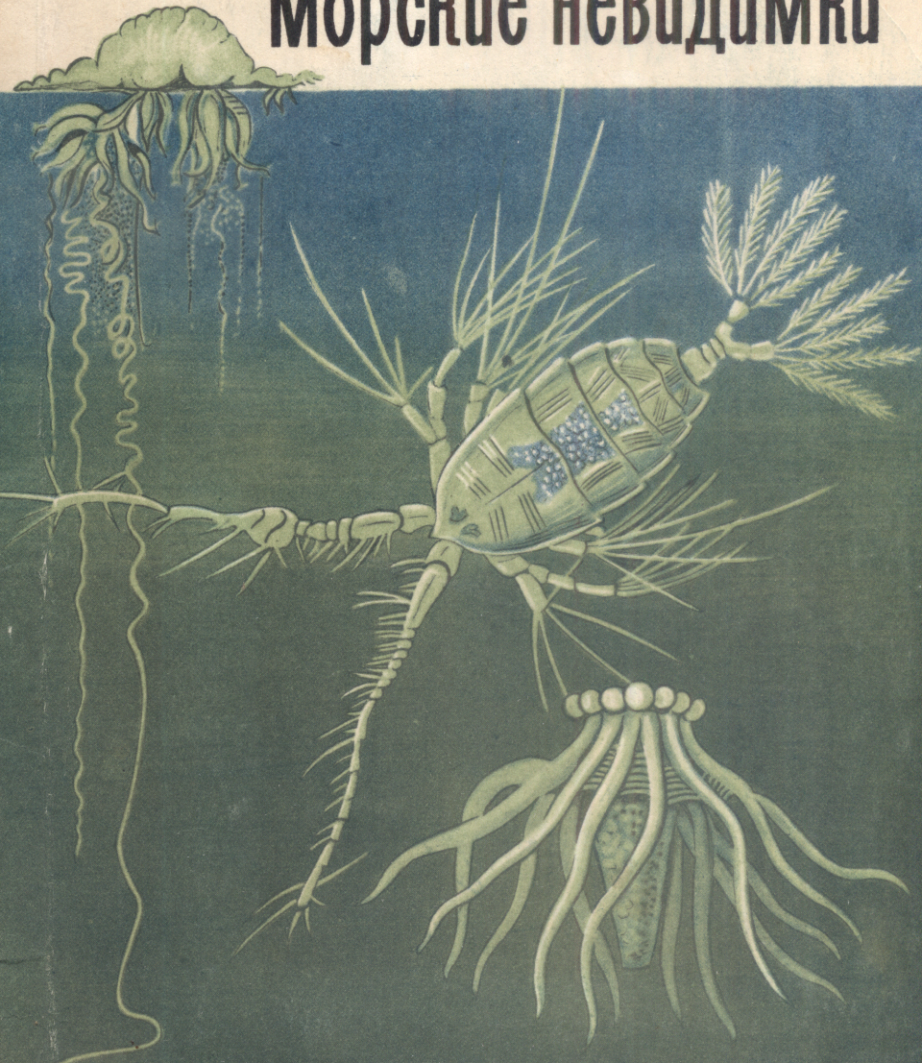
М. А. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ, Е. В. ПАВЛОВА

Морские невидимки



Научно-популярная литература

ПРОВ 98

М. А. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ, Е. В. ПАВЛОВА

МОРСКИЕ НЕВИДИМКИ

Институт
Биология южных морей
БИБЛИОТЕКА
21784

Издательство «Наукова думка» Киев —1968

Пров 1980

57.026
Д64

Почти три четверти земного шара занимают моря и океаны. Кроме рыб, крабов и гигантов китов моря населены мириадами животных и растений.

Авторы популярно рассказывают о подводном микромире, его своеобразии, о том, как путешествуют в морской пучине животные и растения.

Читатель найдет в брошюре также ответы на вопросы — почему в море соленая вода, какова роль морских течений, чем и как питаются рыбы, почему светится море.

Брошюра заинтересует широкие круги читателей.

43718

2—10—4
314—68М

что такое планктон

Море издавна манило к себе человека. Глядя на его безбрежную гладь, трудно представить себе количество и разнообразие животных и растений, населяющих толщу воды от поверхности до больших глубин. Море неизмеримо богаче разнообразными формами жизни, чем суша и пресные воды. Основную массу составляют «морские невидимки» — мельчайшие растения и животные, в большинстве своем видимые только под большим увеличением микроскопа, которые по-разному приспосабливаются к жизни в толще воды. Для обозначения всей совокупности этих организмов немецкий ученый В. Гензен предложил термин «планктон», что в переводе с греческого означает «парящий», «носимый».

