основные исходные данные для составления прогнозов промысловых уловов рыб.

В 1966 г. итальянские ученые Э. Гирарделли и М. Спекки применили ПНС-5 в Адриатическом море, а в 1968 г. Ж. Шампалбер из Марселя описала десятиъярусную планктонно-нейстонную сеть аналогичной конструкции, при помощи которой она изучила гипонейстон Марсельского залива Средиземного моря. Еще одну модель малой скоростной сети для работы с борта небольших катеров и шлюпок предложили в 1966 г.

американские исследователи Р. Бьери и Т. Ньюбери. Как и в других подобных случаях, это пирамидальная сеть длиной 100 см, с входным отверстием размером 63—20 см.

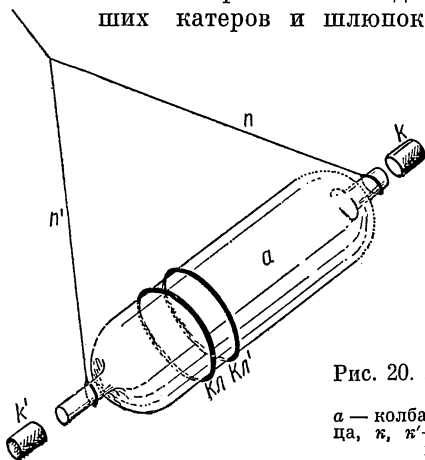


Рис. 20. Бактерионейстонособиратель БНС:

а — колба, кл, кл' — утяжелительные кольца, к, к' — колпачки, n, n' — поводки из хирургического шелка.

Для сбора бактерий из приповерхностного слоя моря — бактерионейстона А. В. Цыбань разработала в 1967 г. прибор — бактерионейстонособиратель БНС (рис. 20). В его основе — двугорлая стеклянная колба емкостью 250 см³, которая после соответствующей стерилизации опускается на морскую поверхность и отбирает воду из слоя 0—2 м. Позднее (1970) А. В. Цыбань предложила прибор БНС-П (бактерионейстонособиратель пленочный), в котором основную роль играет бронзовое сито размером 200 × 250 мм. Сито опускается на воду и захватывает в свои ячейки верхнюю пленку пелагиали толщиной около 0,2 мм (рис. 21).

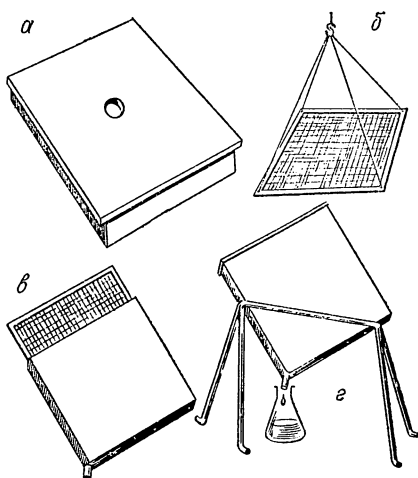


Рис. 21. Бактерионейстонособиратель пленочный БНС-П:

а — бокс, б — ячеистый экран, в — коллектор с экраном, г — коллектор с экраном в штативе.

В 1967 г. американские специалисты Г. Шлихтин и Дж. Гудзон описали конструкцию радиоуправляемой модели катера с корпусом из бальзового дерева. Длина модели 95 см, ширина 25 см, общий вес с оборудованием 6,8 кг. Катер развивает на холостом ходу скорость до 5 узлов, а во время работы — до 3 узлов (один узел равен 1852 м/час). По радиокоманде с катера в воду опускается миниатюрная нейстонная сеть, облавливающая слой воды 0—2,5 м. Одновременно другое устройство отбирает пробы воздуха на высоте 50 см над поверхностью воды. Вследствие небольших размеров сети это устройство может собирать только малоподвижных нейстонтов. Модель предназначена для работы в тихую погоду, при скорости течения менее 1,5 м/сек в районах с повышенной радиоактивностью.

Для получения проб одноклеточных растений из приповерхностного слоя моря сотрудница отдела гипонейстона ИнБЮМ АН УССР Д. А. Нестерова разработала в

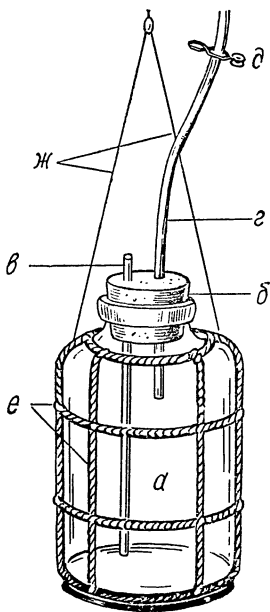


Рис. 22. Приповерхностный батометр:

а — стеклянный сосуд, *б* — резиновая пробка, *в* — стеклянная трубка, *г* — резиновая трубка, *д* — зажим, *е* — оплетка с свинцовым грузом, *ж* — поводок.

1969 г. специальную модель стеклянного батометра (рис. 22).

В. И. Тимощук (отдел радиационной и химической биологии ИнБЮМ Академии наук УССР) в 1968 г. сконструировал прибор «Афродита-1» для отбора больших количеств воды из слоя гипонейстона.

Нейстонная сеть канадских специалистов Д. Самеото и Л. Ярошински (1969) имеет жесткую основу и предназначена для работы на больших скоростях — до 11 узлов (рис. 23).

Нет сомнений в том, что по мере расширения, дифференциации и углубления исследований нейстона морей и океанов будут появляться новые орудия лова, и это положительно скажется на дальнейшем раскрытии особенностей жизни на рубеже гидросферы и атмосферы Земли. Однако не следует думать, что прогресс методики изучения нейстона, как и любой другой жизненной формы, заключается только в совершенствовании орудий лова и прочих

исследовательских приборов. Такое мнение в наш век автоматизации и технического прогресса иногда высказывается в ущерб делу. Бесспорно, биологу всегда будут нужны все более и более совершенные приборы, но этого мало. В дополнение к инструментальным исследованиям нейстона (планктона, бентоса, нектона) необходимы визуальные наблюдения специалиста за теми объектами, размеры и образ жизни которых допускают такого рода работу. Этот древнейший способ познания окружающей нас живой среды, что и говорить, не пользуется ныне былой популярностью и многим кажется архаичным. Даже в последнем издании Большой Советской Энциклопедии о визуальных наблюдениях сказано, что они «обычно отягощены личными ошибками и применяются в со-

временной науке только в тех случаях, когда невозможны или нецелесообразны фотографические, фотоэлектрические и тому подобные методы наблюдений» (БСЭ, т. 5, с. 50). Может быть, излишняя категоричность этого высказывания объясняется тем, что автор имел в виду в основном наблюдения за галактиками, но в биологии, и в частности в экологии (науке о взаимоотношениях между живыми организмами и окружающей средой) и в этологии (науке о поведении животных), значение визуальных наблюдений ничуть не уменьшилось. Тем более в условиях все возрастающего давления человека на животный и растительный мир. Мне, например, наблюдения в природе сквозь стекло подводной маски за распределением, способами передвижения, маскировки, преследования жертвы, за реакцией на свет и цвет, за естественной окраской организмов гипонейстона и эпинейстона с размерами тела 2—3 мм и больше дали не меньше новой для науки информации, чем изучение тысяч сетных проб нейстона.

Как и все виды работ, визуальные наблюдения, кроме предварительного теоретического знакомства с нейстоном, требуют соответствующих навыков и наличия некоторых вспомогательных инструментов. Это прежде всего целлюлоидный блокнот из белых пластинок, простой карандаш, привязанный ниткой к блокноту, и маленький сачок диаметром 5—6 см для поимки отдельных организмов, которых после рассмотрения можно отпустить или поместить в полиэтилен-

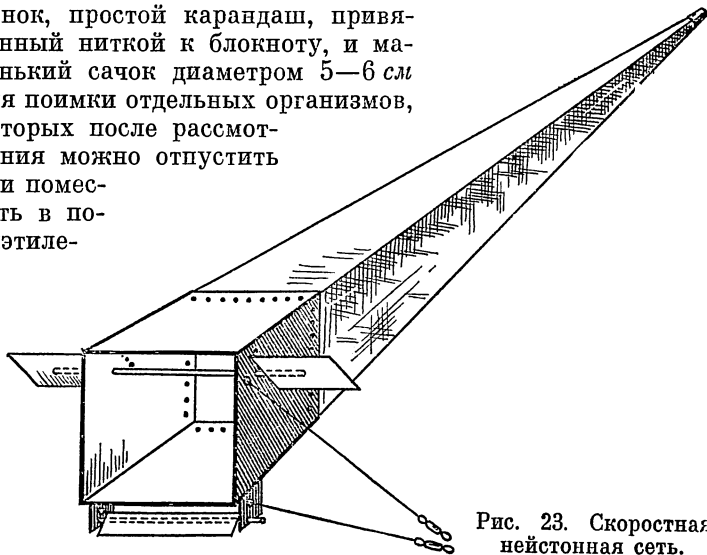


Рис. 23. Скоростная нейстонная сеть.

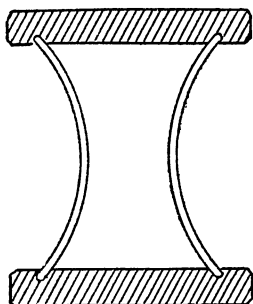


Рис. 24. Подводная лупа из двух часовых стекол в герметической оправе.

новый мешочек для последующей консервации. Для рассмотрения мелких объектов можно пользоваться подводной лупой системы французского акванавта Ф. Дюма (рис. 24). В этой лупе воздушная прослойка, заключенная между двумя часовыми стеклами и герметической оправой, образует двояковогнутую линзу, которая в водной среде преломляет лучи света так же, как стеклянная двояковыпуклая линза — в воздушной. Водолазное снаряжение наблюдателя за нейстоном состоит из маски, дыхательной трубки и ластов.

Методика визуальных наблюдений, как и другие разделы методики нейстонологических исследований, совершенствуются по мере углубления знаний об изучаемых объектах.

О ТЕХ, КТО ЗАСЕЛИЛ «СОЛНЕЧНЫЙ ФАСАД» МОРЯ

В этой главе будут описаны основные, наиболее характерные обитатели поверхности морей и океанов.

Сразу же нужно оговориться, что все жизненные формы водоемов не имеют четких границ между собой. Существуют виды, образующие как бы переходные стадии между планктоном, бентосом, nekтоном, нейстоном и плейстоном. Это не признак «несовершенства» природы, а, наоборот, доказательство способности живых существ заполнить не только все категории биотопов в морях и океанах, но и промежуточные области между ними. О реальности же самих жизненных форм свидетельствуют типичные представители каждой из них.

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЗАСЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЯМИ И ЖИВОТНЫМИ РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПОВ

Когда описывают фауну или флору какой-то области, порядок перечисления отдельных видов бывает разным. Можно представлять их в порядке систематики — от са-

мых примитивных форм до наиболее высокоорганизованных, можно в той очередности, в какой они были обнаружены в данном районе, в зависимости от их значения для человека и т. д. Попытаемся перечислить представителей нейстона и плейстона в той последовательности, которая отражает взаимозависимость живых существ друг от друга в водоеме.

Если разных обитателей какого-либо озера, моря или наземного биотопа называть по мере того, как они возникают в памяти, может создаться впечатление какой-то мозаики.

Например, если, говоря о фауне и флоре луга или рощи, мы назовем воробья, бабочку, дятла, муху, луня, кузнечика, пырей, славку, клен, стрекозу, дуб, лещину, — все будет правильно. Эти виды животных и растений, действительно, обитают здесь и, возможно, составляют основу населения биотопа. Однако простой перечень организмов в произвольной последовательности не в состоянии раскрыть сущность жизни данного биотопа. В природе нет случайных наборов видов животных и растений. Присутствие или отсутствие каждого из них, его процветание или угнетенность имеют свое объяснение.

В рассматриваемом случае на определенном участке земной поверхности в силу определенных особенностей почвы, климата, географического положения и т. д. произрастают травы (пырей), кустарники (лещина) и деревья (клен и дуб). Как и подобает зеленым растениям, эти травы, кустарники и деревья благодаря фотосинтетической деятельности преобразуют в своих телах неорганические вещества (воду из почвы и углекислоту из атмосферы) в органические — живые ткани листьев, стеблей, корней и др. Таким образом, в биотопе появляются растительный покров и растительная пища. Последняя создает условия для развития растительноядных животных. Это всевозможные насекомые, поедающие часть наземных и подземных органов растений, находящие в них убежища и места для откладывания яиц.

Насекомые в свою очередь создают условия для питания мелких насекомоядных птиц. Птицы поедают часть насекомых, а растительный покров используют в качестве места для размножения.

Наконец, часть мелких птиц обеспечивает питание крупных хищных птиц — вроде луня.

Таким образом, из первоначально беспорядочного нагромождения видов вырисовываются контуры определенных ярусов живых существ, опирающихся друг на друга. По этим ярусам пища (а точнее, энергия пищи) переносится с одного уровня на другой. Организмы, из которых каждый последующий поедает предыдущего, образуют так называемую пищевую, или трофическую, цепь. Например, растительный планктон — животный планктон — мидя — бычок. Другой пример: простейшие — животный планктон — хамса — дельфин. Пищевые цепи могут быть короче или длиннее, но всегда состоят из отдельных звеньев, или трофических уровней. Различают несколько таких уровней.

Первый трофический уровень образуют зеленые растения. Он называется уровнем продуцентов, то есть живых существ, создающих (продуцирующих) органическое вещество из неорганического, или уровнем автотрофов.

Последующие трофические уровни называются консументами, то есть потребителями. Животные, питающиеся растениями, образуют трофический уровень первичных консументов, их потребители — это уже вторичные консументы. Далее следуют третичные консументы. Бывают консументы последующих порядков.

Наряду с продуцентами и консументами существует еще одна трофическая группа (уровень), образованная редуцентами. Это — бактерии и грибы, потребляющие неживое органическое вещество. Они минерализуют (редуцируют) его, выделяя соли азота и фосфора, нужные зеленым растениям. Роль редуцентов особенно велика там, где продуценты не получают интенсивного развития и где имеется большое количество неживого органического вещества.

Существенной особенностью перехода энергии пищи с одного трофического уровня на другой является то, что при этом часть энергии, согласно второму закону термодинамики, перерождается в тепло. Поэтому и прирост веса потребителя пищи за данный отрезок времени, как правило, существенно меньше веса съеденной им пищи. Например, если насекомые съели 100 ц зеленой массы, это не означает, что они (вместе со своим потомством) прибавят в весе столько же. Прирост в весе намного меньше даже тогда, когда речь идет о самой калорийной пище. Все насекомоядные птицы в свою очередь весят гораздо

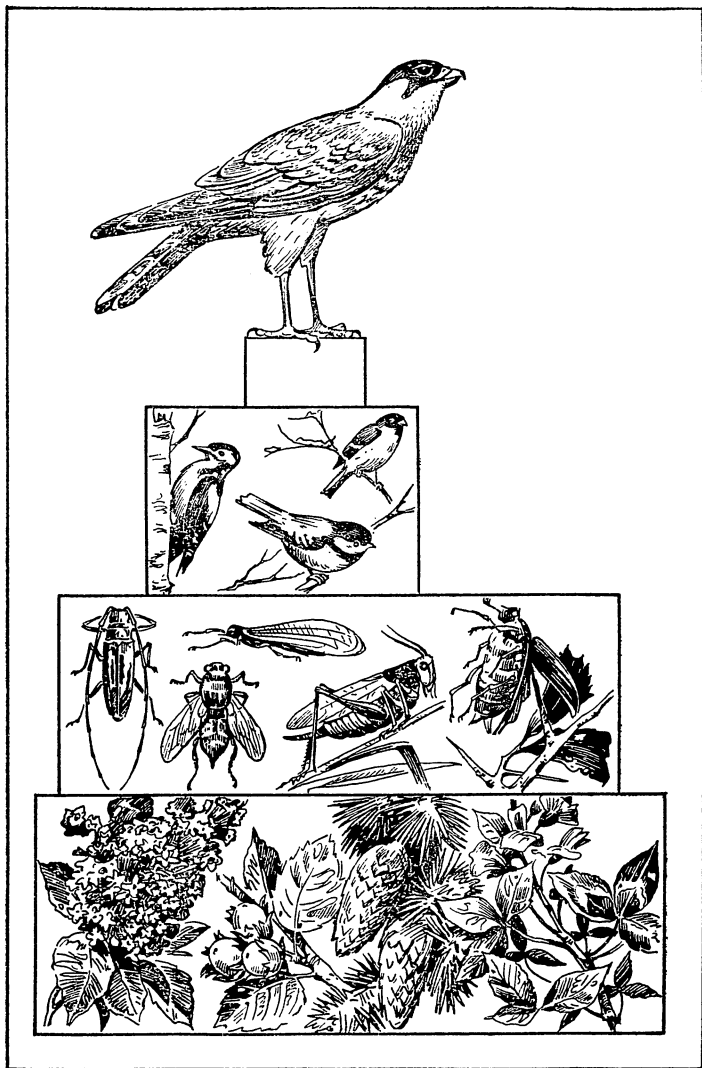


Рис. 25. Пример экологической пирамиды наземного биотопа.

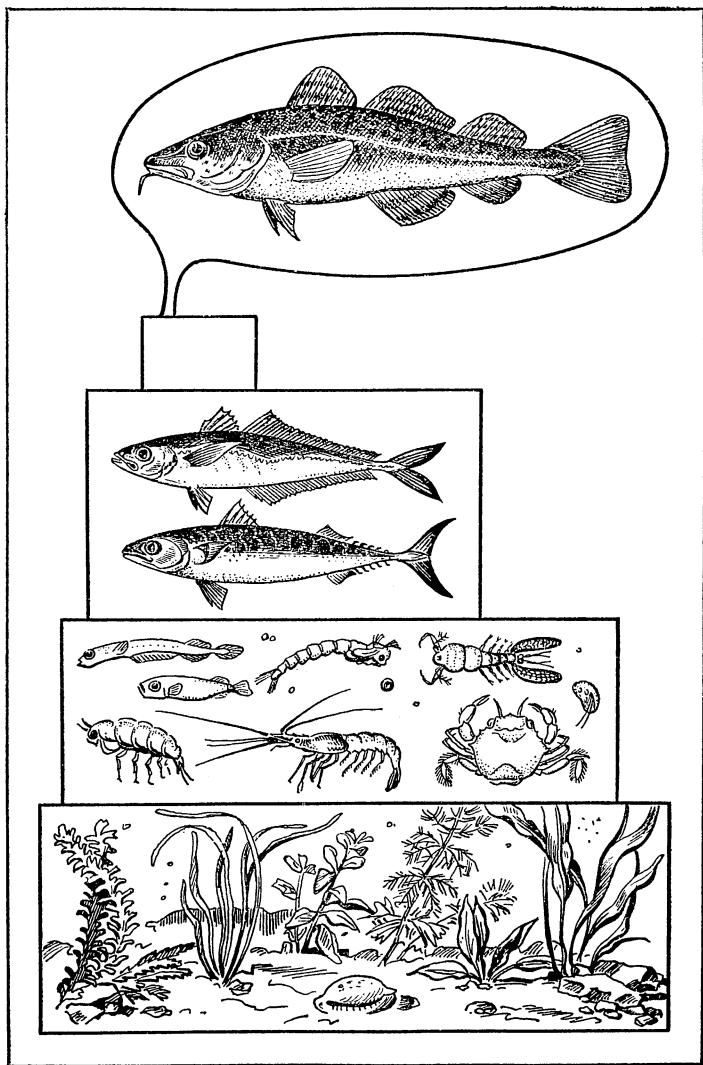


Рис. 26. Пример экологической пирамиды мелководного участка Северного моря.

меньше, чем съеденный ими корм, а число их соответственно намного меньше числа насекомых. Хищных же птиц по числу и весу будет еще меньше, чем насекомоядных. Если все это изобразить в виде схемы, получится так называемая экологическая пирамида (рис. 25). Различают пирамиды чисел (количества особей на каждом трофическом уровне), пирамиды биомасс (суммарного веса особей по трофическим уровням) и пирамиды энергий (сравнение трофических уровней проводится по энергетическому признаку). На рис. 26 показано, как выглядит пирамида биомасс одного из участков Северного моря с преобладанием на дне водорослей и морской травы.

Выявление экологических пирамид очень важно для правильного понимания биологии отдельных участков суши или водоемов, тех изменений, которые могут претерпеть их фауна и флора в результате воздействия человека на каком-либо из трофических уровней. Если в рассмотренном случае для существования одного луня нужны, допустим, 2 га луга, то, вспахав 1 га луга, мы наполовину сократим численность консументов первого и второго порядков, и лунь лишится необходимой ему пищи. Он перелетит в другое место. А если насекомоядные птицы составляли только половину пищевого рациона луня, а вторую половину — мелкие грызуны? Тогда грызуны получат полную свободу действий, размножатся в количестве, намного превышающем обычное, и уничтожат почти всю растительность. С исчезновением первого трофического уровня вся пирамида нарушится. Таких примеров, когда, воздействуя на одно звено экологической пирамиды, люди изменяли коренным образом весь облик живой природы и часто не в лучшую для себя сторону, известно все больше и больше.

Этот краткий экскурс в вопросы общей биологии поможет нам лучше понять структуру и условия формирования приповерхностных жизненных форм морей и океанов и их значение в биологии галосферы.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО БИОТОПА

Поскольку изучение биологии пограничного слоя море — атмосфера началось недавно, в распоряжении науки еще нет достаточно подробных сведений о количе-

стве тех или иных видов в этом обширном биотопе. Однако общие очертания существующих здесь экологических пирамид видны вполне отчетливо.

Зеленые растения в верхних сантиметрах пелагиали чувствуют себя, по-видимому, не очень хорошо из-за слишком яркого солнечного света. Глубина, на которой в Черном море происходит наиболее интенсивный фотосинтез массовых видов одноклеточных водорослей планктона, составляет, как показал профессор Ю. М. Сорокин, 10—15 м. В гипонейстали количество этих водорослей, как правило, намного меньше, чем в более глубоких слоях, а консументов гораздо больше, чем в толще воды. Можно подумать, что экологическая пирамида этого слоя сложена только из консументов. Что же все-таки находится у ее основания? Оказывается, бактерии. Используя непрерывное поступление на поверхность НОВ в различных его состояниях, сапрофитные (питающиеся разлагающимся органическим веществом) бактерии развиваются здесь в таком количестве, какое не встречается нигде больше в многокилометровой толще Мирового океана. Скопления бактерий в самом солнечном, пронизанном «бактерицидными» ультрафиолетовыми лучами слое воды — одно из наиболее неожиданных открытий на поверхности пелагиали. С этим впервые еще в 1939 г. столкнулся профессор Б. А. Скопинцев — инициатор химического изучения морской пены. В 1 см³ пены из Каспийского моря число колоний бактерий составляло 14 000, а в том же объеме морской воды — только 440. Однако эти цифры, пожалуй, никого, кроме их автора, в то время не поразили. Гидрохимики и микробиологи еще долго продолжали отбирать «поверхностные» пробы без охвата области пленки поверхностного натяжения или морской пены. Лишь почти четверть века спустя явление обилия гетеротрофных микроорганизмов на поверхности раздела море — атмосфера было открыто вторично, и началось его специальное изучение.

Сотрудник Института биологии южных морей АН УССР Л. Н. Пшенин, изучая вертикальное распределение азотфиксирующих микроорганизмов в восточной части Черного моря, в 1964 г. установил, что количество микрорколоний и клеток этих бактерий в верхнем слое воды толщиной 3—5 см часто бывает в 3—100 раз выше, чем на глубине 25 м. Большой интервал между двумя исследо-

ванными слоями не дал возможности Л. Н. Пшенину выяснить, с какой глубины начинается обилие бактерий, зарегистрированное в приповерхностном слое. Позднее он назвал это скопление микробальным гипонейстоном, а одного из его представителей, оказавшегося новым для науки видом, описал под названием *Treponema hyponeustonicum*.

Основной вклад в изучение бактерионейстона (бактериального гипонейстона и эпинейстона) принадлежит А. В. Цыбань и ее сотрудникам по лаборатории бактерионейстона отдела гипонейстона Одесского отделения ИнБЮМ АН УССР. Свои исследования она начала в 1962 г., когда у нас уже были достаточно четкие представления о второй и последующих ступенях экологической пирамиды нейстона. Мы предполагали, что основанием пирамиды являются микроорганизмы. Но это нужно было доказать. А. В. Цыбань разработала специальную методику отбора проб и развернула широкий фронт микробиологических исследований на границе пелагиали и атмосферы. Параллельно, для сравнения, отбирались пробы из толщи воды. Вначале поверхностные пробы отбирались из слоя 1—2 см, а затем из слоя толщиной всего 150 тысячных долей миллиметра, то есть практически у самой поверхности пленки. Работы выполнялись в Черном и Азовском морях, а в 1969 г. в Тихом океане с борта научно-исследовательского судна «Витязь». Результаты во всех водоемах оказались аналогичными: количество гетеротрофных микроорганизмов в тончайшем верхнем слое воды в сотни и тысячи раз выше, чем на глубине 0,5; 1; 10; 100 м и несколько километров (рис. 27). Таким образом, микроорганизмы преобладают в приповерхностном слое. Это и было недостававшее основание пирамиды нейстона. Вскоре А. В. Цыбань разрешила и другие вопросы. Она установила, что микроорганизмы нейстона благодаря своей окраске успешно переносят яркий солнечный свет, а волны не только не разрушают, но обогащают бактерионейстон, что объясняется, вероятно, резко усиливающимся во время волнения извлечением НОВ на поверхность воды. Особенно много сапрофитных микроорганизмов встречается в устойчивых хлопьях вязкой морской пены.

На солидный фундамент из бактерий ложатся последующие ступени пирамиды нейстона. Второй трофический уровень образуют основные потребители бактерий и про-

чих мельчайших гетеротрофов — простейшие, личинки всевозможных моллюсков, червей, ракообразных, рыб и взрослые особи мелких ракообразных и других животных. Конечно, они с успехом могут потреблять и зеленые растения, но высокой численности продуцентов в гипонейстали морей и океанов пока не обнаружено. Имеются веские доказательства присутствия в гипонейстали большого количества мелких бесцветных жгутиковых, многие из которых, в отличие от зеленых растений, питаются неживым органическим веществом. Впрочем, у поверхности океана

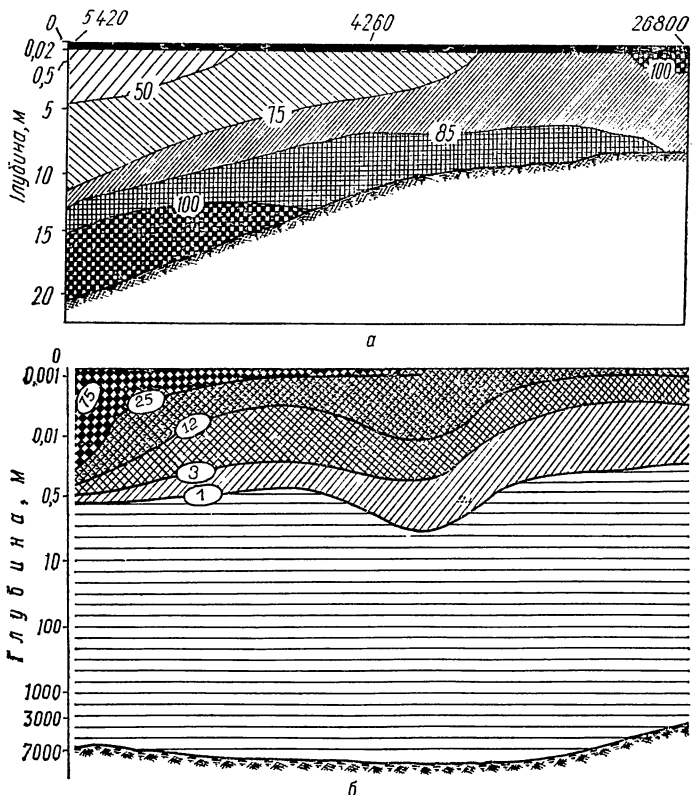


Рис. 27. Количество микроорганизмов (в тыс. клеток в 1 см^3 воды) на разных глубинах:

а — в северо-западной части Черного моря (жирной полосой обозначен слой 0—0,02 м, где содержание микроорганизмов самое высокое); б — в северо-восточной части Тихого океана.

могут развиваться и водоросли. Причем не обрывки донных водорослей, которые, оторвавшись, всплывают и долгое время вегетируют на поверхности пелагиали, а виды, обитающие только в гипонейстали. Это плавающие саргассы, которые в Атлантическом океане образуют знаменитое Саргассово море, столь удивившее Колумба и его спутников в 1492 г. Исследования, проведенные мной в Океанологическом институте в Гаване, показали, во-первых, что высокая плавучесть саргассов обеспечивает их устойчивое положение под поверхностной пленкой моря, а во-вторых, что части водорослей, возвышающиеся над водой, в течение нескольких минут высыхают и отмирают. Это подтверждает их типично гипонейстонный характер. Таким образом, в Саргассовом море экологическую пирамиду можно было бы начинать с продуцентов, но нет сведений о том, что эти крупные водоросли служат пищей первичным консументам. По-видимому, и здесь основанием пирамиды являются бактерии и другие мелкие сапрофиты.

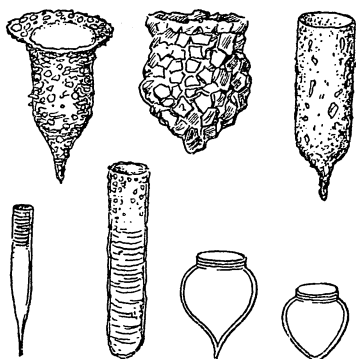


Рис. 28. Форма домиков различных видов ракобичных инфузорий, или морских колокольчиков.

Среди простейших в слое 0—5 см весьма многочисленны инфузории, и в частности раковинные инфузории, или морские колокольчики (рис. 28). Как показали работы О. И. Морозовской, их численность и видовое разнообразие у поверхности моря намного выше, чем в толще воды. А материалы Л. Н. Полищука свидетельствуют о том, что у поверхности Черного моря резко возрастает численность личинок червей, моллюсков, усонюгих и веслоногих раков и взрослых особей мелких веслоногих раков. Такую же картину я получил для икры и личинок рыб (рис. 29). Обращает на себя внимание обилие всевозможной молодежи морских беспозвоночных и рыб в гипонейстали. Исходя из этого, можно назвать поверхностный слой важнейшим питомником и инкубатором морей и океанов. В самом деле: отдав его в распоряжение молодежи, природа поступила

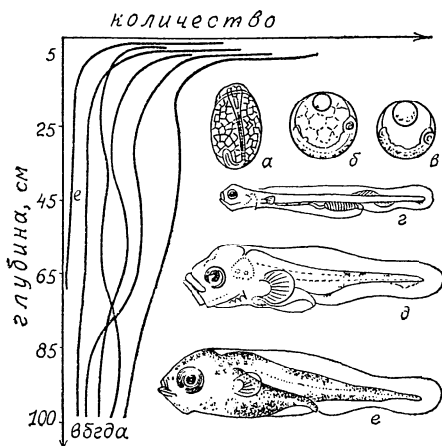


Рис. 29. Вертикальное распределение икринок и личинок рыб у поверхности Черного моря:

а — икры хамсы, б — икры ставриды, в — икры кефали, г — личинок хамсы, д — личинок ставриды, е — личинок кефали.

в гипонейстали. Зато еще большей стала приверженность этих организмов к приповерхностному биотопу. В толще воды их практически нет. Вот, например, как изменяется вблизи поверхности Черного моря численность крупного веслоногого рачка понтеллы (рис. 31).

Однажды в Азовском море я выловил огромное количество крупных личинок двух видов крабов. В слое 0—5 см их оказалось 18 603 экземпляра в 1 м³ воды, в слое от 5 до 25 см в том же объеме их было уже 63, а в слое от 25 до 45 см — 30. Приблизительно таким образом распределяются по вертикали и остальные представители третьего трофического уровня.

Четвертый трофический уровень пирамиды составляют не только нейстонты и вообще не только обитатели водоемов (гидробионты), но и обитатели суши и атмосферы (аэробии). Среди первых это рыбы, питающиеся у самой поверхности воды. По-видимому, нет взрослых рыб, которые питались бы исключительно нейстоном, но типично гипонейстонных понтеллид, равноногих раков, личинок крабов и др. находили в большом количестве в желудках скумбрии, ставриды и даже великана-тунца.

как нельзя более целесообразно. Где еще в морях и океанах можно найти такое обилие пищи и к тому же возможность облучения ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами?

Третий трофический уровень образуют более крупные беспозвоночные и мальки рыб, поедающие «кирпичики» второй ступени пирамиды нейстона (рис. 30). Их численность измеряется уже не миллионами и тысячами, а сотнями и десятками в 1 м³ воды

В желудках черноморского дельфина — белобочки профессор С. Е. Клейнберг находил по несколько килограммов гипонейстонной идотеи Остроумова. Можно удивляться дельфинам, которые без специального цедильного устройства ухитряются собрать такую массу рачков с длиной тела 2—3 см. Может быть, на помощь приходит их сложная психика, о которой так много узнали в последнее время. Правда, смущает, что столь развитые существа заглатывают в то же время и посторонние предметы,

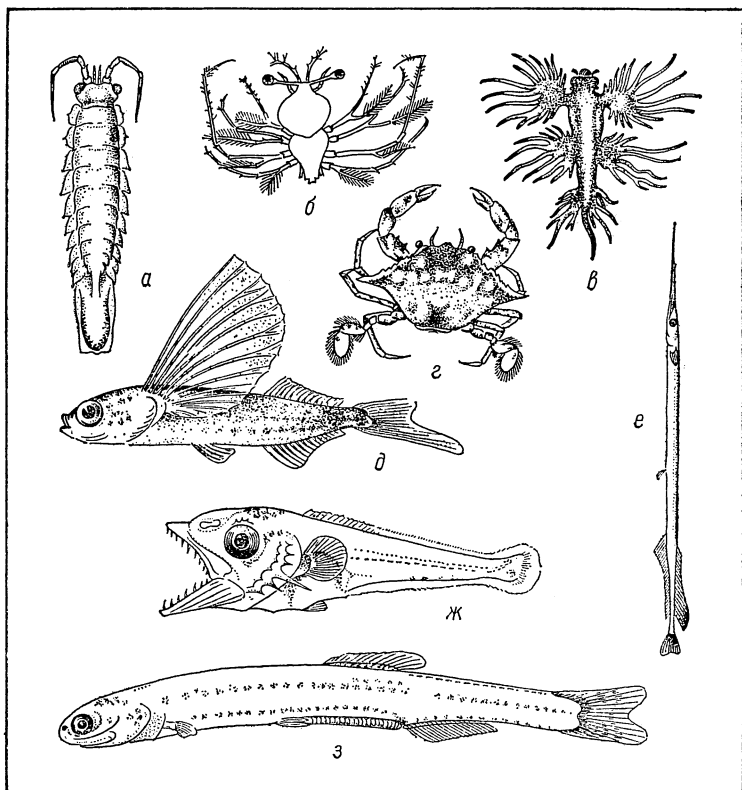


Рис. 30. Крупные беспозвоночные, личинки и мальки рыб гипонейстона морей:

a — равноногий рачок идотея, длина тела 3,6 см; *б* — личинка лангуста — листотелка, длина тела 2 см; *в* — моллюск глаукус, длина тела 3,5 см; *г* — саргассовый крабик, ширина панциря 2,5 см; *д* — малек летучей рыбы, длина тела 2,7 см; *е* — малек саргана, длина тела 8 см; *ж* — личинка пелаמידы, длина тела 1,1 см; *з* — личинка анчоуса, длина тела 3,5 см.

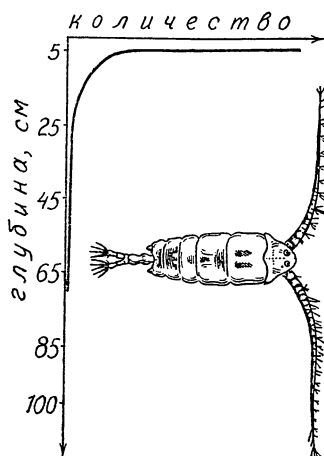


Рис. 31. Вертикальное распределение гипонейстонного рачка понтеллы в Черном море.

плавающие на поверхности моря. В желудках дельфинов нередко находили пароходный шлак, кусочки древесины, перья птиц, а однажды даже бумажный кулек с косточками черешни. Но оценка деталей поведения дельфинов — не наша задача. Нам достаточно запомнить, что обнаруженные в желудках дельфинов наряду с типичными организмами гипонейстона предметы, которые могут плавать только на поверхности моря, служат убедительным доказательством того, что эти млекопитающие охотятся и в гипонейстали. Шлак, древесина и другие плавучие предметы попадают также в желудках морских исполинов — усатых

китов, что свидетельствует о том же. Однако размеры пасти кита не позволяют утверждать, что он потребляет исключительно население слоя 0—5 см. Конечно, он прихватывает также и обитателей нижележащего слоя воды. Сборы, полученные с помощью ПНС в Антарктике, показывают, что основные объекты питания китов — эуфаузииды (криль) и гиперииды — в сумерки и в темное время суток скапливаются в гипонейстали. По-видимому, усатые киты не проходят мимо этого сгустка пищи.