В истории изучения планктона можно различать три этапа. Первый — период изучения растений и животных, составляющих планктон, описание и установление их положения в системе организмов. Начало этого периода может быть отнесено к концу XVII века, но правильнее связывать его с применением для сбора планктеров материала из шелкового мельничного газа, предложенного Иоганном Мюллером (1845, Германия). Мельничный газ и в настоящее время является основным материалом для построения орудий сбора планктона. На первых этапах изучения планктона собранный материал использовали для разрешения вопросов общего характера, в частности — видового состава, развития, происхождения. В этих исследованиях большую роль сыграли известные русские ученые И. И. Мечников и А. О. Ковалевский.

В семидесятых годах прошлого века возникает беспокойство по поводу оскудения запасов рыбы в море, которые до того считались неистощимыми, выявляется хозяйственное значение планктона как пищи очень многих промысловых рыб, возникает

необходимость учета количества планктонных организмов. В 1887 году была сконструирована первая планктонная сетка, и с этих пор широкое развитие получило статистическое изучение организмов планктона (второй этап).

Если первоначально главное внимание исследователей планктона привлекали животные организмы и их личинки (зоопланктон), то теперь центр тяжести переносится на растительную часть (фитопланктон), как на первопищу всего животного населения моря — растительноядных и хищников. Работы по учету биомассы планктона производятся в комплексе с определениями количества так называемых биогенных соединений (фосфаты, нитраты), необходимых для жизни организмов. Запасы этих соединений в море ограничены, и потому развитие планктона зависит от их наличия.

С развитием учения о круговороте веществ объектом планктонных исследований становятся бактерии моря. Как известно, бактерии замыкают круговорот веществ. И, наконец, в последнее время уделяется внимание изучению энергии, за счет которой совершается круговорот веществ в море: биогенные соединения — растения — животные и, благодаря бактериям, снова биогенные соединения. Так современная биология ставит сейчас вопрос о продуктивности планктона — вопрос о продуктивности моря в целом.

Третье направление планктонных исследований, возникшее в начале этого века, можно назвать экспериментальным. Его цель — разрешить те вопросы, которые не под силу ни описательному, ни статистическому методу, но без решения которых нельзя познать самые насущные проблемы жизни моря. Поэтому круг вопросов науки о планктоне, подлежащих исследованию этим методом, весьма обширен. Здесь вопросы, связанные с развитием организма в течение его индивидуальной жизни и на протяжении всей истории вида, вопросы роста, поведения, физиологии, размножения, количества генераций, без которых вряд ли возможно достаточно исчерпывающе решить проблему круговорота веществ в море и его продуктивность. Сюда же входит изучение вопросов

связанных с увеличением запасов объектов промысла путем выращивания в выростных хозяйствах мальков, личинок и последующего выпуска их в море.

Ни одно из указанных трех направлений в изучении планктона — ни систематическое, ни статистическое, ни экспериментальное — не может считаться завершенным. Не только в малоисследованных, но даже в наиболее изученных морях все время продолжают находить и описывать новые, еще неизвестные, формы. Что касается статистического направления, то оно дало нам целый ряд очень важных закономерностей распределения и изменений биомассы планктона, но методика учета планктона еще далеко не совершенна, и абсолютная ценность накопленного цифрового материала требует критического отношения. Для широких исследований и обобщений большие возможности открывает экспериментальное направление.

Отдельные исследователи уделяют больше внимания и придают больше значения одному, другие — другому пути изучения планктона. Все они необходимы, и ни одно не может обойтись без другого, и только работа, основанная на достижениях всех направлений, может приблизить нас к овладению тем величайшим на земном шаре запасом живого органического вещества, которое называют планктоном.

особенности жизни планктона

Если спросить, в чем наиболее существенное отличие растений от животных, многие ответят: животные могут ходить, ползать, летать, словом — двигаться; растения же прикреплены на всю жизнь к почве и, следовательно, неподвижны.

Различие между животными и растениями заключается, главным образом, в способе питания. Животные существуют за счет других организмов, питаясь или растениями (растительноядные), или другими животными (животноядные, или хищники). Растения же в других организмах не нуждаются, так как сами обладают способностью за счет солнечной энергии создавать нужные им органические вещества из очень простых неорганических соединений. Для них необходимы: вода, углекислота, соли азотной (нитраты) и фосфорной (фосфаты) кислот. В этом коренное отличие самопитающихся — автотрофных — организмов от гетеротрофных, которые питаются за счет других существ.

Однако подвижность животных и неподвижность растений обязательны только для воздушной среды. В водной среде, в частности в море, мы встречаем обратное явление: растения — подвижны, животные — неподвижны.

Вода является прекрасным растворителем и поэтому содержит в себе все необходимые для жизни растений вещества, которые водные растения получают из окружающей среды, и могут быть совершенно не связаны с дном моря, плавая всю жизнь в толще воды.

На суше растения за счет солнечной энергии извлекают углекислоту из воздуха, а нужные соли — нитраты, фосфаты и пр.— черпают из почвы и поэтому настолько тесно связаны с почвой своими корнями, что передвигаться не могут. Органы прикрепления некоторых водорослей не сравнимы с корнями наземных растений, так как они не являются органами питания, а служат только как средство защиты от сноса при неблагоприятных условиях.