Нейстоном питаются также хищные физалии и парусники плейстона океанических тропиков. А. И. Савилов отмечал, что плейстонные животные, и прежде всего физалия и парусник, причиняют рыбному населению открытой пелагиали значительный вред, истребляя, наряду с зоопланктоном, личинок и мальков многих видов рыб. Пищей им служат мальки сайры, летучих рыб, анчоусов, сельди, тунцов и др. Особенно вредны в этом отношении физалии. Для поимки добычи им служат дактилозоиды (ловчие нити), усеянные стрекующими клетками. Небольшому планктонному животному или мальку рыбы достаточно прикоснуться к дактилозоидам, чтобы быть парализованным ядом стрекующих клеток. Названные ли-

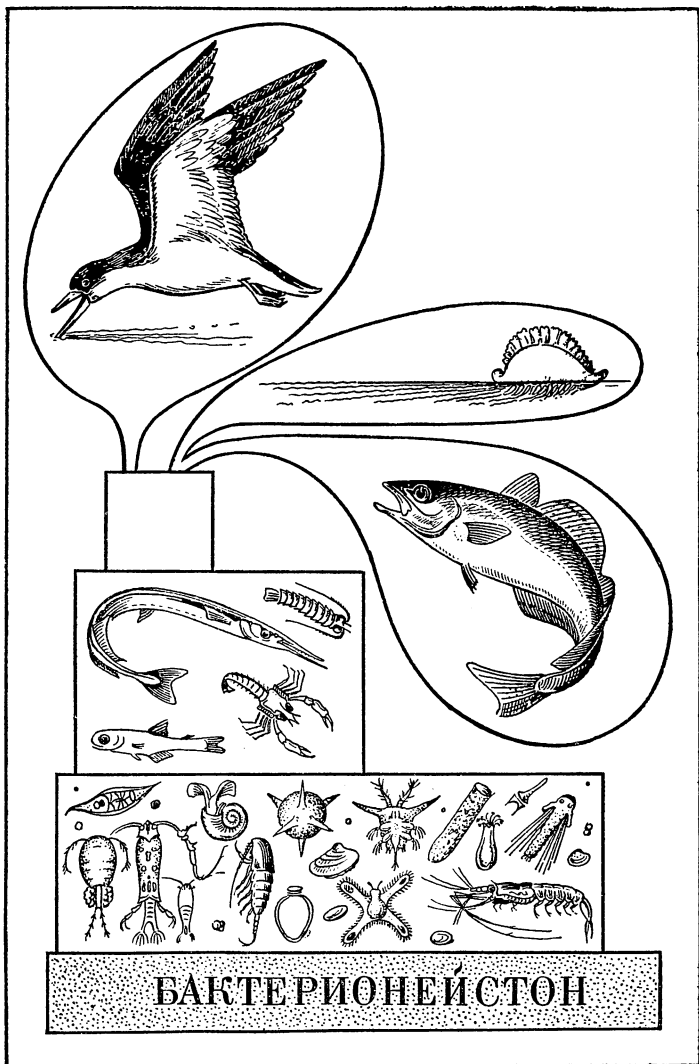


Рис. 32. Пример экологической пирамды на поверхности морей.

чинки рыб ведут преимущественно гипонейстонный образ жизни, а физалия, дрейфуя по ветру, тянет за собой вытянутые в приповерхностном слое многометровые тонкие щупальца дактилозоидов, облавливающих таким образом большую площадь водной поверхности. Сами физалия и парусник, будучи ядовитыми, мало кем поедаются и, как считает А. И. Савилов, приближаются к положению конечного звена пищевой цепи. В литературе есть сведения, что парусником может питаться луна-рыба, а физалией — полосатый марлин и морские черепахи.

О том, что нейстоном питаются многие морские птицы и летучие мыши, уже говорилось.

Итак, мы нанесли общие контуры экологической пирамиды самой верхней части толщи морей и океанов. Нужно, однако, предостеречь читателя от опасности абсолютизации такой пирамиды. Это всего лишь схема, а природа намного сложнее любой схемы.

В рассмотренном случае можно найти немало противоречий. Например, моллюск глаукус, краб планес и некоторые другие пожирают парусника из «вышестоящего» трофического уровня.

Тем не менее общие закономерности пищевых взаимоотношений обитателей приповерхностного слоя моря и направление потока энергии пищи от одного трофического уровня к следующему укладываются в принципе в такую схему экологической пирамиды, какая показана на рис. 32.

ПУТИ ЗАВОЕВАНИЯ ЖИВЫМИ СУЩЕСТВАМИ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Факт концентрации живых существ в пленке поверхностного натяжения моря намного проще доказать, чем объяснить, каким образом это стало возможным? Какие черты анатомического строения и физиологии, какие особенности поведения животным и растениям пришлось приобрести, видоизменить или утратить в ходе эволюции для того, чтобы в результате оказаться «пригнанными» к своеобразным условиям поверхности пелагиали? Дать исчерпывающий ответ на эти вопросы невозможно, так как многое еще остается загадкой. Сегодня можно гово-

рить лишь об основных направлениях эволюционного процесса в интересующей нас области.

Рассмотрим эти направления.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К УДЕРЖАНИЮ ТЕЛА У ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

При любом состоянии моря — в штиль и в шторм — типичные организмы нейстона и плейстона не теряют связи с поверхностью воды. Большие волны могут их на какое-то мгновение погрузить в воду, но они снова всплывают.

В большинстве случаев приповерхностное положение обеспечивается высокой плавучестью организмов, которые, согласно закону Архимеда, выталкиваются к самой поверхности воды. Такая плавучесть достигается благодаря большому содержанию в их тканях воды и одновременно отсутствию или облегченности скелетных элементов. Еще чаще высокую плавучесть придают газовые и жировые включения внутри тела и различные внешние поплавки.

Готовые к оплодотворению икринки хамсы, шпрота, морского ерша содержат до 95—98% воды. Икринки других видов рыб — калкана, ставриды, кефалей — имеют по одной, а икринки пелагиды — до 10 жировых капель

(рис. 33). Эти жировые включения не только служат высококалорийной пищей выклюнувшимся личинкам, но и выполняют функции поплавка, помогающего икринке удерживаться у поверхности воды. Большинство личинок рыб имеет наполненный воздухом плавательный пузырь, служащий тем же целям. Пузырь есть у личинок даже таких рыб, у которых во взрослом состоянии он отсутствует, — например, у многих видов бычков,

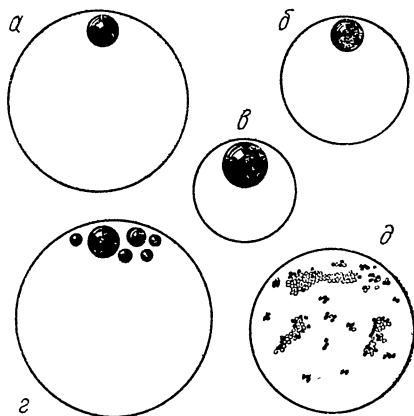


Рис. 33. Икринки рыб с жировыми каплями:

а — камбалы-калкана, б — ставриды, в — кефали, г — пелагиды, д — камбалы — морского языка.

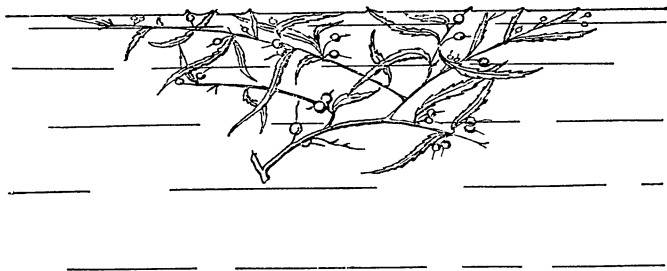


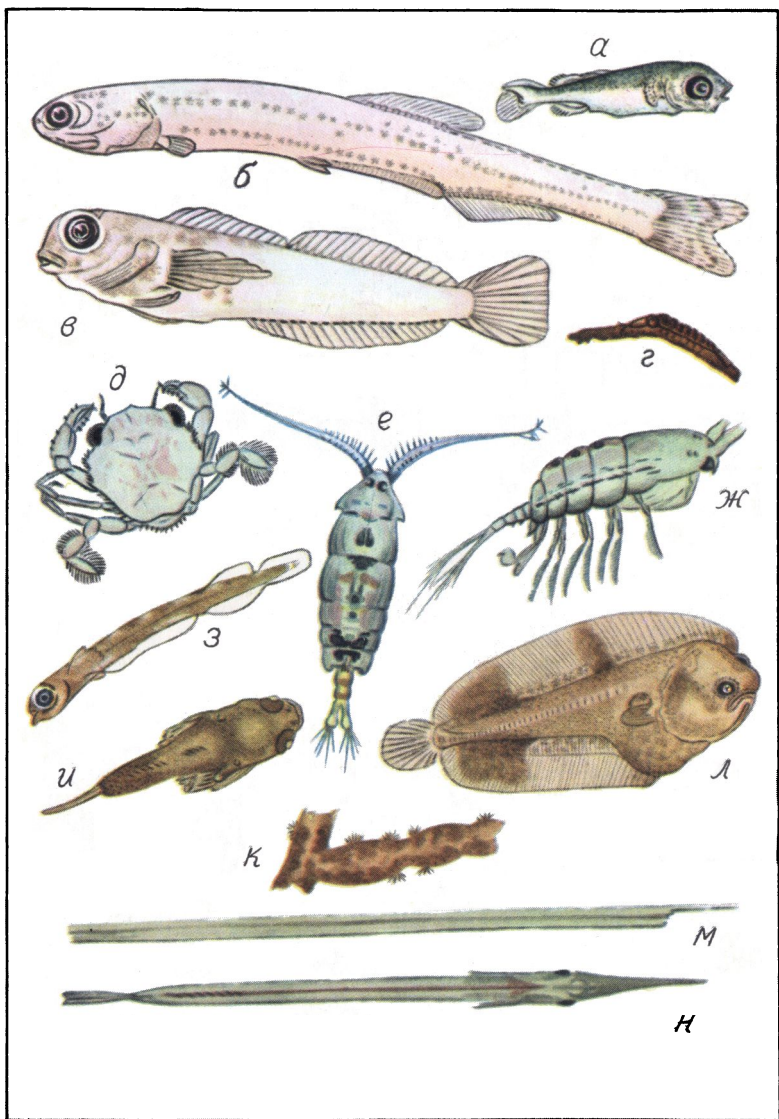
Рис. 34. Слоевище гипонейстонной саргассовой водоросли с воздушными пузырями — поплавками.

скумбрии, тунца и др. Это уже газовые включения — надежный способ удержания тела у самой поверхности воды. Они имеются у многих животных и растений. Слоевища гипонейстонных видов саргассов, как елка игрушками, усеяны множеством шаровидных воздушных пузырей (рис. 34), поддерживающих водоросль и ее многочисленных животных-обрастателей под пленкой поверхностного натяжения.

Пузырьки газа есть в полости кишечника моллюска глаукус. Благодаря им на своей широкой разветвленной подошве глаукус ползает по нижней стороне пленки поверхностного натяжения пелагиали.

Сложная система воздушных камер пронизывает диск медузы-порпиты, которая буквально повисает на пленке поверхностного натяжения (рис. 35). Даже в растворе формалина порпита может оставаться в том же положении в течение нескольких лет. Если порпита — типично гипонейстонное животное, то ее ближайший родич — парусник относится уже к настоящему плейстону. Помимо горизонтальной пластинки, пронизанной, как у порпиты, воздушными камерами, парусник имеет еще вертикальную пластинку — парус треугольной или округлой формы (рис. 36, а). Парус выступает над поверхностью воды на несколько сантиметров, и животное перемещается под действием ветра, облавливая по пути своими щупальцами все новые и новые участки поверхности моря.

Наиболее развита газовая камера — пневматофор — у физалии, или португальского кораблика (рис. 36, б). Длина пневматофора достигает 30 см, а высота — 15 см



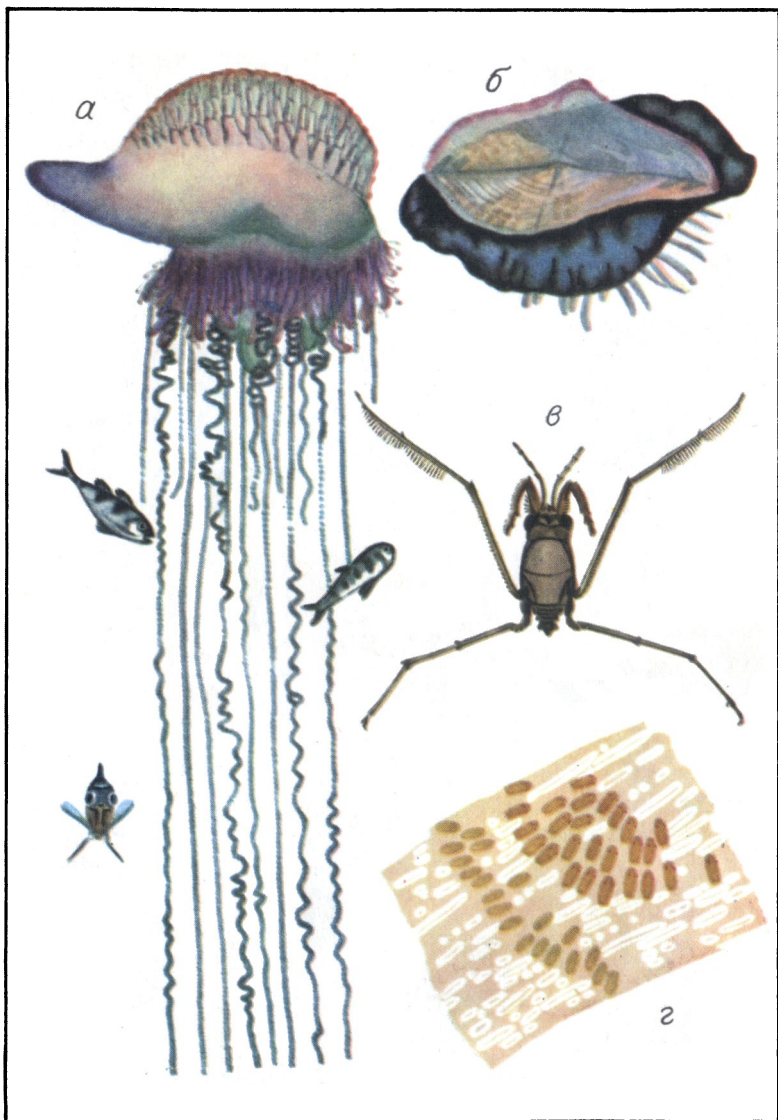
Представители гилонейстона Черного моря:

а — личинка кефали, б — личинка хамсы, в — личинка морской собачки, г — равноногий рак идотея на кусочке дерева, д — молодой краб-плавунец, е — веслоногий рачок средиземноморская понтелла, ж — веслоногий рачок ано-малоцера, з — личинка саргана, и — личинка морской мышки, к — обрывок бурой водоросли цистозиры, л — личинка камбалы — морского языка, м — об-рывок листа морской травы zostеры, н — малек саргана.



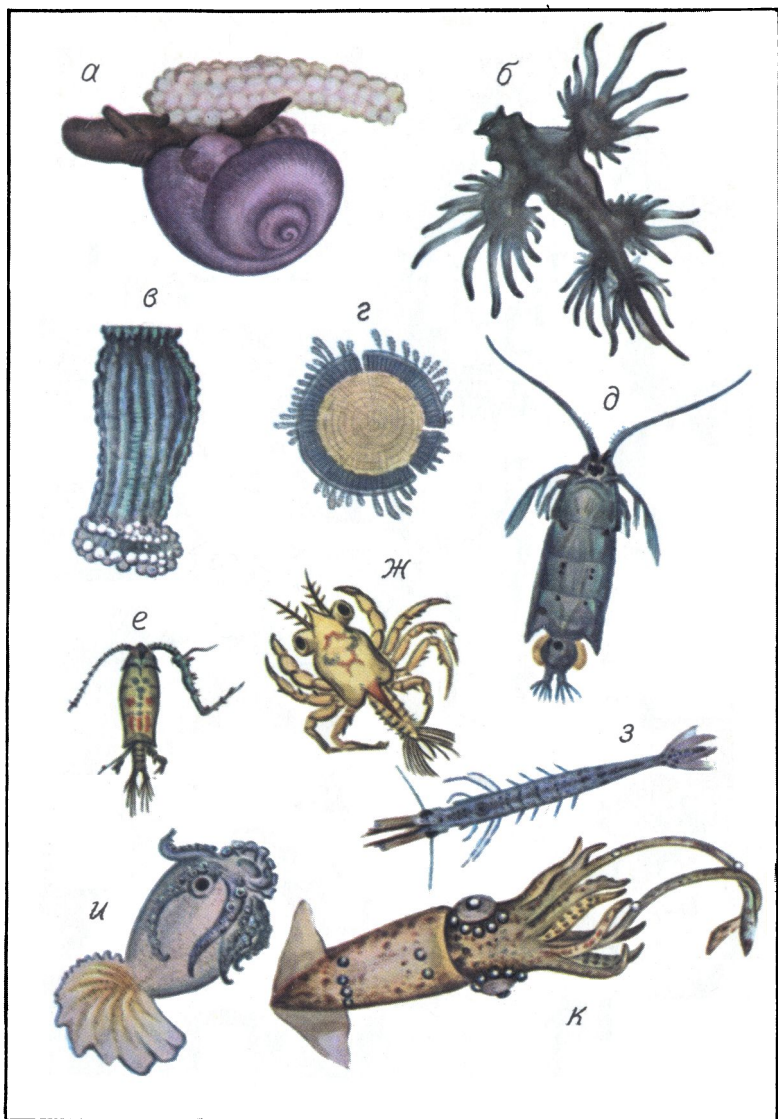
Гипонейстонные водоросли саргассы и обитающие среди них животные:

а — рыбка-клоун, б — игла-рыба, в — голожаберный моллюск сциллеа, г — саргассовый крабик.



Представители плейстона и эпинеистона тропических морей
и океанов:

а — плейстонная физалия, или португальский кораблик, и сопутствующие ей рыбки номуус, *б* — плейстонный парусник, *в* — эпинеистоная океаническая водомерка галобатес, *г* — яйца галобатес, отложенные на плавающий обрывок черепашьей травы.



Представители гипонейстона морей и океанов:

а — переднежаберный моллюск янтина, б — голожаберный моллюск глаукус,
 в — актиния минаяс, г — гидроидная медуза-порпита, д — веслоногий рачок
 щитоносная понтелла, е — веслоногий рачок понтелла — принц, ж — мегалопа
 (личинка краба), з — креветка парапенеус, и — молодой осьминог аргонавт,
 к — молодой кальмар телеотеутис.