Кроме того, как известно, тело тонет в воде, если его вес превышает вес вытесненной им воды. Но основное вещество организмов планктона — протоплазма — имеет такой же, или почти такой же, удельный вес, как и вода, особенно морская. Поэтому вес вытесненной плавающим организмом воды почти равен его весу. Разница настолько мала, что незначительные приспособления

(наличие жира и ничтожного количества газа в организме) выравнивают ее и позволяют растению или животному не опускаться на дно, а повисать в толще воды без всякой затраты энергии на преодоление силы тяжести.

Иное дело в воздушной среде, которая во много раз легче тела любого организма. Здесь на преодоление силы тяжести необходима колоссальная затрата энергии. Освоить воздушную среду могли только высокоорганизованные существа — насекомые, птицы, летучие мыши, которые способны вырабатывать громадные количества энергии. Но и они используют воздух только как путь передвижения и в своем существовании, безусловно, связаны с дном воздушного океана — почвой. Вспомним, что и человек смог овладеть воздушным пространством только тогда, когда добился очень высокого уровня техники.

Благодаря этим особенностям водной среды как растительные, так и животные организмы беспрепятственно заселили толщу океанов и морей. В ходе эволюционного процесса в толще моря сложилось специфическое сообщество весьма разнообразных растительных и животных организмов. Специфическое потому, что ничего подобного в воздушной среде мы не наблюдаем.

Если мы часами будем тянуть за самолетом сетку из мельничного шелка, хотя бы такого, какой употребляют для просеивания самой мелкой муки, то мы в такую сетку ничего не поймаем. Такая же сетка и даже с более крупной ячеей, погруженная в воду, быстро заполняется массой живых существ, среди которых уже в небольшую лупу, а еще лучше под микроскопом, можно увидеть большое разнообразие прозрачных, свободно плавающих существ.

Планктону противопоставляют **нектон**, также населяющий толщу вод. В основу различия этих группировок организмов положена степень развития у них способности к активному передвижению. Многие организмы, относимые к планктону (планктеры, или планктонты), совсем не пользуются органами передвижения, ибо они настолько слабы, что не способны противостоять сильным течениям

воды. Некоторые планктонные животные плавают и могут продолжительное время двигаться, однако, в силу их малых размеров, покрываемые ими расстояния незначительны. Направление движения носит обычно случайный характер и постоянно меняется. Иногда наблюдаемые миграции (перемещения) таких организмов в основном диктуются направленностью раздражителя, например, света, силы тяжести и др.

Организмы, причисляемые к нектону, имеют сильные органы передвижения. Это главным образом рыбы, отчасти головоногие моллюски и вторичноводные, то есть дышащие воздухом и потому вынужденные постоянно подниматься на поверхность и держаться ближе к ней (морские рептилии и млекопитающие).

Населению толщи воды — планктону и нектону — противопоставляется **бентос** — население дна. Однако понятие планктон, нектон и бентос разграничены далеко не четко. Так, рыбы и крабы в личиночный период жизни входят в состав планктона, взрослых рыб относят к нектону, а крабов — к бентосу. Некоторые ракообразные, например мизиды, кумовые, бокоплавы, живут то на дне, то в прилегающих к дну слоях воды и часто массами поднимаются (особенно ночью) до самой поверхности.

кто и как живет в толще воды

Состав планктона. Составляющие планктон организмы очень разнообразны. Растительные формы представлены здесь почти исключительно микроскопическими низшими одноклеточными водорослями. Наиболее распространены среди них диатомовые водоросли, заключенные в своеобразную кремневую раковинку, похожую на коробочку с крышечкой. Эти раковинки имеют разнообразную форму и очень прочны. Падая после смерти на дно,

водоросли покрывают так называемым диатомовым илом громадные пространства дна океанов в высоких широтах. В ископаемом состоянии такие скопления раковинок диатомей дают начало богатой кремнеземом горной породе — трепелу, или инфузорной земле.

Лишь немного уступают диатомовым по их значению в планктоне перидиниевые водоросли, характеризующиеся наличием двух лежащих в желобках жгутиков, из которых один — поперечный — опоясывает тело, а другой направлен назад. Тело перидиней покрыто либо тонкой протоплазматической оболочкой, либо панцирем из многих пластинок, состоящих из вещества, сходного с клетчаткой. Форма тела округлая, иногда имеются три отростка. Интересны также крайне мелкие кокколитины, которые имеют пронизанную известковыми тельцами оболочку. Такими же незначительными размерами обладают снабженные скелетиками кремниевые жгутоносцы.

Подчиненное значение в планктоне морей имеют синезеленые водоросли, однако в некоторых опресненных морях, например в Азовском, они часто размножаются в таком количестве, что вода приобретает зеленый цвет.

Из одноклеточных животных наиболее характерны для планктона корненожки-глобигерины с многокамерными известковыми раковинками, покрытыми длинными тонкими иглами. Падая после смерти на дно, они покрывают громадные площади дна океанов богатым известью глобигериновым илом.

Скопления лучисток или радиолярий с очень красивыми, тончайшими, как кружево, кремниевыми скелетиками также покрывают немалые площади дна океанов.

Весьма характерны для морского планктона широко распространенные колокольчиковые ресничные инфузории, но их скелет менее прочен, и потому они не образуют таких донных отложений, как диатомовые, корненожки и радиолярии. Домики их имеют форму колокольчиков, вазочек, заостренных цилиндриков, трубочек и пр.

Из бесцветных жгутиковых несомненно наибольшей известностью пользуются шаровидной формы ночесветки, или ноктилюки, обладающие способностью светиться.

Весьма интересны гидроидные полипы — сифонофоры, колониальные кишечнополостные со сложно дифференцированными колониями, с глубоким разделением функций: питающие, защитные, плавательные, ловчие и половые. Очень многочисленны и разнообразны медузы, имеющие форму зонтиков или дисков, гребневики.

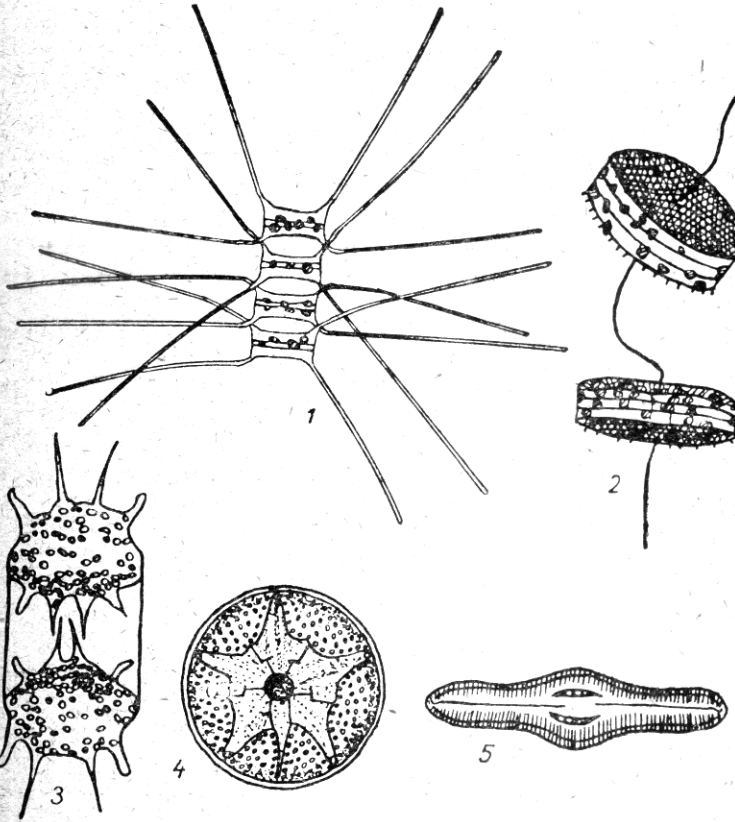
Черви представлены, главным образом, разнообразными личинками — трохофорами и нектохетами. Некоторые виды червей в период размножения ведут планктонный образ жизни, поднимаясь к самой поверхности. Есть два семейства чисто планктонных кольчатых червей.

Решающую роль в планктоне играют ракообразные.

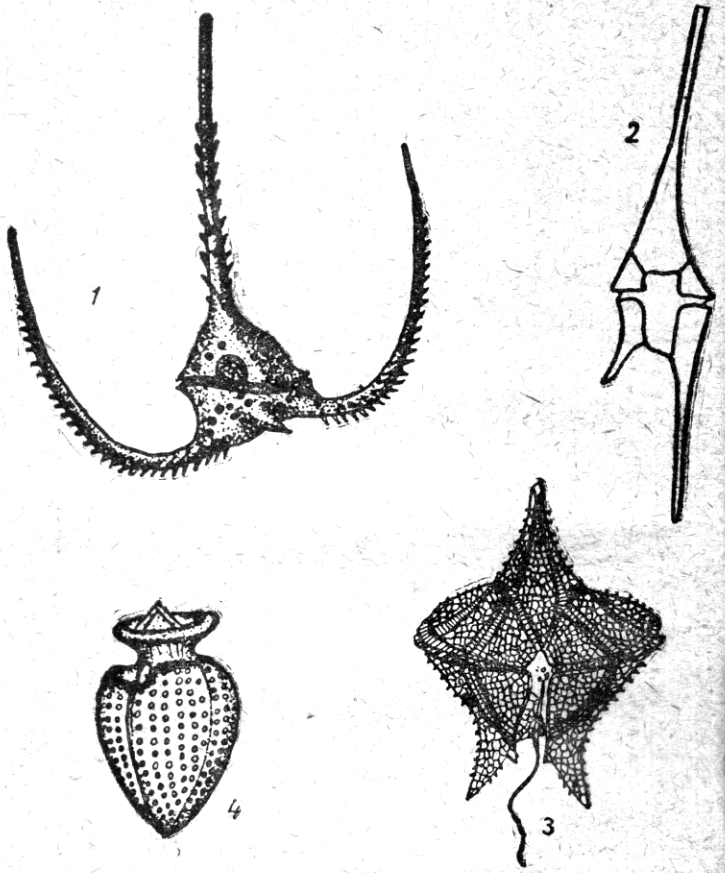
Все отряды этого класса живут в планктоне либо всю жизнь (например, веслоногие и ветвистоусые рачки), либо только в личиночный период (креветки, крабы). Веслоногие рачки составляют основной фон животного планктона морей.