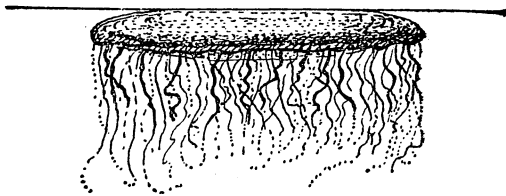


Рис. 35. Гипонейстонная медуза-порпита.

и на $\frac{9}{10}$ он возвышается над водой. Физалия типично плейстонное животное, характерное для тропической и субтропической зон Мирового океана. Как никакой другой обитатель моря, физалия способна в течение десятков минут, а то и часов выдерживать палящие лучи Солнца без смазывания пневматофора водой.

Другие обитатели поверхности океана сами себе изготавливают различные поплавки, или плотики, для удержания тела в гипонейстали. Так, временный житель этого биотопа — небольшой брюхоногий моллюск *Hudrobia ulvae* строит себе плотики из слизи, выделяемой особыми железами. Плотик, сооруженный из несмазываемого материала, удерживает моллюска на поверхности воды и одновременно помогает в сборе пищи.

Тропические актинии рода минияс прикрепляются к пленке поверхностного натяжения с помощью поплавок, расположенного в середине ноги и состоящего из пузырьков газа, заключенных в упругую оболочку.

Высокого совершенства в сооружении собственного поплавок достигли брюхоногие моллюски рода янтина. Приблизительно каждую минуту моллюск выделяет один пузырек воздуха, заключенный в оболочку из быстро затвердевающей слизи — продукта специальных желез. В результате через некоторое время получается пористый плотик округлой, вытянутой или спиральной формы (рис. 37), на котором янтина держится и откладывает с нижней стороны свои яйца. Легкий плотик возвышается на несколько миллиметров над водой, но это не дает основания причислять янтину к плейстону, поскольку в полуводном положении находится не часть тела животного, а мертвый поплавок.

Такое же приспособление строит для себя усоногий рачок лепас (морская уточка). Вообще все усоногие раки (морские желуди, уточки, коронулы и др.) — сидячие ор-

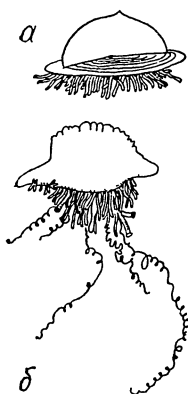


Рис. 36. Плейстоновые животные:
 а — парусник, б — физалия, или португальский кораблик.

ганизмы бентоса. Они покрывают подводные части судов, портовых сооружений, камней и любых твердых предметов. Селятся даже на коже китов, причиняя им немалые неудобства. И только вид *Lepas fascicularis* ушел в гипонейсталь. Для этого ему пришлось облегчить свой известковый домик и научиться строить плотик по тому же принципу, что и янтина и актиния минияс. Иногда один общий плотик строят несколько рачков. А. И. Савилов обнаруживал до 20—25 особей на общем поплавке. Рачок находится целиком в подводном положении и относится, следовательно, к гипонейстону.

Еще один способ удержания тела в приповерхностном положении заключается в том, что животные используют всевозможные предметы, плавающие на поверхности воды. Например, эпинейстонные водомерки прикрепляют свои тонущие в воде яйца к плавнику. Их находили на щепках и перьях птиц, на обрывках водорослей и кусочках шлака, на скелетных пластинках порпиты и парусников, на раковинах кальмаров и даже на хвостовых перьях живой чайки. В 1952 г., вскоре после извержения одного из вулканов в Тихом океане, на воде обнаружили много плавающих кусочков пемзы с отложенными на них яйцами океанических водомерок.

Недавними исследованиями члена-корреспондента АН УССР Г. Г. Поликарпова с сотрудниками было показано, что теперь на морской поверхности все чаще встречаются комки затвердевшей нефти. Это может быть следствием природной утечки нефти из щелей на дне океана, но в еще большей мере — результатом аварий, упущений при эксплуатации донных месторождений нефти и при ее транспортировке на судах.

Затвердевшие комки нефти обрастают одноклеточными водорослями, которые служат пищей гипонейстонным рыбам, моллюскам, рачкам и другим организмам. На них откладывают икру летучие рыбы и, конечно, океанические водомерки. Получается новое сообщество в гипоней-

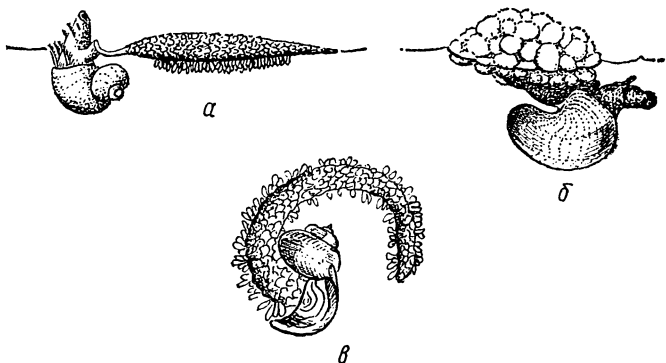


Рис. 37. Моллюск янтина и изготовленные им плотки различной формы:

a — вытянутый, *б* — округлый, *в* — спиральный (вид сверху).

стали. Г. Г. Поликарпов назвал его нейстонным перифитоном, то есть нейстонным обрастанием.

Как сообщают в своих научных работах некоторые авторы, моллюск глаукус откладывает свои яйца на плавающие скелетные пластинки парусника, которого моллюск перед этим съедает.

Различным плавником для временного отдыха пользуются гипонейстонные крабики, равноногие раки и прочие животные.

Целый набор ракообразных, червей, моллюсков, рыб и др. базируется на гипонейстонных саргассах. Эти организмы настолько хорошо приспособлены к обитанию среди водорослей, что говорят о своеобразной «фауне саргассов».

Многие обитатели самого верхнего слоя пелагиали используют для сохранения приповерхностного положения несмачиваемость наружных покровов тела. В этом случае в действие вступают силы поверхностного натяжения воды, удерживающие «на плаву» и покрытую жиром стальную иголку.

Так, икринки кефалей, помимо низкого удельного веса и крупной жировой капли, имеют еще несмачиваемую оболочку, благодаря которой они прочно удерживаются пленкой поверхностного натяжения воды (рис. 38, *a*). Это свойство сохраняется и у фиксированных формалином икринок.

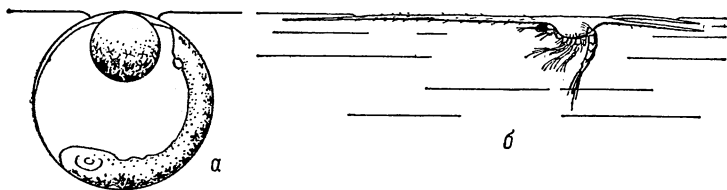


Рис. 38. Организмы с несмачиваемыми покровами у поверхности воды:

а — икринка кефали, б — личинка краба.

Личинки крабов имеют длинные несмачиваемые шипы, вытянутые в горизонтальной плоскости. Они служат для той же цели (рис. 38, б).

Океанические водомерки, как и их пресноводные родичи, бегают по поверхности морей и океанов благодаря наличию несмачиваемых волосков на лапках. Такие же волоски покрывают тело водомерок, что позволяет им уносить под воду при нырянии запас воздуха для дыхания и одновременно облегчать возвращение в эпинеustonное положение.

Интересное приспособление я обнаружил у гипонейстонных мальков черноморских кефалей. Спинка мальков длиной до 15—20 мм не смачивается в области плавников, и здесь во время движения рыбок образуется воздушный мешок (рис. 39). В тихую погоду стайки мальков лобана, остроноса и сингиля смотрятся сверху скоплениями серебристых пузырьков воздуха. Я долго не мог догадаться, что за таинственные «пузырьки» бросаются в стороны, как только над ними заносят сачок? Эти приспособления облегчают малькам далекие путешествия из центральных районов моря, где они выклеваются из икры, в прибрежные мелководья на нагул. Кроме того, пузырьки, как увидим дальше, выполняют защитную роль. Такие же пузырьки воздуха были замечены на спинках мальков кефалей

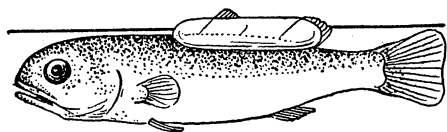


Рис. 39. Малек кефали с пузырьком воздуха на спинной стороне тела.

и атеринок из Тихого океана.

Итак, хотя разные механизмы высокой плавучести изучены еще недостаточно, приведенные выше

примеры показывают, что в природе существует много действенных способов завоевания организмами поверхности раздела море — атмосфера. Животные и растения в процессе эволюции овладели ими и стали членами гипонейстона, эпинойстона и плейстона, заселив как раз ту область пелагиали, где основную опасность для жизни прежде усматривали в солнечной радиации. Каково их отношение к этому важнейшему фактору внешней среды?

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ К ИЗЛУЧЕНИЮ СОЛНЦА

Опасения, что яркий солнечный свет отпугивает или убивает обитателей моря, основывались на данных наблюдений и экспериментов. Ночью, например, на поверхность пелагиали поднимаются из нижележащей толщи и со дна различные виды ракообразных, червей, рыб и других животных, которые с рассветом снова уходят вниз. Причину этого многие специалисты объясняли солнцестрашностью водных организмов. В экспериментах под лучами Солнца погибали многие представители морской и океанической фауны. Сообщалось, что икринки азовской и черноморской хамсы, выставленные в сосуде с морской водой на солнечный свет, погибали, тогда как в другом сосуде, стоявшем в тени, такие икринки нормально развивались и из них выклеивались личинки. Такие результаты давали основание сделать вывод о том, что исторический процесс эволюции хамсы как вида, пошел по, казалось бы, неправильному пути. Ведь обеспечив своей икре высокую плавучесть, вытесняющую ее на поверхность в наиболее освещенную область пелагиали, вид фактически ускоряет свою гибель. Палеонтология — наука о растениях и животных прошедших геологических эпох — знает немало таких видов и их печальную участь. Они вымерли под давлением других видов, более совершенных. Почему же тогда не исчезла в морях и океанах хамса — носитель столь пагубной «привычки», как откладывание высокоплавучей икры? Наоборот, этот широко распространенный вид пребывает в расцвете и, несмотря на интенсивный промысел, продолжает составлять видную часть уловов. Словом, было над чем задуматься. Пришлось повторить опыты в условиях, исключающих перегрев воды в сосуде, выставленном на солнечный свет. Когда это было достигнуто и температура воды (а следовательно, и содержание

кислорода в ней) в освещенном и затемненном сосудах сравнивалась, выход личинок получился одинаковым и на солнце, и в тени. Одновременно к такому же заключению пришел румынский академик Е. А. Пора. В ряде опытов икринки хамсы, барабули, ставриды и других рыб я облучал в течение 3—5 час пучком ультрафиолетовых лучей с длиной волны 3650 Å. Видимых изменений в развитии зародыша и количестве выклюнувшихся личинок при этом не было обнаружено. Следовательно, выводы о губительном влиянии солнечных лучей на икру хамсы опирались на неверное истолкование результатов экспериментов, в которых допускался перегрев воды и недостаток кислорода в опытном сосуде.

Таким образом, хамса и другие рыбы вполне приспособлены к световому режиму гипонейстали и высокоплавающая икра этих видов не является «ошибкой» эволюции.

Объяснить же, каким именно путем их икра приобрела устойчивость к солнечной радиации, несколько сложнее. Можно высказать некоторые предположения. Икринки хамсы, например, совершенно бесцветны. Ни в желтке, ни в теле зародыша хамсы нет пигментных клеток, которые придавали бы организму ту или иную окраску. Появляются они уже у выклюнувшихся личинок. Как и любое стекловидно-прозрачное тело, икринки хамсы пропускают сквозь себя солнечные лучи с минимальным поглощением. Американский ихтиолог Ч. Бредер считает даже, что слабая пигментация или ее полное отсутствие характерны для всей икры, развивающейся в верхних слоях моря, благодаря чему обеспечивается свободное прохождение солнечных лучей через органы зародыша. Такое утверждение неверно, ибо защищаться от облучения икринки могут и другим путем — интенсивной пигментацией, то есть густым слоем пигментных клеток на покровах зародыша. Именно так окрашены зародыши кефалей.

Японский исследователь И. Сикама в 1961 г. высказал интересное суждение о том, что жировая капля, всегда находящаяся в самой верхней точке взвешенной в воде икринки, помимо функций поплавок и резервуара пищи, выполняет еще роль собирающей линзы, которая фокусирует падающие лучи Солнца. Интенсивность пучка лучей, направленных в сторону эмбриона, по мнению И. Сикама, регулируют пигментные клетки, расположенные под жи-

ровой каплей и образующие своего рода диафрагму. Возможно, это справедливо, поскольку замечено, что подкапельная сеть пигментных клеток особенно развита у икринок с крупными жировыми каплями, в частности у кефалей и ставриды.

По мнению профессора Т. С. Расса, пигментные клетки призваны защищать в первую очередь центральную нервную систему зародышей и личинок рыб от чрезмерного освещения. С этим можно согласиться, потому что в составе ихтионейстона встречается больше пигментированных видов, чем в составе ихтиопланктона водной толщи. То же самое относится и к беспозвоночным. Виды, обитающие в гипонейстали, намного ярче и гуще окрашены, чем те, которые живут в толще воды. Многие рачки (пентеллиды, сапфириныды, идотея, крабики), моллюски (янтина и глаукус) и др.— все это интенсивно пигментированные животные, и можно допустить, что, помимо маскировочной функции (об этом ниже), богатая пигментация связана с защитой от солнечной радиации. Ведь именно интенсивно окрашенные формы остаются в гипонейстали круглые сутки, а слабо пигментированные, такие как мизиды, калянус и др., появляются в слое 0—5 см только в сумерки и ночью.

Впрочем, типичные организмы гипонейстона и не избегают солнечного света. В опытах, которые я проводил, личинки черноморских червей, моллюсков, ракообразных явно положительно реагировали на солнечный свет и не отдавали предпочтения какой-то определенной части спектра, включая ультрафиолетовые лучи. Такая светолюбовость не наблюдалась у личинок донных животных, например полихет, когда у них наступала пора покидать гипонейсталь и оседать на дно, где обитают взрослые особи этих видов.

В пигментированности клеток бактерионейстона, которая была установлена А. В. Цыбань, специалисты видят приспособленность микроорганизмов к световому режиму поверхности пелагиали. Совершенно ясно, что к нему хорошо приспособлены гипонейстонные саргассы. Иначе они бы не создали массу весом 20 млн. т в Саргассовом море. Одноклеточные планктонные водоросли, как уже упоминалось, предпочитают умеренный свет 10—20-метровых глубин, но наиболее микроскопические среди них — так называемые мелкие жгутиковые,— кажется, в

состоянии выдержать любую инсоляцию. Многие из них способны питаться неживым органическим веществом и поэтому особенно интересны для изучения приповерхностных жизненных форм.

Есть такое явление «красный прилив». Много страха нагнало оно на первых европейцев, бороздивших воды Центральной Америки. Как же, ни с того, ни с сего море становится кирпично-красным, а еще через некоторое время на поверхность всплывают вверх брюхом миллионы мертвых рыб. Было от чего испугаться. Потом выяснили, что необычный цвет вода приобретает в результате внезапного массового развития мелких жгутиковых водорослей, которые носят название гимнодиниум бревис. Американцы этот вид в шутку называют «Джим Бревис». Мне его тоже довелось видеть «в деле». Наше судно стояло на границе Карибского моря и Мексиканского залива недалеко от берегов полуострова Юкатан. Вода была обычного для мелководий сине-зеленого цвета. Вдруг ее поверхность преобразилась: вокруг появились большие, вытянутые по ветру красные пятна, которые начали расти и сливаться друг с другом. При взятии проб выяснилось, что толщина слоя окрашенной воды не более нескольких сантиметров, а снизу вода сохранила прежний сине-зеленый цвет. Много предположений высказывалось по поводу внезапных вспышек развития гимнодиниума, причиняющих столь серьезный ущерб биологическим ресурсам моря, но единой точки зрения нет. По-видимому, быстрое развитие мелких жгутиковых начинается тогда, когда в гиповейстали сосредоточивается большое количество необходимых органических веществ. Некоторые авторы указывают на связь между ливневыми потоками, вносящими с суши в прибрежную зону моря органическое вещество, и массовым размножением «Джима Бревиса». Но если причины этого явления еще будут дискутироваться, то приспособленность мелких жгутиковых к яркому солнечному свету вполне очевидна.

Итак, солнечные лучи далеко не такой страшный фактор среды, каким его рисовали себе гидробиологи, доказывая трудности жизни на рубеже моря и атмосферы. Под самыми яркими лучами существование и расцвет жизни в море возможны.

А что бывает, когда Солнце светит и греет не так сильно, как в тропиках или у нас на юге летом? Когда

на поверхности пелагиали образуется лед? Как относятся обитатели самого верхнего слоя к ледовому режиму? Ведь он в той или иной форме характерен для огромной области Мирового океана.

Нужно сказать, что разные обитатели поверхности пелагиали неодинаково относятся к холоду. Там, где бывает лед, не могут существовать плейстонные (физалия и парусник) и эпинейстонные (океанические водомерки) виды. Подавляющее большинство временно-гипонейстонных видов — личинки различных беспозвоночных и рыб — в умеренных и холодных зонах Мирового океана появляются только в летние месяцы. Похоже, что только виды, образующие основание экологической пирамиды поверхности пелагиали, продолжают развиваться и во льду. О том, что микроскопические водоросли обитают в толще льдов, известно с начала века. Их находил П. П. Ширшов у Северного полюса. Изучение влияния микроскопических водорослей на строение и прочность морских льдов проводилось под руководством Героя Советского Союза профессора В. Х. Буйницкого. В результате было установлено, что морской лед — весьма благоприятная среда для развития диатомовых и мелких жгутиковых водорослей. Их численность в единице объема морского льда в десятки раз выше численности в таком же объеме морской воды. Одним из условий, благоприятствующих жизнедеятельности этих микроорганизмов в толще морского льда, как считает В. Х. Буйницкий, является, по-видимому, постоянное наличие талой воды в составе рассола, заполняющего солевые ячейки в льдинах. Такая вода находится в льдоподобном (квазикристаллическом) состоянии и, как показали специальные исследования, обладает свойствами сильного биологического стимулятора. Как видим, появление льда на поверхности морей и океанов означает не прекращение жизни в приповерхностном биотопе пелагиали, а ее новый расцвет в толще льдин, когда водные существа оказываются не только ниже, но и выше уровня моря. Вероятно, к размножению внутри льдин способны и бактерии. После таяния льдов эти существа обогащают поверхность пелагиали, и именно в таких местах развивается тот обильный планктон и гипонейстон, который в состоянии прокормить стада усатых китов.