Из моллюсков чисто планктонными группами являются совершенно прозрачные киленогие и крылоногие моллюски. Раковинки последних, после смерти моллюсков, опускаются на дно, где образуют, подобно корненожкам и радиоляриям, птероподовый ил, отличающийся обилием извести. Брюхоногие и двустворчатые моллюски имеют планктонных личинок, для которых характерно наличие спирально завитой или двустворчатой раковинки и своеобразного, покрытого по краям ресничками, двухлопастного органа передвижения. В период размножения они массами заполняют планктон.

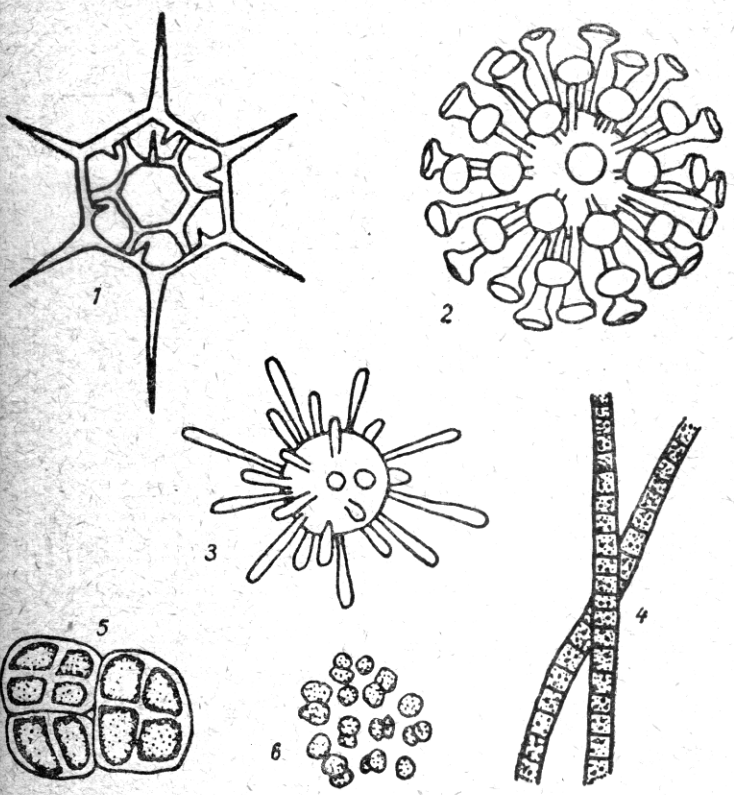
Мшанки и иглокожие представлены только личинками. Планктонный образ жизни ведут голотурии. Из низших хордовых очень многочисленны сальпы, светящиеся пирозомы и живущие в прозрачных ловчих домиках аппендикулярии. Многочисленные яйца и личинки рыб также заполняют планктон.