Таким образом, в арсенале приспособительных свойств обитателей самого верхнего слоя водной толщи есть действенные способы, позволяющие пережить неблагоприятное время года, когда солнечная радиация незначительна.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ВОЛНЕНИЮ

Этот фактор, наряду с солнечной радиацией, считался наиболее серьезной причиной, препятствующей существованию нейстона в море. Именно нейстона, так как плеYSTонные виды с помощью своих легких пузырей удерживаются на поверхности при любом волнении.

Сам факт существования нейстона свидетельствует, что и это препятствие было преодолено организмами, но каким образом небольшие и хрупкие гидробионты противостоят огромной силе волн? Прежде всего нужно сказать, что наиболее разрушительно волны проявляют себя на берегу. Здесь они перекатывают с места на место многотонные каменные глыбы, руют скалы и строения. В открытом море волны, как правило, более пологи, а значит, и не столь разрушительны.

Наиболее прочные формы нейстона, такие как саргасовые водоросли, мальки рыб, крупные ракообразные, океанические водомерки и др., видны на поверхности моря при значительном волнении и, судя по всему, переносят его без больших потерь. Бактерионейстон даже обогащается во время волнения за счет усиленного поступления на поверхность НОВ.

Наибольшие опасения вызывает икра рыб, как самый низкопрочный компонент гипонейстона, для которого уже губительны волны высотой около 1 м. Одно из эффективных приспособлений к защите икры от волнения заключается в том, что в штормовую погоду такие рыбы, как хамса, не нерестятся либо откладывают икру в защищенных от ветра местах.

Важно также, что те виды икры, которые встречаются преимущественно в гипонейстале, развиваются очень быстро. Так, если продолжительность развития донной икры бычков, атерин, саргана и других рыб измеряется иногда неделями, то у скопляющейся под пленкой поверхностного натяжения икры кефалей, хамсы, ставриды, барабули она составляет 30—40 час. Благодаря таким темпам гипонейстонные икринки успевают завершить разви-

тие с наименьшим риском подвергнуться опасному волнению. Кроме того, многие рыбы откладывают икру в ночное время, когда поверхность воды, как правило, более спокойна, чем днем.

Таким образом, и волнение, как фактор окружающей среды, не представляет собой такой силы, которая была бы в состоянии помешать развитию нейстопа в море.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ЖИВОМУ ОКРУЖЕНИЮ

Большинство обитателей приповерхностного слоя пелагиали — желанная добыча для более крупных животных из других биотопов водной толщи и наземной среды. Это наложило заметный отпечаток на их внешний вид и поведение.

В качестве защитного приспособления в природе широко распространена маскировка под детали и фон окружающей среды. Существуют три вида маскировки — криптизм, мимезия и мимикрия.

Криптизм — это окраска под преобладающий цвет окружающей среды, когда животное «сливается» с фоном своего привычного местообитания. Зеленый кузнечик становится «невидимкой» в траве, белая куропатка — на снегу, а тушканчик — на песке пустыни. Мимезия — подражание отдельным элементам фона, безразличным для хищника. Например, гусеницы многих бабочек-пядениц похожи на сучки и веточки растений, а притаившийся на листе паук-бокоход очень напоминает птичий помет. Мимикрия — это тоже подражание отдельным элементам фона, но уже не безразличным для хищников, а тем, которых они избегают вследствие ядовитости или какой-либо другой опасности. Даже иные биологи остерегаются безобидной муки-журчалки из-за ее «осиной» окраски.

Все эти приспособления не гарантируют абсолютной безопасности жертвы. Движения могут выдать и идеально камуфлированное животное. Поэтому маскирующая окраска и формы сочетаются обычно с усиливающим их эффект поведением.

У компонентов морского нейстона встречаются различные виды маскировки и поведения, направленные на защиту как от водных врагов, так и от воздушных.

Криптизм. В процессе эволюции создавалась такая окраска нейстонтов, которая должна была сделать их

незаметными для водных и воздушных врагов. Ведь цвет фона, на котором хищники из других биотопов разыскивают нужных им нейстонтов, зависит от положения наблюдателя. Для водных преследователей нейстонта — это серебристо-белый отблеск водного «потолка», а для воздушных — различных оттенков синева морской поверхности.

Довольно широко распространены животные с полностью или почти полностью прозрачным телом, что позволяет им «слиться» с фоном любого цвета, причем не только на поверхности, но и в толще воды. Почти прозрачными до длины тела 3—3,5 см остаются личинки хамсы и до длины 2—2,5 см личинки морских собачек. Стекловидны паукообразные листотелки — личинки деликатесных омаров и лангустов, достигающие в длину нескольких сантиметров. Прозрачны и личинки других видов высших и низших раков. Только глаза у них всегда интенсивно пигментированы (непигментированный глаз не способен видеть) и демаскируют этих «невидимок».

Как-то еще на первых порах знакомства с морским нейстоном я наблюдал такую картину. По поверхности моря мчалась пара черных точек, за ней — вторая пара черных точек покрупнее. Оба бегущих предмета оставляли за собой отчетливые бурунчики волн, что свидетельствовало об их, во всяком случае, не микроскопических размерах, но самих виновников событий не было видно. Взмах сачком, и выяснилось, что трехсантиметровая прозрачная личинка хамсы гналась за полуторасантиметровой личинкой морской собачки. Интересно, что, даже преследуемая хищником, жертва не покинула приповерхностного слоя. Это свойство — приверженность к своему биотопу при любых обстоятельствах — характерно для организмов гипонейстона.

Прозрачны в целом также икринки рыб. При наблюдении через стекло подводной маски их трудно различить в воде. Впрочем, это только для глаза человека. О том, что рыбы их все же находят, говорит факт обнаружения большого числа абсолютно прозрачных икринок хамсы в желудках гипонейстонных мальков барабули. Например, в желудке каждого из 24 мальков барабули, пойманных в августе 1962 г. в центральном районе Черного моря, наряду с другой пищей было обнаружено от 16 до 249 икринок хамсы. При плотности икры хамсы в слое 0—5 см

243 экземпляра в 1 м^3 воды и принимая во внимание, что мальки барабули не покидают этого слоя, можно заключить, что каждая рыбка «очистила» от икры хамсы до 20 м^2 гипонейстали. Этот пример лишь подкрепляет общебиологическое правило, согласно которому различные защитные устройства не гарантируют полной безопасности, хотя, бесспорно, и уменьшают поражаемость вида хищниками.

Другую, более распространенную разновидность криптизма представляют организмы, окрашенные в различные «морские» тона — от синего до зеленого. Это веслоногие рачки (понтеллиды), креветки, крабики, морские уточки, порпита. Интересно, что оттенок этих животных зависит от цвета морской воды в данной точке и изменяется от синего до зеленого в соответствии с изменением цвета фона по мере продвижения от центральных районов моря к прибрежным и опресненным. Однако такая окраска рассчитана на воздушных врагов, а ведь есть еще водные враги. Для защиты от них у сине-зеленых нейстонтов тоже припасены различные уловки.

Например, порпита снизу защищена пучком ядовитых щупалец. Морская уточка вообще кажется снизу кусочком плавника. Это впечатление усиливается от того, что уточка может прикрепиться к саргассовой водоросли или к другому несъедобному субстрату.

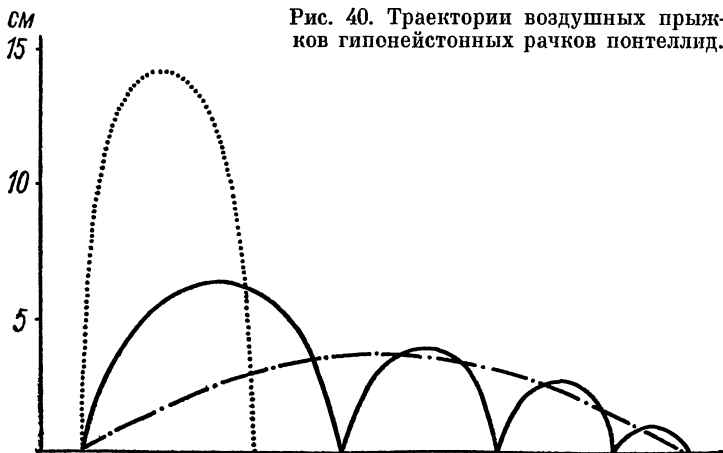


Рис. 40. Траектории воздушных прыжков гипонейстонных рачков понтеллид.

Несколько иначе обстоит дело у понтеллид. Они не связаны с каким-либо субстратом, не имеют снизу жгучих щупалец, напротив, у них внешность вполне съедобного рачка, который отчетливо выделяется темным силуэтом на серебристом «потолке» пелагиали. Что же это? Несовершенство природы, «забывшей» учесть водных врагов? Оказывается, нет. Такой недостаток с точки зрения маскировки компенсируется способностью понтеллид совершать прыжки из воды, за что их давно уже прозвали «летающими» рачками. Как мне удалось выяснить, прыжки черноморских понтеллид достигают в высоту 15 и в длину 15—25 см и могут быть как единичными, так и многократными (рис. 40). Рачки прыгают и без видимой причины, но их прыжки резко учащаются, когда из глубины к ним приближается какой-то предмет, например рука наблюдателя. Как защитная реакция прыжки понтеллид аналогичны полету летучих рыб, которые «вылетают» из воды, тоже спасаясь от преследователей. Прыжки дезориентируют мальков саргана, барабули, барракуды и других любителей понтеллид, помогая рачкам спастись.

С целью защиты организмы гипонейстона широко используют двойную окраску, когда сторона тела, обращенная вверх, окрашена в цвет поверхности моря, а нижняя — в серебристый цвет водного «потолка». Такая окраска — синяя или зеленая спинка и светлое брюшко — характерна для всех пелагических рыб, но у нейстонтов эти цвета во много раз ярче и контрастнее, чем у обитателей водной толщи с ее нежными пастельными тонами. Например, у типично гипонейстонного малька барабули длиной 2—4 см, выловленного в центральном районе Черного моря, спинка ультрамариновая, а бока и брюшко ярче ртути. Но синяя сторона тела — не обязательно спинная. У гипонейстонного моллюска глаукус, который «висит» на поверхностной пленке, брюшная сторона синяя, а спинная — серебристая.

Мальки кефалей могут изменять цвет тела. При волнении в море у мальков остроноса спинка и брюшко становятся серебристыми. Эти непривычные для глаза светлые рыбки успешно маскируются под хлопья пены, плавающие на поверхности моря, и прячутся под ними при виде занесенного сачка. Выловленные и помещенные в сосуд с морской водой, мальки кефалей через 5—7 мин снова приобретают обычную зеленоватую или синюю

окраску спины. Способность к быстрым изменениям окраски отличает многих тропических рыб. Так, у Бермудских островов этим свойством обладает около 28 видов рыб. Изменение окраски вызывается причинами эмоционального характера (гнев, страх), но чаще связано с подражанием фону.

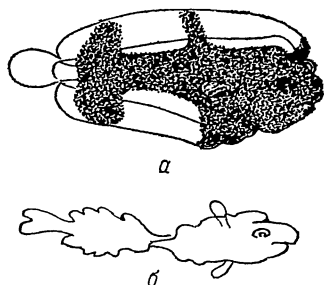


Рис. 41. Личинка камбалы — морского языка:

a — в спокойном состоянии, видна расчленивающая окраска; *б* — «обманная» форма тела в случае возникновения внешней опасности.

Еще один вид криптизма представляет так называемая «расчленивающая» окраска. В этом случае чередующиеся интенсивно окрашенные и бесцветные участки нарушают представление о контурах тела, «расчленивают» его и затрудняют опознание животного. Такой вид окраски у зебры. Среди растений с вытянутыми вверх листьями она незаметна. К подобной маскировке прибегает и преследователь зебры полосатый тигр. А пятнистый леопард маскируется, сидя в засаде на ветке дерева, где листья отбрасывают округлые тени. В гипонейстоне есть свои миниатюрные «зебры» и «леопарды». В тропиках я ловил множество полосатых и пятнистых мальков летучек, спинорогов и других рыб. Расчленивающая окраска характерна для гипонейстонных личинок камбалы — морского языка, обитающей в Черном море (рис. 41, *a*). Темные и бесцветные участки не «расчленивают» тело этой личинки на части, но до неузнаваемости изменяют его очертания. Сверху личинки морского языка представляются кусочком коры или другого плавника. Кроме того, они прибегают к защитным формам поведения. Однажды мне довелось видеть, как личинку морского языка преследовала хищная и агрессивная рыбка колюшка. Она встречается не только в пресных водах, но и в Черном море. Как только хищник коснулся добычи, она мгновенно застыла, изменив форму своего тела до неузнаваемости (рис. 41, *б*). Это возымело действие: колюшка удалилась, а оцепеневшая личинка пошла ко дну. Место было неглубокое (немногим более 2 м), вода прозрачная, и мне было видно все происходящее. Только личинка, все в той же искривленной позе, приблизилась ко дну, как откуда-то вынырнул мел-

кий бычок-поматосхистус (длина тела около 5 см) и ухватил добычу. Жертва вдруг «оживла», встрепенулась, вырвалась изо рта бычка и устремилась в слой гипонейстона.

Криптизм, хотя и не исключает полностью опасности со стороны нейстоноядных хищников, безусловно, уменьшает интенсивность выедания нейстонтов. Однако защитную роль криптической окраски не следует преувеличивать. Специалист, изучающий нейстон, видит сейчас невооруженным глазом на поверхности моря многое из того, чего не замечали гидробиологи прежде. И дело здесь в том, что он знает, где, что и как нужно искать. А у пернатых хищников-нейстоноядов зрение намного острее, чем у человека, и опыта в отыскании и ловле нейстона у них значительно больше. Кроме того, птицы и летучие мыши на охоте пользуются не одним лишь зрением.

Мимезия. Более совершенной формой маскировки, чем криптизм, является мимезия — уподобление потенциальной жертвы безразличным для хищника предметам из данного биотопа. Хотя выбор таких предметов у нейстонтов более ограничен, чем у обитателей дна, мимезия достаточно широко распространена в мире нейстона. Объектами подражания служат самые обычные несъедобные элементы приповерхностного биотопа — пузырьки воздуха, хлопья пены, всевозможный плавник и плавающие водоросли.

Выше уже говорилось о том, что мальки черноморских кефалей носят на спине пузырек воздуха: он облегчает плавание и маскирует их сверху. Мальки другого вида кефалей у острова Таити в Тихом океане напоминают пузырьки воздуха, но мимезия у них еще более совершенна. В случае опасности они изгибают тело в кольцо, чем усиливают это сходство. Мальки атеринки в районе Панамского канала также походят внешне на пузырьки воздуха или капельки воды, бегущие по поверхностной пленке моря.

Однажды вблизи Босфора с борта судна я заметил стайку из 25—30 серебристых мальков с длиной тела около 2 см. Чтобы узнать реакцию стайки на испуг, я бросил в нее створкой моллюска и не попал. Однако одновременно с ударом створки о воду, стайка застыла словно по команде — каждый малек стал вертикально головой вверх — и в таком положении была отнесена от судна те-

чением. Сверху стайка напоминала рой пузырьков воздуха. Я так и не узнал, какая это была рыба. Может быть, мальки сардины: взрослые сардины, по свидетельству наблюдателей-подводников, часто становятся в воде «на хвост».

Мальки барабули при виде опасности сверху (например, занесенный сачок) тоже оцепеневают, причем их изогнутые дугой тела напоминают птичьи перья. Как было уже показано, одни и те же мальки используют для защиты криптизм и мимезию.

Если некоторые мальки имитируют пузырьки воздуха, а их стайки — скопления пузырьков, то медуза-порпита подражает комочкам пены. Сверху она белого цвета, а просвечивающие воздушные камеры усиливают это сходство. Весьма напоминают комочки пены белые плотики моллюска янтини.

Другой объект массового подражания нейстонтов — мелкий плавник неморского происхождения: обломки дерева, коры, семена, кусочки пемзы, шлака и прочие предметы, безразличные для хищников. Все эти долгоплавающие инородные тела покрываются налетом бактерий и водорослей и приобретают бурый, коричневый, зеленоватый тона. Многие организмы гипонейстона своим внешним видом напоминают плавник, держатся среди него и потому их называют иногда «фауной плавника». Нужно, однако, при этом иметь в виду, что они встречаются и вне скоплений плавника, но в тех районах, где он обычно концентрируется под влиянием течений. Теми же морскими течениями заносятся и организмы нейстона, причем не только маскирующиеся под плавник, но и остальные виды.

Двух-трехсантиметровые мальки барракуды окраской и формой тела напоминают обломки веток. Такие «прутики» дрейфуют в вертикальном положении или под углом около 45° к поверхности, при этом голова рыбки касается поверхностной пленки. Большое сходство с тонкими веточками обнаруживают темно-коричневые личинки одного из видов сарганов у Гавайских островов.

Среди ракообразных плавнику подражает идотея Остроумова, которая обычно садится на его кусочки и благодаря сплюсненному телу совершенно сливается с предметом. Если рачка в море преследует какое-то животное (или, например, рука наблюдателя), он, часто еще



Рис. 42. «Обманная» форма тела рачка идоцея.

до прикосновения, оцепеневает с естественно выгнутым телом и растопыренными ногами (рис. 42) и начинает погружаться в воду. Тонущему рачку приходится попадать иногда в плотные стаи рыб, но они не трогают эти «колючки».

В качестве объектов подражания нейстонты широко используют также плавник морского происхождения, и прежде всего обрывки донных водорослей и водных цветковых растений. Части донных растений довольно обычны на поверхности моря в прибрежной зоне, но встречаются и вдали от берегов. Будучи безразличными предметами для хищников и представляя собой некоторое укрытие, плавающие донные растения стали объектами подражания мелких нейстонных животных.

Личинки и мальки одной из самых маленьких наших рыбок — морской мышки — при длине тела 0,5—1 см окрашены в коричневый цвет и очень похожи на обрывки бурой водоросли бородача, или цистозир. Еще более похожи на цистозир личинки саргана длиной 1—1,5 см. Подражание в этом случае настолько совершенно, что отличить личинок саргана от обрывков цистозир крайне трудно не только в море, но и в небольшом сосуде, куда поместили свежий улов нейстонной сети. Подрастая, мальки саргана утрачивают коричневую пигментацию и становятся серебристыми с зеленоватой спинкой. Не покидая гипонейстали, они сохраняют свою привычку маскироваться под обрывки растений, но цистозира теперь для них уже мала и объектом подражания становятся длинные зеленые листья морского цветкового растения — зостеры. К этим листьям мальки сохраняют привязанность до достижения солидной длины — 10—15 см.