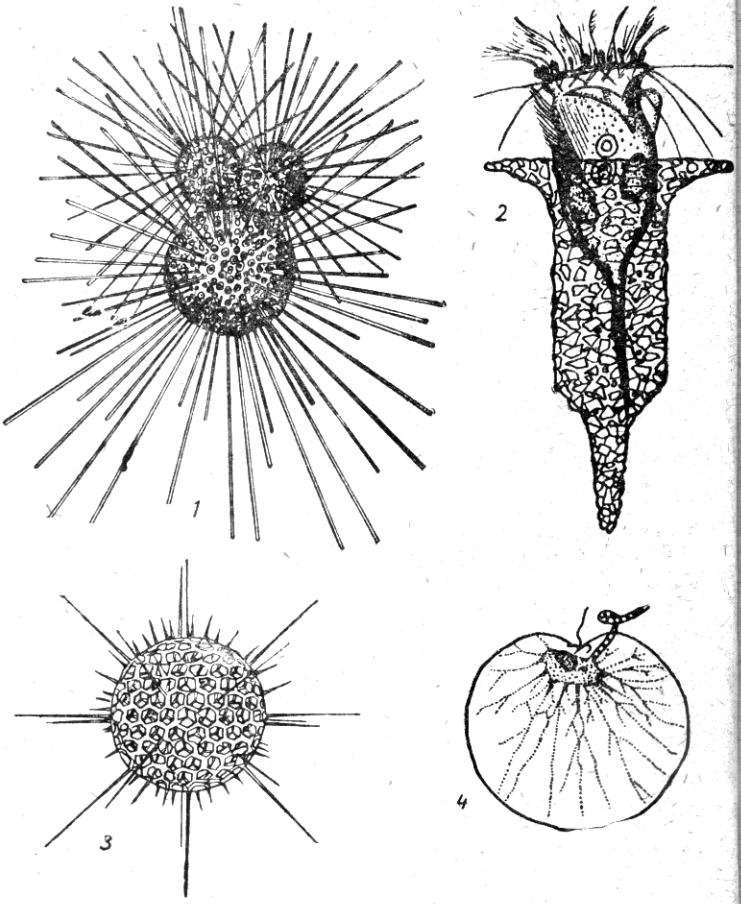
Одноклеточные водоросли (диатомовые): 1 — хетоцерос; 2 — талассиозира; 3 — биддульфия; 4 — астеромфалус; 5 — калонеис.



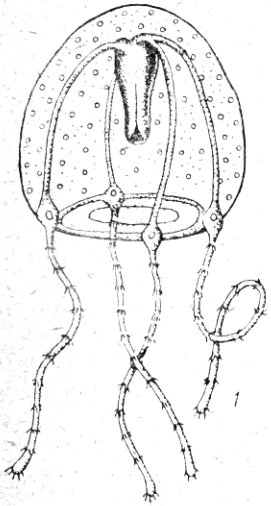
Одноклеточные водоросли (перидиниевые): 1, 2 — цератиум; 3 — перидиниум; 4 — окситоксум.

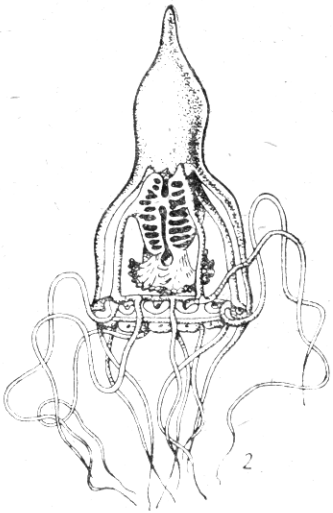


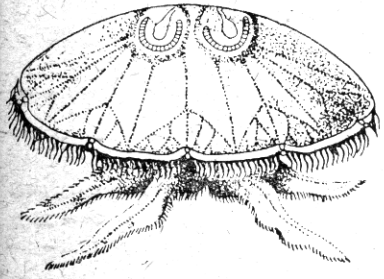
Кокколитофориды (1, 2, 3) и синезеленые водоросли (4, 5, 6).

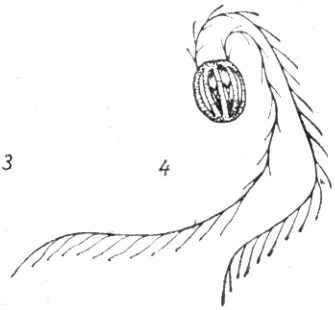


Планктонные одноклеточные животные: 1 — глобигерина; 2 — тинтиннопсис; 3 — гелиосфера; 4 — ноктилюка.









Кишечнополостные животные: 1 — гидроидная медуза; 2, 3 — сцифоидные медузы; 4 — гребневик.

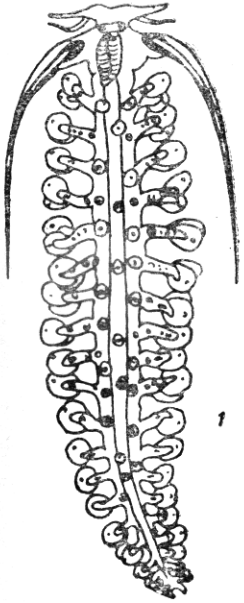
Наконец, толща морской воды заселена бесчисленным количеством бактерий. Разнообразие внешней формы бактерий очень невелико и исчерпывается всего несколькими типами: палочки, шарики, или кокки, более или менее длинные спиральки — спирохеты. Многие из них имеют жгутики и активно подвижны. Для их различия используются главным образом физиологические характеристики и в меньшей степени — внешняя форма. Они играют важнейшую роль в процессах превращения веществ в море — от разложения сложных остатков растительных и животных организмов до превращения их в усвояемые растениями соединения углерода, азота, серы и фосфора.

Сифонофора из Средиземного моря.