В центральных водах Черного моря приходилось наблюдать, как молодь саргана длиной до 10—15 см неизменно держится вблизи листьев зостеры. Рыбка становится строго параллельно листу и, прекратив движения или повторяя легкие колыхания листа на морской поверхности, сама походит на него. Пробыв некоторое время в этом положении, малек делает стремительный бросок к следующему листу и пристраивается параллельно к нему. В желудках таких мальков я находил по несколько сот

рачков-понтеллид, много личинок рыб, десятиногих раков и других нейстонтов, а также наземных насекомых. Вероятно, мимезия молодых сарганов не только спасает их от крупных хищников, но одновременно облегчает охоту на прыгающих понтеллид, мальков рыб и других представителей гипонейстона, которые, питаясь микроорганизмами, обрастающими листья зостеры, неосторожно приближаются к «листу» — саргану.

В Мексиканском заливе мальки сарганов и морских игл подражают лентовидным листьям черепашьей травы — талассии.

Таким образом, основные принципы маскировки нейстонтов сохраняются во всем Мировом океане, а изменяются только их носители и объекты подражания.

Совершенно естественно, что широко распространенные в теплой области океанов и морей саргассовые водоросли, достаточно крупные как убежища для нейстонтов и безразличные для хищников, также стали объектом подражания определенной группы организмов гипонейстона, которых называют иногда «фауной саргассов». Наиболее характерные представители этой группы — рыба-клоун, саргассовый крабик, саргассовая креветка и др. — исключительно точно подражают саргассам окраской и общими очертаниями. На теле этих рыб и ракообразных разбросаны коричневые, охряные и белые пятна, очень верно передающие внешний вид водорослей, а рыба-клоун благодаря своим выростам и листовидным придаткам на коже не только отлично маскируется в слоевище саргасса, но и цепко держится в его разветвлениях. Нужно основательно встряхнуть выловленный в море пучок саргассов, чтобы из него выпала притаившаяся там рыба-клоун.

Мимикрия. Подражание незащищенных организмов другим, тем, которых избегают хищники, не получило широкого распространения в нейстоне, потому что на поверхности моря очень мало видов, отпугивающих хищников. Собственно говоря, к таким можно отнести только виды физалии и в меньшей степени парусника. Мимикрией, по-видимому, можно назвать защитные приспособления гипонейстонных мальков рыбки *Mipus maculatus*. Согласно П. Дэвиду, эти мальки питаются животными, которые удерживаются пленкой поверхностного натяжения. Они прячутся среди щупалец физалий и имеют на боках

тела синие вертикальные полосы, напоминающие эти щупальца.

На цветных вклейках этой книги показаны примеры окраски различных обитателей поверхности морей и океанов.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что нейстонты и плейстонты приобрели многие признаки и свойства, соответствующие обстановке своего биотопа. Все указанные особенности их строения и поведения — высокая плавучесть тела, вспомогательные поправки (плотики, пузырьки воздуха), несмачиваемость покровов, способность развиваться на ярком солнечном свете и в ультрафиолетовых лучах, выпрыгивание из воды, подражание пузырькам воздуха, пене, плавнику, саргассам и т. д. — имеют смысл только в области пленки поверхностного натяжения. Уже на расстоянии нескольких сантиметров от нее они теряют свое приспособительное значение, так как там нужна нейтральная, а не положительная плавучесть, бесполезна несмачиваемость покровов тела, нет такого светового режима, как на поверхности, не маскирует, а, наоборот, выдает яркая синяя пигментация, невозможны воздушные прыжки, нет пены и плавника — объектов подражания — и пр. Поэтому из всего сказанного вытекает вывод, что морской и океанический нейстон и плейстон — это не случайные и временные скопления животных и растений, не «сгущенный» планктон из толщи воды, а новое качество, эволюционно возникшие жизненные формы, приспособленные к своеобразным условиям рубежа воды и атмосферы.

С другой стороны, высокую степень этой приспособленности, и особенно совершенную маскировку нейстона, можно рассматривать как одну из причин, задержавших открытие океанического нейстона человеком.

ЗНАЧЕНИЕ НЕЙСТОНА И ПЛЕЙСТОНА В ПРИРОДЕ

В предыдущих главах этот вопрос уже затрагивался, и здесь достаточно будет краткого обобщения. Все, что теперь известно нам о нейстоне и плейстоне, свидетельствует о том, что по крайней мере в двух важных областях жизни морей и океанов им, и прежде всего нейстону, при-

надлежит особая роль. Такими областями являются размножение обитателей моря и круговорот веществ внутри моря и за его пределами.

НЕЙСТОН И РАЗМНОЖЕНИЕ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Нейстон состоит преимущественно из икринок, личинок и мальков рыб, яиц и личинок многих беспозвоночных. По среднему возрасту своих членов — это самая молодая жизненная форма в море. Молодь есть в составе и других сообществ и жизненных форм из толщи воды и дна, но там она «разбавляется» значительным числом родительских особей. В нейстоне же очень многие виды (например, устрицы, мидии, крабы, креветки, омары, лангусты, камбалы, кефали, треска, бычки и др.) представлены только яйцами, личинками и молодью, но не взрослыми особями, которые живут на дне или вблизи него. Это резко уменьшает средний возраст населения приповерхностного биотопа, что составляет одну из его важных отличительных черт. Таким образом, главнейшая роль нейстона в море связана с размножением многих видов беспозвоночных и рыб. В гипонейстале протекают ранние стадии развития большого числа животных, иногда весьма отдаленных по степени родства. Они образуют здесь во много раз более плотные скопления, чем в толще воды.

Вероятные причины столь явного предпочтения, которое молодь гидробионтов отдает гипонейсталу, — это прежде всего обилие мелкой пищи: бактерий, простейших и других микроорганизмов, развивающихся здесь на питательной среде из неживого органического вещества. Несомненно, имеют значение также биологически активные свойства морской пены, способной ускорять рост и развитие гидробионтов, и, наконец, световой режим и особенно присутствие ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, оказывающих стимулирующее действие на молодь. Биотоп с таким сочетанием благоприятных условий не мог оставаться незанятой нишей в природе. Коротковолновая радиация Солнца, которой приписывали главную роль в предполагавшемся истреблении и изгнании живых существ из приповерхностного слоя моря, в действительности оказалась далеко не столь губительным фактором. В этом убеждают прежде всего сапрофитные бактерии, дающие

в нейстоне такую вспышку развития, какой не бывает в толще воды, лишенной «бактерицидной» радиации. От бактерий не отстали другие группы организмов, и в результате здесь образовалось богатейшее скопление живых существ, среди которых преобладает молодь. Отсюда и пошло выражение, что в гипонейстали развивается завтрашний день морей и океанов.

НЕЙСТОН И ПЛЕЙСТОН И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ

Положение на рубеже моря и атмосферы, преобладание молодежи, высокая плотность организмов — все это обусловило широкие и прочные связи нейстона и в меньшей степени плейстона с другими жизненными формами и их сообществами в море и на суше.

Связи нейстона с обитателями дна (организмами бентоса) осуществляются через оседание на дно молодежи тех бентических видов, личинки которых развиваются преимущественно в гипонейстали, а также через взрослые бентические организмы (многие виды червей, ракообразных и др.), в темное время суток поднимающиеся в приповерхностный слой для питания и размножения. По тем же каналам проходят связи нейстона с планктоном и nekтоном.

Контакты нейстона с наземными сообществами составляют одну из важных и специфических особенностей жизненной формы, расположенной на границе моря с атмосферой. Эти контакты осуществляются, с одной стороны, через поедание нейстонными наземных существ, оказавшихся на поверхности воды, а с другой — через поедание нейстонтов птицами и летучими мышами.

Таким образом, благодаря ряду объективных обстоятельств морская поверхность стала настоящим «узлом связи» между различными частями живой оболочки планеты — биосферы. Через нее проходят потоки веществ и энергии, направленные в самые различные биотопы — расположенные снизу (в море) или сверху (на суше). Такая великая связующая роль нейстона в природе не случайна. Она является следствием поступления в гипонейсталь потоков пищи (то есть веществ и энергии) из других биотопов. Если же Мировой океан рассматривать как арену грандиозных процессов трансформации веществ

и энергии, то перечисленные выше связи показывают «механизм», восстанавливающий равновесие и создающий предпосылки для продолжения циркуляции материи. Например, поступление в гипонейсталь неживого органического вещества снизу уравнивается оттоком живого органического вещества в телах покидающих этот биотоп подросших личинок и мальков беспозвоночных и рыб, которые обитают во взрослом состоянии на дне и в водной толще.

С суши неживое органическое вещество попадает на поверхность моря в составе ветровых (эоловых) наносов и речного стока. Наряду с этим потоком существует другой. Он уносит организмы нейстона на сушу, причем такой «экспорт» нейстона (преимущественно гипонейстона) осуществляется главным образом в прибрежной зоне, то есть там, где приповерхностный биотоп морей и океанов получает с суши наибольшую дозу органических веществ.

Если схематически изобразить потоки поступления неживого органического вещества на поверхность пелагиали (рис. 43, I), то мы убедимся, что потоки живого органического вещества, заключенного в телах нейстонтов, проходят по тем же каналам, но в противоположном направлении (рис. 43, II).

Анализируя вероятные причины и условия

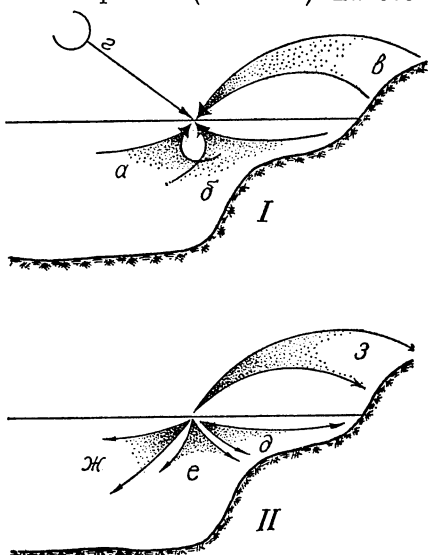


Рис. 43. Приток органического вещества и энергии на поверхность морей и океанов (I) и их отток в телах живых существ (II).

I: а — подъем растворенного и коллоидного органического вещества с пузырьками газа (пенообразование), б — подъем трупов мелких водных организмов («антидождь»), в — ветровые наносы органических частиц, г — солнечная радиация; II: д — оседание на дно подросших личинок донных животных, е — уход в толщу воды подросших планктонных животных, ж — уход в толщу воды подросшей молоди рыб, з — потребление организмов нейстона и их вынос на сушу птицами и летучими мышами.

возникновения жизни на нашей планете, известный английский ученый Джон Бернал пришел к заключению, что она, «подобно Афродите, родилась из пены морской». Главную причину этого Джон Бернал усматривает в способности поверхностно-активных веществ, возникших и растворенных в первичном океане, концентрироваться в его поверхностной пленке, образуя здесь в сотни и тысячи раз более плотные скопления молекул, чем в водной массе. Это обстоятельство и сыграло, по мнению Джона Бернала, решающую роль в дальнейшей эволюции органического вещества, приведшей к возникновению простейших живых существ.

Появившись, жизнь на Земле усложнялась и совершенствовалась, а породившие ее условия сохранились: в поверхностной пленке Мирового океана продолжает концентрироваться органическое вещество. Этот процесс резко усилился с течением времени, по мере увеличения массы живых организмов в морях и океанах. Во что же трансформируется теперь, когда жизнь уже не может возникнуть заново, тот сгусток веществ и энергии, который постоянно существует на рубеже моря и атмосферы? Насколько можно судить, основным выходом является нейстон с его важной и, в известной мере, управляющей ролью в развитии жизни морей и океанов. Это узловое положение морского нейстона в природе привлекает к нему все возрастающее внимание ученых других областей знания и открывает новые перспективы плодотворных комплексных исследований.

НУ И ЧТО?

Когда я рассказываю небиологам о загадках морской поверхности и о том, что уже удалось разгадать, в глазах некоторых собеседников, даже из числа наиболее эрудированных и благожелательных, читаю вопрос: ну и что? Хорошо и приятно, конечно, что новые научные факты о еще недавно «белом пятне» на синей поверхности моря вошли в учебники, биологические словари, справочники и энциклопедии, что из многих стран приезжают к нам за консультациями. Ну и что? Имеет ли это какое-либо отношение к научно-техническому прогрессу, во имя которого трудятся миллионы людей? Поставленный в такой

форме вопрос сразу же затрагивает другой, принципиальный вопрос о месте и роли гидробиологии в сегодняшнем мире. Поэтому ответ нужно начать с некоторых общих положений.

В наше время необходимость биологических сведений вполне очевидна большинству, потому что об этом свидетельствует сама обстановка в природе. Ведь отношение в прошлом к биологии как к обладательнице сведений не первостепенной важности определялось в значительной мере тем, что ресурсы живой природы на планете были в избытке и не лимитировали человека в его повседневной жизни и хозяйственной деятельности. Сегодня работа биологов — одна из самых нужных и неотложных. Вооружившись новейшим оборудованием, в тесном контакте со специалистами смежных наук они проводят «переинвентаризацию» биологических ресурсов, ставят «диагнозы» живой природе, назначают курсы ее «лечения».

В Директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. в качестве первоочередных выдвинуты задачи всестороннего изучения и рационального использования природных богатств: «Обеспечить в новом пятилетии... развитие научных работ по океанологии, физике атмосферы, географии для разработки проблем более широкого и рационального использования естественных ресурсов, в том числе ресурсов морей и океанов; разработку научных основ охраны и преобразования природы в целях улучшения естественной среды, окружающей человека, и лучшего использования природных ресурсов... Повысить ответственность министерств и ведомств, предприятий, учреждений и организаций за рациональное использование природных ресурсов — земли, вод, атмосферы, полезных ископаемых, а также за воспроизводство растительного и животного мира»¹.

Верховный Совет СССР принял в сентябре 1972 г. постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов». Высший законодательный орган нашей страны придал делу охраны окружающей среды государственный размах.

¹ Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы. Изд-во политической литературы, М., 1971, стр. 14, 41.

Каково же ныне положение дел в Мировом океане?

Благодаря применению совершенных методов поиска, обнаружения и добычи мировой улов рыбы, морских млекопитающих, различных беспозвоночных и водорослей вырос к 1970 г. до 65 млн. т. В 1960 г. он составлял 40 млн. т. Эксперты ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства полагают, что к 1975 г. улов только рыбы достигнет 74 млн. т.

В 1970 г. общий улов в нашей стране составлял 77 млн. ц. В настоящее время на душу населения у нас приходится ежегодно около 16,7 кг рыбы, причем значительная ее часть поступает к потребителю в консервированном виде. По оптимальным же нормам количество рыбы в рационе человека должно составлять около 20 кг в год. Причем имеется в виду главным образом свежая и охлажденная рыба. Поэтому в ближайшие годы улов рыбы следует довести до 100 млн. ц в год. Таковы перспективы.

Однако наряду с продолжающимся увеличением общего улова заметно снижение численности — подчас весьма чувствительное — наиболее ценных и традиционных объектов морского промысла. Если говорить об экологических пирамидах, то от интенсивного промысла в первую очередь пострадали их вершины. Об этом то и дело сообщают в печати. «Резко сократилось поголовье атлантической сельди», — пишут одни. «Катастрофически убывает стадо тихоокеанских лососей», — сетуют другие. «Мало стало на свете китов», — жалуются третьи. В 1963 г. мировая квота убоя китов составляла 10 тыс. условных синих китов, в 1967 г. она снизилась до 3,2 тыс., а на сезон 1971/1972 г. — до 2,3 тыс. Не удивительно поэтому, что, покончив с вершинами экологических пирамид, мировой промысел перемещается на более низкие их ступени, и сейчас во многих районах высокий тоннаж уловов обеспечивается за счет мелкой рыбы, а в Антарктике внимание китобоев постепенно перемещается с китов на их пищу — рачков, известных под названием «криль». Все эти явления, далеко не второстепенные в эпоху растущих потребностей человечества в пище и сырье морского происхождения, выдвигают на порядок дня неотложную необходимость воссоздания оскудевших вершин экологических пирамид. Без прекращения добычи «даров моря» это возможно лишь путем развития искусственного воспроиз-

водства и ведения управляемого морского хозяйства. И то, и другое требует масштабных разносторонних исследований. Разводить морских рыб так, как разводят карпа или форель, люди еще не умеют, а управлять процессом формирования экологических пирамид в морях и океанах — дело еще более сложное. И все же иного пути у нас нет.

Зато есть другие трудности: море стало нуждаться в защите — срочной и эффективной — не только от чрезмерно высокого вылова. Долгое время оно было синонимом необъятности, недосыгаемости, неисчерпаемости... Но пришла пора, и покорились Мировой океан могучей технике, и нет больше у него богатств, эксплуатация которых была бы невозможна уже сейчас или в ближайшем будущем. Однако последствия хозяйственной деятельности на просторах синей части глобуса оборачиваются во вред их обитателям и в конечном счете — во вред человеку.

На карты морей и океанов в настоящее время нанесено несколько сот эксплуатируемых месторождений нефти. Быстрыми темпами растет нефтеналивной флот. По данным американского специалиста М. Блюмера, из общего количества нефти, добываемой ежегодно в мире (около 1 млрд. 800 млн. т), по крайней мере 60% перевозится наиболее дешевым морским транспортом. В 1969 г. 3218 танкерами было перевезено 700 млн. т нефти.

Но эти успехи имеют и обратную сторону. По подсчетам в результате всякого рода небрежностей при добыче и перевозке, вследствие аварий танкеров и на нефтепромыслах в Мировой океан ежегодно поступает от 1 млн. до 10 млн. т нефти! По данным исследователей, до $\frac{1}{3}$ всей площади морей и океанов покрыто пленкой нефти различной толщины. Во время экспедиций в Средиземное море мы определили, что почти половина огромного пространства от Босфора до Гибралтарского пролива была покрыта нефтепродуктами в виде тончайшей пленки, комков разной величины и даже сплошного слоя толщиной 2—3 см. Известно, что 1 т нефти может покрыть пленкой около 10 км² поверхности моря. Здесь нефть остается не навечно. Она разрушается бактериями, сбивается в твердые комки, которые со временем обрастают микроскопическими водорослями, бактериями и животными, оседает также на дно. Однако при непрерывном поступлении нефтепродуктов в море их присутствие здесь является постоянным. Последствия нефтяного загрязне-

ния моря разнообразны и до конца еще не выяснены. Установлено, что даже тончайшая пленка нефти заметно снижает интенсивность фотосинтеза одноклеточных водорослей планктона, которые благодаря своему огромному количеству в Мировом океане вырабатывают около половины всего количества кислорода в атмосфере нашей планеты. В условиях резко возрастающего потребления кислорода промышленными предприятиями, двигателями автомашин, самолетов и т. д. это обстоятельство имеет далеко не второстепенное значение.

Доказано, что личинки ряда морских и пресноводных рыб наполняют первый раз в жизни свои плавательные пузыри, заглатывая воздух из атмосферы. В самом деле, зачем личинке, у которой так мало сил, а впереди еще столько трудностей развития и роста, с самого начала «обзаводиться» специальной системой сосудов для подачи воздуха в плавательный пузырь из крови, как это обычно бывает у взрослых рыб? Гораздо экономичней взять первую порцию воздуха из атмосферы, открыв рот у пленки поверхностного натяжения. Личинки, которым почему-то не удается заполнить плавательный пузырь, отстают в росте, развиваются уродливо и обычно погибают. А. К. Виноградов, изучая в нашем отделе этот вопрос, показал, что личинки бычков, морских игл и ставриды, если им перекрыть доступ к поверхности воды, остаются с незаполненными плавательными пузырями и в конце концов погибают. Такой преградой на пути к жизненно важному глотку воздуха может стать пленка нефти, покрывающая поверхность моря. Трудно сказать, сколько личинок погибает по этой причине. Многое зависит от плотности нефтяной пленки, от района и численности личинок и других обстоятельств, но, по моим ориентировочным подсчетам, 1 т нефти может погубить десятки и даже сотни миллионов личинок рыб.

Кроме этих очевидных убытков, нефтяное загрязнение морей и океанов вызывает множество последствий, в которых нефть и нефтепродукты выступают как химические реагенты. Недавно было доказано, что углеводороды нефти при низких концентрациях вызывают анестезию и наркоз, а при более высоких — повреждение клеток и гибель множества низших животных. Особенно опасны эти вещества для зародышей и личинок морских организмов. Ароматические углеводороды, такие как бензол, толуол,

ксилол и др., производимые из нефтяных углеводородов жирного ряда, представляют собой сильные яды. Во время ликвидации последствий печально знаменитой катастрофы танкера «Торри кэньон» допустили большую ошибку, растворив детергенты, предназначенные для рассеивания нефти, в ароматических углеводородах. Это намного увеличило опасность для обитателей моря.

Некоторые углеводороды содержатся в многочисленных морских организмах и выделяются ими в воду, где, по-видимому, играют важную роль в общении между гидробионтами. Загрязнение моря нефтью и нефтепродуктами и, следовательно, появление в Мировом океане углеводородов, помимо выделяемых его обитателями, представляет, может быть, наибольшую опасность для его жизни. И уж совсем «безобидным» последствием появления нефтепродуктов в море является специфический («керосиновый») запах, которым все чаще отдает выловленная рыба, ракообразные, моллюски и даже деликатесная паюсная икра.

Большим шагом вперед по пути интенсификации производства сельскохозяйственных культур стала химизация многих процессов их возделывания. Химические препараты повышают урожайность почвы (минеральные удобрения), уничтожают сорняки (гербициды), вредных насекомых (инсектициды), паразитирующих на растениях клещей (акарициды), круглых червей (нематоциды), всевозможные грибки (фунгициды) и т. д. Все эти вместе взятые ядохимикаты часто называют пестицидами (от латинских слов *pestis* — зараза, чума и *cedere* — убивать). Благодаря их широкому применению удалось существенно увеличить урожайность основных продовольственных культур. По материалам ООН, в 1970 г. в мире было произведено около 600 тыс. т ядохимикатов, а в природе к тому времени уже скопилось около 450 тыс. т одного только ДДТ. Но это благо тоже имеет свою мрачную сторону. Дело в том, что ядохимикаты, выпущенные на поля и нацеленные на совершенно конкретные виды вредителей, часто выходят за границы сельскохозяйственных угодий и поражают здесь совсем не те живые существа, для которых предназначались.

Проникли ядохимикаты и в Мировой океан. Они поступают в него по воздуху, особенно при распылении над полями, с речными водами, а то и вследствие выброса

в море емкостей с отходами химической промышленности, как делают в некоторых капиталистических странах.

Похоже, что для распространения ядохимикатов в океанах расстояние — не помеха. Значительное количество их находили в составе пыли над открытыми водами Атлантического океана. Хлорорганические ядохимикаты (к которым относится и ДДТ) обнаружены в жире тюленей и пингвинов в Антарктике, за несколько тысяч километров от таких сельскохозяйственных площадей, где они могли бы иметь широкое применение. Мы не знаем, каким путем — воздушным или водным — ДДТ достиг берегов шестого материка, но ясно, что меры борьбы с этим видом загрязнения Мирового океана должны носить международный характер. Вот почему наша страна уделяет так много внимания объединению усилий разных государств в борьбе за чистоту окружающей среды. Соглашение, заключенное в Москве в мае 1972 г. между СССР и США, предусматривает сотрудничество этих двух стран в области охраны морской среды от загрязнения.

Конечно, при всей легкости распространения ядохимикатов в Мировом океане наиболее загрязнена его прибрежная зона вблизи мест производства или массового применения таких веществ. Там же ощущаются и биологические последствия этого нового фактора в жизни моря. По данным французских специалистов, у северных, западных и южных берегов Франции ядохимикатами заражены 72% устриц, 66% водорослей и 100% планктона.

Как отмечает французский зоолог Ф. Рамад, в 1965—1966 гг. было замечено, что у голландского побережья Северного моря стала большой редкостью некогда многочисленная птица — пестроклювая крачка. В 1940 и 1954 гг. в этих местах было около 40 тыс. гнездящихся пар крачек (отметим кстати, сколь нужными оказались результаты кропотливых усилий орнитологов, занимавшихся в разное время учетом птиц). В 1961 и 1962 гг. их было уже около 10 тыс. пар, а к 1965 г. осталось только 150 пар на одном из островов. Что же произошло с целой «армадой» птиц? Оказывается, они погибли от ядохимикатов (в основном алдрина и диэлдрина), которые содержались в их пище — молоди сельди, шпрота и др. Рыбы же поедали зараженный планктон. В море эти вещества поступали из Рейна, а на берегу реки около Роттердама с некоторых пор появилось промышленное предприятие по производству ядо-

химикатов. Оно-то и сбрасывало свои отходы в Рейн. Хорошо еще, что вовремя (до исчезновения последней пары) было замечено сокращение численности крачек, а сколько погибло молодежи рыб и других обитателей моря, того не узнать. Убыток же от гибели крачек весьма велик. Эти птицы поедают массу мертвых и больных рыб и беспозвоночных, чем способствуют очистке морских побережий от возможных источников болезней. Кроме того, они истребляют насекомых на соседних полях.

Считают, что по той же причине исчезли пеликаны у берегов Флориды. Они питались зараженной ядохимикатами рыбой. Одно из последствий отравления птиц веществами типа ДДТ заключается в том, что они начинают откладывать яйца с тонкой скорлупой. Как было выяснено, ДДТ и диэлдрин стимулируют выделение в организме птиц фермента, разрушающего стероидный гормон эстроген, который играет важную роль в кальциевом обмене. Это и приводит к резкому утончению яичной скорлупы. Такие яйца не выдерживают тяжести птицы, сидящей на гнезде, и разбиваются. Зараженная колония птиц постепенно вымирает.

Как видим, применение ядохимикатов на полях имеет серьезные последствия в морях и океанах, и их предотвращение должно составлять одну из важных забот не только науки, но и многих отраслей народного хозяйства.

Не будем говорить здесь о других химических веществах, попадающих в море и опасных для его обитателей и конечного потребителя даров моря — человека. Упомянем только, что к ним относятся и моющие вещества (детергенты), и соли тяжелых металлов (прежде всего соединения ртути и свинца), и особенно радиоактивные вещества.

Очень опасны канализационные стоки, если в неочищенном виде они поступают в море. Основную угрозу представляют содержащиеся в них патогенные микроорганизмы — возбудители различных заболеваний, в первую очередь желудочно-кишечных. Считается, что морская среда неблагоприятна для микроорганизмов, развивающихся обычно в теле человека. Однако их постоянно находят в воде вблизи выхода канализационных стоков, у побережий населенных пунктов и в местах массового купания. Специалист в области медицинской океанографии, французский ученый М. Обэр писал недавно по этому по-

воду, что средний по численности населения приморский город ежесекундно сливает в море 1—2 м³ загрязненной воды, каждый кубический сантиметр которой содержит в среднем 1 млн. бактерий. Наиболее часто встречаются эшерихия коли, стрептококкус фекалис, сальмонелла, а также многочисленные вирусы, химическая природа которых может противостоять самоочистительным свойствам морской среды. Они распространяются по поверхности воды, захватываются организмами планктона и, укрываясь в их кишечнике, расселяются еще дальше, оседают со временем на дно и кончают тем, что поселяются в пищеварительном тракте рыб, в теле моллюсков и других организмов.

Зачительные количества кишечных бактерий находили в желудках кефалей, выловленных возле мест выхода канализационных стоков. Опасными для здоровья стали моллюски. Даже выловленных достаточно далеко от города моллюсков нельзя потреблять в сыром виде без риска заразиться инфекционной болезнью наподобие брюшного тифа. Устричные и мидиевые хозяйства, расположенные в относительно чистых местах, уже не могут считаться защищенными от бактериальных загрязнений. Поэтому нужны санитарные мероприятия, способные оградить потребителя от инфекции. В настоящее время предназначенных для продажи моллюсков выдерживают в специальных установках, наполненных морской водой, очищенной с помощью озона и хлора. Таково положение у берегов Франции, и оно не составляет исключения в мире.

В загрязненной воде продолжается рыбный промысел, в ней «священнодействуют» рыболовы-любители и резвятся все более многочисленные массы купающихся. Непосвященному морское побережье может и не показаться далеким от удовлетворительного санитарного состояния. Не так давно мне довелось увидеть знаменитые пляжи Лазурного берега от Монте-Карло до Ниццы. На первый взгляд кажется, что их омывает чистая голубая вода Средиземного моря. Однако, всмотревшись, вы различите на дне множество ярких пластмассовых отходов, а акватории для купания отгорожены параванами, которые защищают их от вторжения нефтепродуктов. Факты, приведенные М. Обэром, вскрывают бактериологические аспекты загрязнения побережья. Но хотя санитарное состояние мест

массового купания в морях внушает все большие опасения, проводится еще крайне мало специальных исследований их гидробиологического и микробиологического режима. И это несмотря на то, что обитатели моря являются единственными эффективными оздоровителями своей среды обитания в том отношении, которое устраивает человека. У науки и санитарной службы исключительно мало сведений о том, какова плотность патогенных микроорганизмов в воде у разных пляжей и как изменяются эти показатели в течение суток и по месяцам. Какие организмы, извлекающие из воды различных возбудителей болезней, обитают в данном районе и какова их численность? Какова способность того или иного района морского побережья к самоочистке и какую «нагрузку» купающихся оно может выдержать? В условиях все возрастающей тяги людей к морю остро назрел вопрос о нормировании нагрузки пляжей в зависимости не только от площади песчаных россыпей, но и от способности прилегающей полосы моря к самоочищению. Научных данных для такого важнейшего мероприятия еще почти нет. В этом не последнюю роль сыграло то обстоятельство, что обычно морские гидробиологи и микробиологи в своей работе сознательно «переступают» через прибрежную полосу и начинают изучение моря там, где оно предстает в более или менее «чистом», не искаженном отходами с суши виде. Это правильно, мы должны иметь представление о незагрязненном море (теперь уже следует говорить об относительно незагрязненном море), чтобы можно было оценить степень его загрязнения. Но, с другой стороны, основной прямой контакт человека с морем происходит в ближайшей к берегу 20—30-метровой полосе и знание ее гидробиологического режима особенно необходимо.

Таково в общих чертах положение в современном море. Вторжение в эту среду необычных для нее сильнодействующих веществ — процесс, который, несмотря на меры предосторожности, развивается наряду с резким увеличением спроса на различные виды биологического сырья, — ставит перед гидробиологией новые, очень сложные задачи. Причем по мере удлинения списка форм воздействия на море эти задачи все более усложняются.

Особую остроту многие проблемы современной морской гидробиологии приобретают, когда дело касается нейстона.

Здесь мы подошли, наконец, к ответу на вопрос, с которого начинается этот раздел. Взять хотя бы загрязняющие море вещества.

Нефть и нефтепродукты, прежде чем раствориться в воде и влиять на обитателей ее толщи, прежде чем осесть на дно и воздействовать на бентос, плавают на поверхности и поражают нейстон. Свежие нефтепродукты, еще до того как из них испарились бензин, керосин и другие летучие соединения, то есть наиболее токсические вещества, контактируют именно с нейстоном. А нейстон — это в первую очередь зародыши и личинки, наиболее уязвимые живые существа. Для них оказываются губительными такие дозы загрязнителей, при которых существование взрослых особей тех же видов еще возможно. При столь высокой степени ранимости населения приповерхностного слоя пелагиали — будущих обитателей всех других биотопов морей и океанов — скопление загрязняющих веществ на рубеже воды и воздуха выглядит особенно угрожающим. Тем более, что речь идет не только о нефти.

Многие ядохимикаты, и в том числе хлорорганические (ДДТ, гексахлоран, гептахлор, алдрин и др.), в воде почти не растворимы и обладают свойством скапливаться в поверхностной органической пленке и пене. Их концентрация в морской пене бывает в 100 000 раз выше, чем в равном объеме воды. Таким образом, снова складывается положение, когда область максимума отрицательного воздействия на живое совпадает с областью максимума чувствительности населения.

Точно так же ведут себя радиоактивные отходы в море. Многие радиоизотопы концентрируются в поверхностной органической пленке и пене, обнаруживая здесь в сотни и тысячи раз более высокие уровни, чем в воде. Это обстоятельство послужило поводом для проведения нами совместно с Г. Г. Поликарповым и его сотрудниками ряда исследований по радиоэкологии нейстона. Работы вскрыли, в частности, способность многих нейстонтов из разных морей накапливать в своих телах различные радиоизотопы и создавать, таким образом, в себе повышенные дозы ионизирующих излучений с соответствующими последствиями для самого организма и его потребителей. Мы попробовали рассчитать также, что произойдет с численностью рыб в море, если их икра в слое гипонейстона (0—5 см) будет погибать от радиоактивного или другого

сильнодействующего фактора, одинаково поражающего как здоровые икринки, так и те, которые погибли бы в результате естественного отбора. Эти расчеты, опубликованные нами в 1964 г., а впоследствии (в 1969 г.) вошедшие в американскую Энциклопедию по морским ресурсам, показывают, что в случае поражения 50% икринок из числа развивающихся в гипонейстоне (икринки того же вида, развивавшиеся на глубине более 5 см, считались при этом выжившими) численность стада хамсы уменьшится вдвое за 10 лет, ставриды — за 6—7, а кефали — за 5 лет. Таковы теоретические расчеты, а для их уточнения и проверки нужны дополнительные исследования.

Заключение в 1963 г. Московского договора о запрещении термоядерных испытаний в открытой среде явилось важной мерой по охране природы, и в том числе нейстона и плейстона, от радиоактивного поражения за счет радиоактивных выпадений из атмосферы. Однако не все страны прекратили такие испытания, и радиационная обстановка в Тихом океане — этом атомном полигоне — в настоящее время оставляет желать лучшего. Как свидетельствуют исследования сотрудницы отдела радиационной и химической биологии ИнБИОМ АН УССР В. Г. Цыцугиной, хромосомный аппарат многих организмов нейстона, собранных в 1971 г. в Тихом океане, показывал отклонения от нормы.

Бактериальное загрязнение моря тоже в первую очередь отражается на нейстоне. По тем же причинам, что и другие микроорганизмы, болезнетворные бактерии скапливаются в поверхностной пленке и пене, образуя здесь концентрации значительно более высокие, чем в воде. Это дало повод А. В. Цыбань (1971) говорить о существовании наряду с бактерионейстоном патобактерионейстона, изучение которого особенно необходимо в целях контроля за чистотой прибрежной зоны.

Следовательно, животные — потребители бактерий из приповерхностной пленки моря — имеют наибольшие возможности заразиться патогенными микроорганизмами и стать затем их распространителями в других биотопах. К сожалению, наука очень мало знает о судьбе возбудителей болезней, попавших в желудочно-кишечный тракт обитателей моря, но есть основание полагать, как это считает М. Обэр, что они выживают там лучше, чем в воде.

Неясно также, каково воздействие этих бактерий на гидробионтов. Все это предстоит выяснить прежде всего для тех участков побережья, которые служат местами массового купания и талассотерапии.

Для попадания в атмосферу патогенных бактерий очень большое значение имеет их концентрация в нейстоне. Не только во время шторма, но и при полном безветрии из моря в атмосферу переходят мельчайшие капельки воды, кристаллы соли и микроскопические организмы. Причиной служат те же пузырьки воздуха, которые доставляют на поверхность органическое вещество из нижележащих слоев воды. Достигнув поверхности, каждый такой пузырек лопаётся. Происходит как бы миниатюрный взрыв, и в воздух выбрасываются вещества, составляющие оболочку каждого пузырька и соседние участки поверхности органической пленки. Эти частицы подхватываются воздушными потоками и могут переноситься на большие расстояния, в том числе и на близлежащую сушу. Так на суше оказываются соли, остатки мелких животных и растительных организмов, а также другие вещества морского происхождения. В связи с бактериальным загрязнением моря интересно и важно, что в воздух, наряду с другими элементами оболочек пузырьков, «выстреливаются» патогенные микроорганизмы. То обстоятельство, что эти бактерии сосредотачиваются в нейстоне, в сотни и тысячи раз повышает вероятность их попадания в атмосферу. Факт попадания патогенных бактерий из загрязненного моря в атмосферу твердо установлен. Выполненные во французском Центре биологических и медицинско-океанографических исследований работы подтвердили, что капельки аэрозолей морского происхождения переносят значительное количество бактерий из фекальных вод и могут быть источником заражения дыхательных путей людей, не вступающих в прямой контакт с морской водой. По другим данным, концентрация бактерий в капельках, оторвавшихся от оболочек пузырьков, в 10—1000 раз выше, чем в воде, в которой пузырек лопнул.

Следовательно, в результате выноса на поверхность моря и сосредоточения в нейстоне происходит интенсивный переход патогенных микроорганизмов в воздушную среду, со всеми вытекающими из этого последствиями для терапевтических мероприятий на берегу моря и вооб-

ще для населения прибрежной зоны. Известно, что морской пляж и вся прибрежная полоса шириной до 200 м представляют собой естественный ингаляторий. Тут люди «пьют» воздух, минерализованный, насыщенный мельчайшими капельками воды, морскими солями, фитонцидами морских водорослей и полезными морскими бактериями и обычно лишенный пыли. Все это так, и даже морские бактерии наподобие тех (со свойством биостимуляторов), которые встретились нам в морской пене, по-видимому, полезны. Но, увы, и здесь «ложкой дегтя» являются бактерии патогенные, чуждые морю, но попавшие в морскую среду и распространяющиеся по тем же каналам, что и ее исконные обитатели. Сколько еще в этом плане интересных и важных тем для исследований! И снова морской нейстон в центре событий.