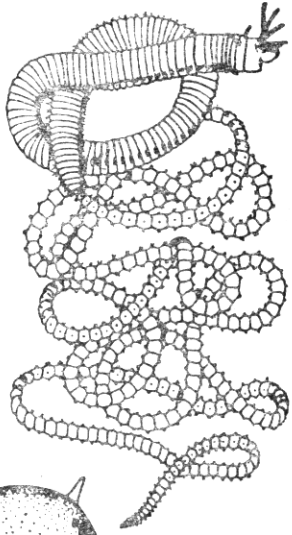
Среди бактерий различают автотрофные, которые способны, подобно растениям, строить белки и углеводы из неорганических веществ. Одни из них — фотосинтетики — используют для этих процессов солнечную энергию, другие — хемосинтетики — химическую энергию окисления сероводорода, серы, аммиака и т. п.

Другую, по-видимому гораздо более многочисленную, группу составляют гетеротрофные бактерии, то есть живущие за счет других организмов — паразиты — и распада разлагающихся — сапрофиты.

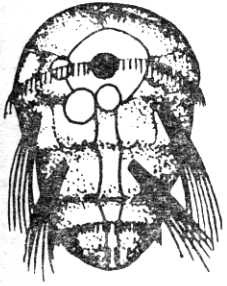
Подвижные растения и прикрепленные животные. Наличие в море планктона обусловило развитие исключительно своеобраз-



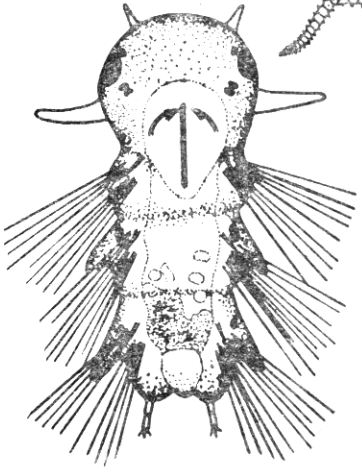
1



2

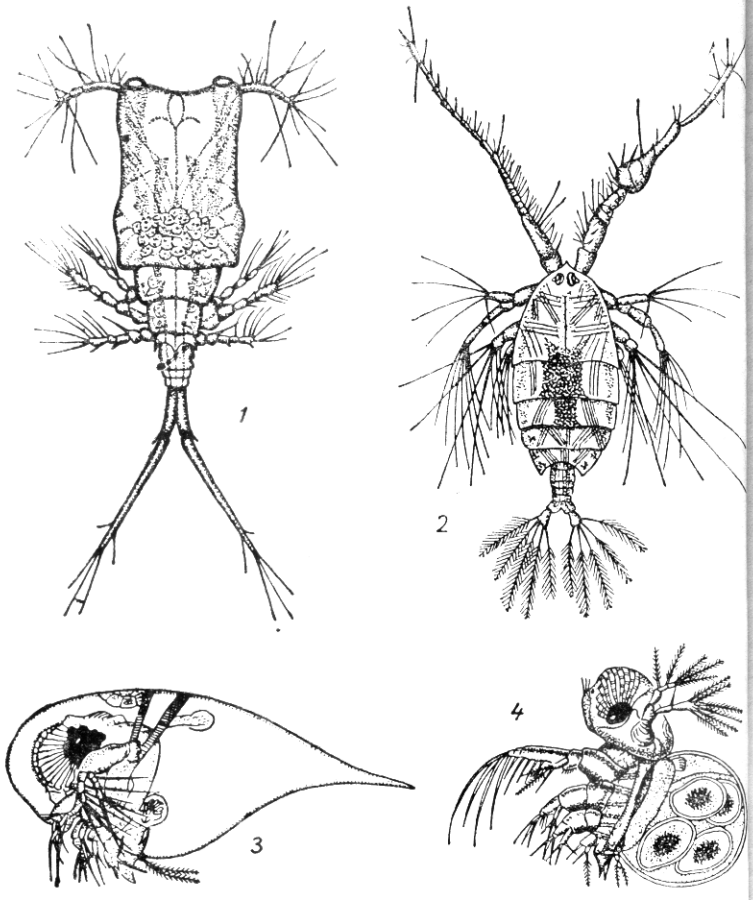


3



4

Морские черви (1, 2) и их личинки (3, 4).



Планктонные рачки: 1, 2 — копеподы; 3, 4 — кладоцеры.

ной категории животных, которые совершенно не встречаются на суше, именно неподвижных, прикрепленных, или так называемых сидячих. Растения на суше прикреплены к почве и неподвижны. Травоядные животные должны обладать способностью подходить к пище и для этого передвигаться. Хищники должны ловить свою добычу. Словом, все животные суши должны активно двигаться.