Таким образом, в актуальнейшем вопросе охраны моря нейстон, и прежде всего гипонейстон, занимает центральное место. Острота ситуации определяется главным образом совпадением областей скопления легко уязвимых зародышей и личинок организмов и наибольшей концентрации опасных загрязнителей моря. То обстоятельство, что в гипонейстоне развивается «завтрашний день» не только гипонейстали, но и толщи воды и дна, лишь усиливает практическое значение исследований в этом аспекте. Охрана гипонейстона — важное условие сохранения и умножения биологических ресурсов моря.

Однако результаты изучения морского нейстона важны не только для охраны природы. Они имеют первостепенное значение для разработки и совершенствования приемов или, как говорят, биотехники выращивания ценных морских рыб в искусственных условиях. Очень трудное это дело — реставрация вершин экологических пирамид в море. Да, собственно, простая реставрация мало поможет: даров моря сейчас нужно гораздо больше, чем прежде. Воспроизводство их промышленным методом, когда с каждого квадратного метра поверхности садка, пруда или бассейна можно будет регулярно получать в сотни раз больше продукции, чем с той же площади моря, кажется заманчивой перспективой. И не такой уж несбыточной, раз люди научились брать по килограмму и более форели и карпа с каждого квадратного метра водного зеркала пруда. Но беда в том, что методы разведения пресноводных рыб имеют многовековую историю, а с

мыслью о необходимости выращивания морских рыб люди свыклись лишь в наши дни. Правда, и в этой области были свои энтузиасты-предшественники, занимавшиеся искусственным разведением морских рыб еще в XIX ст. Но то были лишь первые попытки. Основная трудность по сравнению с пресноводным рыбоводством состоит в том, что у большинства ценных морских видов икра пелагическая и сосредоточивается в гипонейстали. Кроме того, она в десятки и сотни раз нежнее икры пресноводных рыб. Это диктует особые требования к установкам для инкубирования, в которых икринки не должны получать травмы от соприкосновения со стенками и другими твердыми предметами. К тому же в настоящее время известны еще далеко не все условия, определяющие нормальное развитие икры и личинок в природной обстановке.

Поэтому выход мальков в опытных условиях крайне низок. Гибнет в массе развивающаяся икра, гибнут личинки сразу после выклева из икры и при переходе на активное питание. В морях и океанах выживает тоже очень небольшая часть (сотые доли процента) икринок и личинок, но в искусственных условиях с таким низким выходом мириться невозможно. Высказываются различные суждения по поводу причин невысокой эффективности установок для разведения морских рыб. Большинство специалистов считают, что к моменту перехода на активное питание (после израсходования питательных веществ, заключенных в желтке) личинки не находят требуемых пищевых организмов в нужной концентрации. В природе, как показывают новейшие работы, таких трудностей личинки не испытывают. В искусственных же условиях они вполне объяснимы, тем более, что люди еще не умеют разводить корм для личинок.

Как выход из положения можно было бы применить выпуск оплодотворенной икры в море, где личинки найдут нужные условия, в том числе необходимую пищу. Так поступали в некоторых странах, но этот метод не получил распространения. Ведь неясно: достанется ли выросшая из этой икры рыба той стороне, которая проводила работу, да и отход икринок и личинок в природе чрезвычайно высок. В настоящее время положение осложняется еще тем, что моря и океаны во многих местах сильно загрязнены и нет никакой уверенности в том, что оплодотворенная и выпу-

ценная в море икра не погибнет от нефти, ядохимикатов или других вредных веществ.

Рассчитывая возможные варианты преодоления тех трудностей, на которые наталкивается разведение морских рыб, я исходил в своих рассуждениях, с одной стороны, из данных нейстонологии, а с другой — из особенностей Черного моря как водоема. В результате возникла мысль выпустить оплодотворенную икру в один из соленых причерноморских лиманов, физические, химические и биологические особенности которого в наибольшей степени соответствовали бы требованиям данного вида. Этим обеспечивалось бы, во-первых, пребывание икринок и личинок в гипонейстали с ее оптимальными возможностями для развития, а во-вторых, изоляция выращенных рыб в ограниченном, удобном для облова водоеме. После ряда опытов был избран Хаджибейский лиман близ г. Одессы, а в качестве объекта — камбала калкан, крупная, высокоплодовитая, быстрорастущая и ценная промысловая рыба. Эксперимент был проведен в 1959 г. совместно с инженером Одесского рыбозавода И. В. Муник. 26 июля от десяти самок калкана, выловленных вблизи о. Змеиного, было получено и оплодотворено молоками около 12 млн. икринок. Эта икра была доставлена в Одессу и на следующий день выпущена в Хаджибейский лиман. И вот через месяц в лимане появилось множество мальков калкана длиной 4—5 см. В возрасте 40 дней они достигали в длину 6 см, для чего в естественных условиях требуется более двух месяцев. Это был первый случай получения массового количества (вероятно, десятков тысяч) мальков калкана из искусственно оплодотворенной икры, минуя те осложнения, которые возникают при ее инкубировании в лабораторных условиях. В то время проблема морского рыбоводства еще не была столь актуальной, как в наши дни, и опыт не получил продолжения. Известно только, что мальки жили в лимане до зимних холодов, а затем погибли, не будучи в состоянии перенести температуру воды, близкую к нулю. Сейчас эти опыты возобновлены в нескольких лиманах с учетом температурного фактора в холодное время года.

В наши дни опыты по искусственному разведению морских рыб ведутся в СССР и в ряде других стран. Работы находятся на стадии поиска наиболее эффективных и экономически выгодных методов массового разведения тех или иных видов. В принципе этот вопрос как будто уже

решен. В разных лабораториях и опытных бассейнах мира получены из икры мальки и даже взрослые экземпляры (производители) скумбрии, лобана, камбалы и некоторых других видов. Но стада «искусственных» рыб еще очень невелики, а себестоимость каждого экземпляра высока. Нужно дальше совершенствовать биотехнику, и здесь самые подробные сведения о гипонейстоне и его биотопе могут оказать серьезную помощь. Если в искусственных условиях удастся воспроизвести обстановку, характерную для гипонейстали — основного природного «инкубатора» в море, и исключить из нее такие отрицательные факторы, как хищники и загрязнители, то можно надеяться, что подобная установка окажется наиболее подходящей.

Данные о нейстоне морей и океанов более всего нужны для выработки мер по охране и воспроизводству разных гидробионтов, но находят применение и в промысле.

Одним из широко распространенных способов прогнозирования величины и видового состава уловов рыб является учет их мальков. Мальки — это будущая добыча рыболова, и по их численности можно судить об урожайности каждого поколения рыб, а также о возможной величине промысловых уловов на следующий год или через несколько лет.

Сотрудник Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии Н. Н. Данилевский, опираясь на наши данные о концентрации мальков рыб в приповерхностном слое моря, сконструировал трал для облова гипонейстали. Это положило начало новому этапу в методике прогнозирования уловов, поскольку раньше промысловые прогнозы строились на основании улова трала, работающего в толще воды и не захватывающего приповерхностный биотоп. Ширина трала Данилевского 23 м, облавливая он слой воды от 0 до 4 м глубины. Более 200 тралений, проведенных летом 1965 г. в Черном море, показали, что новый трал обладает гораздо большей уловистостью по сравнению с одноразмерным тралом прежней конструкции. Почти полностью отсутствовавшие ранее в уловах мальки различных видов кефалей, барабули, шпрота и некоторых других промысловых рыб стали массовыми. Даже уловы молоди хамсы и ставриды, добываемой и прежде в значи-

тельном количестве, в новом трале увеличились в среднем на 250%. Прогнозы уловов, построенные на данных этого трала, оказались заметно точнее тех, которые исходили из материалов прежних тралов. На ихтиологической конференции, проходившей в Одессе в 1971 г., специалисты по прогнозированию уловов подчеркивали, что теперь на Черном море учет мальков проводится при условии обязательного облова гипонейстали.

Из констатации того, что нейстон был обнаружен в зоне соприкосновения двух сред — моря и атмосферы и что его своеобразие и богатство объясняются как раз пограничным положением приповерхностного биотопа, последовал вывод о целесообразности гидробиологических поисков в других областях взаимодействия разнокачественных сред обитания. Такими биотопами я представлял себе прежде всего область соприкосновения морской и речной воды, а также морской воды и грунта — у дна и берегов.

Что касается биотопа море — река, то здесь, на так называемом гидрофронте, где мутные и желтоватые речные воды резко сменяются синими и прозрачными морскими, нам удалось обнаружить очень высокую концентрацию нейстона и планктона всех систематических уровней — от бактерий до рыб. Сейчас эти места широко используются биологами для получения массового материала, необходимого для проведения химических, радиобиологических и других анализов.

В зоне море — дно специальных работ по изучению населения самого глубинного слоя водной толщи так, как это было проделано с самым верхним биотопом пелагиали, еще не проводили. Отчасти это объясняется трудностями методического порядка. Зато исследования в зоне море — берег неожиданно дали немало нового. Многое здесь напоминает то, что уже приходилось отмечать при встрече с нейстоном. Как и гипонейсталь, зона море — берег (имеются в виду ближайšie к берегу 10—20 м пелагиали и дна) наиболее доступна для изучения. Несмотря на это, она, как и приповерхностный слой открытых вод, оставалась фактически вне основного внимания гидробиологов. Так, во всяком случае, произошло у северо-западных берегов Черного моря, в частности в районе Одесского залива, где гидробиологические исследования имеют вековую традицию. Как-то так случилось, что все исследования, даже если они именовались «прибрежными», проводились

не ближе чем в сотне метров от берега, а спорадические сборы в более близких точках не обнаруживали ничего существенно отличного от того, что наблюдалось глубже. Когда к изучению этой ближайшей-полосы моря несколько лет тому назад приступили специалисты Одесского отделения ИнБИОМ АН УССР (гидробиологи, микробиологи, биохимики и др.), в ней было встречено столько нового, словно речь шла о далеком необитаемом острове. Здесь обнаружили множество видов моллюсков и ракообразных, не упоминавшихся предыдущими исследователями Одесского залива. Особенно характерно для этого биотопа обилие молоди различных беспозвоночных, икры и личинок бычков и других рыб. Мы допускаем, что, так же как и гипонейсталь, этот биотоп должен играть важную роль в размножении многих гидробионтов и поэтому он нуждается в охране.

Вопрос об охране фауны и флоры прибрежной полосы моря встал особенно остро, когда развернулось строительство противооползневых и берегозащитных сооружений на большом протяжении Черноморского побережья. В результате намыва песка и других строительных работ фауна и флора прибрежного биотопа, как правило, захороняются и уже не восстанавливаются в прежнем виде. Поскольку большинство представителей этой фауны выполняют в морской среде санитарно-гидробиологические функции (как фильтраторы, детритоеды, пожиратели трупов гидробионтов, хищники и т. д.), их отсутствие незамедлительно сказалось на чистоте прибрежной зоны. Тем более, что число купающихся в море неуклонно возрастает, и это обстоятельство, даже при отсутствии каких-либо неочищенных бытовых стоков, создает напряженное санитарное состояние там, где море в наибольшей степени непосредственно служит человеку. Единственным выходом из положения является, на наш взгляд, гидробиологическая мелиорация прибрежной зоны, то есть создание здесь условий, необходимых для развития в требуемом количестве организмов — очистителей морской среды. В нашем коллективе родилась мысль о биологическом преобразовании прибрежного биотопа моря. Преследуется цель увеличить ее биологическую продуктивность в условиях научно-технической революции, а также резко повысить самоочистительные способности моря, прежде всего в местах массового отдыха. Эта последняя задача имеет серьезное социальное

значение, которое будет возрастать по мере урбанизации общества, с одной стороны, и повышения тяги людей к природе, с другой.

В настоящее время разрабатываются варианты гидро-биологической мелиорации прибрежной зоны моря в районе Одесского залива. Есть основания надеяться, что эффективным будет создание у побережья сооружений типа искусственных рифов. Над этим работает группа сотрудников Одесского отделения ИнБЮМ АН УССР, возглавляемая кандидатом биологических наук Л. Д. Каминской. Рифы представляются нам в виде подводных гряд из ракушечного известняка и бетона, расположенных в соответствующих местах параллельно и перпендикулярно берегу. Таким способом удастся существенно увеличить поверхность твердого субстрата в прибрежной зоне и количество убежищ, необходимых многим видам гидробионтов, особенно в период линьки, размножения и охраны потомства. Это в свою очередь обеспечит повышение биологической продуктивности пограничного биотопа море — берег и усиление самоочистительных способностей морской среды в ее примыкающей к суше наиболее мелководной полосе.

Другой метод оздоровления прибрежной зоны вытекает из изучения живой природы песчаного пляжа. Систематическое исследование мелкого животного населения, обитающего в песке (так называемой интерстициальной мейофауны), впервые для отечественного побережья Черного моря начато в Одесском отделении ИнБЮМ АН УССР кандидатом биологических наук Л. В. Воробьевой. Это исследование в наиболее периферическом биотопе, в который проникают морские организмы, предпринято с той же общей целью — обследовать зоны взаимодействия различных сред обитания. Работа показала, что песчаные берега северо-западного побережья населены очень большим количеством разнообразных морских животных, которые своей жизнедеятельностью обеспечивают потребление органических веществ, поступающих в пляж вследствие работы волн, а также с ливневыми и другими стоками, стекающими с суши. Установлено также, что видовой состав и обилие фауны песка зависят от гранулометрического состава окружающей среды, то есть от величины песчинок. Это позволяет нам подбирать и рекомендовать для расширения пляжей в берегозащитных и курортных целях такие пески,

которые в наибольшей степени благоприятствуют развитию в них фауны, обеспечивающей поддержание санитарного состояния пограничной полосы море — суша.

На этом, пожалуй, можно закончить беглый перечень тех областей практической деятельности человека и областей науки, к которым данные теории морского нейстона — нейстонологии — имеют непосредственное отношение как ключ к решению одних важных задач или толчок к постановке других.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поверхность моря издавна приковывала к себе внимание человека. С ней связано множество древних мифов, легенд и поверий, удивляющих подчас своей близостью к тем явлениям, которые науке удалось объяснить только теперь.

Еще раз вспомним некоторые из них.

...Из плоти Урана, упавшей в море, образовалась пена, а из нее возникла Афродита — первоначально богиня плодородия... В этом, при желании, легко усмотреть намек на «дождь трупов», на обилие неживого органического вещества в морской пене и на ее способность стимулировать биологические процессы. Купание в морской пене в том месте, где на берег острова Кипр вышла Афродита, — что это, только ли поверье? Мы уже знаем, что пена может вызвать легкое покраснение кожи.

Не исключено, что и в мифах с нейстонологической, как сейчас можно говорить, подоплекой, древние пытались по-своему объяснить некоторые верно подмеченные ими явления природы.

Наука обратила внимание на жизнь у поверхности моря в XIX ст., но подобные наблюдения проводились в то время попутно с другими исследованиями. Специальные биологические работы на рубеже моря и атмосферы начались только в 50-е годы нашего столетия.

Изучение морского нейстона и плейстона не явилось развитием исследований такого рода в пресных водах, начатых более полувека тому назад. Здесь были свои предпосылки и конкретные причины, но после обнаружения богатства жизни в приповерхностном биотопе стало ясно, что это явление присуще всем водам — пресным и соленым, мелким и глубоким — и что в основе его ле-

жат общие экологические принципы, действующие в зоне соприкосновения жидкой и газообразной оболочек Земли.

В книге я попытался показать качественное своеобразие приповерхностного слоя моря и описать его население, рассказать о значении нейстона и плейстона в жизни моря и назвать обширную область применения новых научных данных в практической деятельности человека. Впереди еще непочатый край поисков и находок, радостей и огорчений, в общем всего того, что делает столь прекрасной жизнь исследователя. Предстоящие работы очень нужны не только для дальнейшего раскрытия тайн морской поверхности и лучшего познания почти трех четвертей нашей многоводной планеты. Они крайне необходимы и для четвертой четверти планеты, где живут люди, которые, независимо от того, знают ли они об этом или нет, соглашаются или отрицают, могут существовать так, как они привыкли, лишь потому, что есть на Земле огромное синее Море. Оно в состоянии предоставить нам еще больше благ, если мы наладим с ним добрые, разумные отношения. А для этого нужно много знать и много делать. Если такой убежденностью проникнетесь и Вы, читатель, я буду считать свою задачу на данном этапе выполненной.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Константинов А. С. Общая гидробиология. «Высшая школа», М., 1972.

Основные положения науки, изучающей жизнь морских и пресноводных водоемов.

Зайцев Ю. П. Морская нейстонология. «Наукова думка», К., 1970.

Главные итоги первого десятилетия специального изучения нейстона морей и океанов.

Поликарпов Г. Г. и Зайцев Ю. П. Горизонты и стратегия поиска в морской биологии. «Наукова думка», К., 1969.

О роли нейстона в круговороте веществ в водоемах.

Савилов А. И. Плейстон Тихого океана.— В серии: «Биология Тихого океана», кн. II. «Наука», М., 1969.

О сообществах физалии и парусника в тепловодной области Тихого океана.

Цыбань А. В. Бактерионейстон и бактериопланктон шельфовой области Черного моря. «Наукова думка», К., 1970.

О микроорганизмах приповерхностной пленки Черного моря.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
ПОЧЕМУ НАУКА ТАК ДОЛГО СМОТРЕЛА СКВОЗЬ МОРСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, КАК ЧЕРЕЗ ПРОЗРАЧНОЕ СТЕКЛО?	6
ПРИЧИНЫ, НАТОЛКНУВШИЕ БИОЛОГОВ НА ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНИ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ	9
ТАМ, ГДЕ МОРЕ ВСТРЕЧАЕТ СОЛНЦЕ	23
ОРУДИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
О ТЕХ, КТО ЗАСЕЛИЛ «СОЛНЕЧНЫЙ ФАСАД» МОРЯ	48
ПУТИ ЗАВОЕВАНИЯ ЖИВЫМИ СУЩЕСТВАМИ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ	62
ЗНАЧЕНИЕ НЕЙСТОНА И ПЛЕЙСТОНА В ПРИРОДЕ	84
НУ И ЧТО?	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	110

ЮВЕНАЛИЙ ПЕТРОВИЧ ЗАЙЦЕВ
ЖИЗНЬ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Печатается по решению Редакционной коллегии
научно-популярной литературы АН УССР*

Редактор *С. М. Хазанет*
Оформление художника *Б. И. Бродского*
Художественный редактор *В. П. Кузь*
Технический редактор *Б. М. Кричевская*
Корректор *Я. Н. Зубко*

Сдано в набор 18.III. 1974 г. Подписано к печати 6.VIII
1974 г. БФ 31834. Зак. 4—708. Изд. № 308.

Тираж 61 000.

Бумага № 1, 84×108¹/₃₂.

Условн. печатн. лист. 6,09. Учетно-изд. листов 6,17.

Цена 25 коп.

Издательство «Наукова думка», Киев-4, Репина, 3,

Головное предприятие республиканского
производственного объединения «Полиграфкнига»
Госкомиздата УССР,
Киев, ул. Довженко, 3,