В воде, благодаря наличию планктона и взвешенных остатков отмерших организмов — детрита, животное может оставаться неподвижным, пищу ему принесут токи воды, поэтому прикрепленный образ жизни широко распространен среди морских животных. Таковы гидроидные полипы и кораллы, многие черви, ракообразные, или морские желуди, мшанки, морские лилии и т. п. Из моллюсков как пример приведем известных всем устриц, плотно прицементированных к скалам или вообще к твердым предметам. Все эти животные или обладают своеобразными, не встречающимися у наземных животных, аппаратами для выцеживания пищи из воды, или стремятся возможно шире охватить пространство многочисленными, околоротовыми щупальцами, или же развивают древовидно-ветвистую форму.

Не удивительно, что биологи долгое время не знали, относить ли эти растениеподобные существа к миру растений или к миру животных, и назвали их животнорастениями.

Теперь мы знаем, что они не могут, подобно растениям, усваивать углекислоту и другие неорганические вещества, а питаются, как все животные, готовой, созданной другими организмами органической пищей, и поэтому мы считаем их животными, хотя они не могут двигаться. Так, благодаря большому удельному весу воды и растворенным в ней солям, в водной среде могут существовать свободно плавающие растения и прикрепленные животные.

В состав населения дна, или бентоса, помимо этих прикрепленных животных, в совокупности называемых сидячим бентосом, входят и свободноподвижные животные — вагильный бентос: черви, ракообразные, моллюски — двустворчатые, брюхоногие и головоногие, иглокожие и пр. Часть из них питается собственно план-

ктоном, другие — планктоноядными животными. Таким образом, бентос в целом — и подвижный и прикрепленный — в своем питании прямо или косвенно связан с планктоном, так как прикрепленные водоросли играют совсем незначительную роль в экономике моря. Поэтому можно ожидать, что там, где много планктона, и бентос будет обилен. Однако далеко не всегда так бывает. Условия в придонных слоях могут быть неблагоприятны для развития бентоса (наличие сероводорода, недостаток кислорода и т. п.) и тогда, несмотря на богатство планктона, бентоса может быть мало или он может совсем отсутствовать. При значительных глубинах в доступных для солнечного света слоях питательные вещества используются в толще воды и до дна их доходит так мало, что бентос может быть беден, несмотря на большую продукцию планктона в верхних слоях. Но такое соотношение, когда планктона мало, а бентоса много, может быть только временным.

Почти все бентонические животные имеют планктонных личинок. Планктон является как бы детским садом для организмов бентоса. Значит, в известные сезоны бентос не только потребитель планктона, но и его производитель.

Жизнь и взаимосвязи организмов планктона. Свободно плавающие растительные организмы — диатомовые и жгутиковые водоросли — питаются, растут, размножаются за счет растворенных в воде углекислоты, нитратов, фосфатов и прочих неорганических соединений, из которых на солнечном свету они строят сложные органические соединения своего тела. Это производители органических веществ. Этими микроскопическими растениями питаются рачки, черви и прочие растительноядные животные, которые могут питаться только готовыми, созданными растениями, органическими веществами и не могут использовать из окружающей среды неорганические соединения. Это потребители первого порядка. За счет растительноядных питаются хищники — потребители второго порядка. Их в свою очередь поедают более крупные хищники — потребители третьего порядка и т. д. Таковы взаимоотношения внутри этого сообщества.

В конце концов все организмы — и производители и потребители — умирают. Их трупы так же, как и выделения и экскременты, в результате деятельности бактерий и других микроорганизмов, превращаются снова в растворенные в воде биогенные элементы — исходный материал для нового построения тел растительных организмов с помощью солнечной энергии, и цикл превращений вещества замыкается.

Таким образом, входящие в состав организмов химические элементы — азот, углерод, водород, кислород, фосфор, сера и др.— находятся в постоянном движении по кругу: водоросли (производители) — животные (потребители) — бактерии и растворенные в воде биогенные соединения.

Это круговое движение элементов совершается за счет солнечной энергии, улавливаемой и аккумулируемой растительными организмами в форме химической энергии сложных органических веществ. Животные потребляют только органические вещества, созданные растениями, расходуя накопленную ими энергию. Таковы в общих чертах взаимоотношения между растительной и животной частью планктона. Отсюда понятно, что соотношение зоопланктона и фитопланктона должно быть прямым, то есть в местах, где мало фитопланктона, должно быть мало и зоопланктона, и, наоборот, при увеличении фитопланктона должно возрастать и количество зоопланктона.

Однако такое соотношение между растительной и животной частями планктона не может оставаться неизменным постоянно. На богатом корме фитопланктона идет усиленное размножение зоопланктеров и может наступить такой момент, когда, например, в результате исчерпания запаса биогенных соединений в воде, продукция фитопланктона начнет уменьшаться. В конце концов может получиться, что зоопланктона будет много, а фитопланктона мало, то есть соотношение станет обратным. Зоопланктон начнет вымирать от недостатка пищи.

Таким образом, количественные соотношения зоопланктона и фитопланктона не могут оставаться постоянными в силу биологи-

ческой сущности взаимоотношений растительной и животной части планктона, основу которой составляет борьба за существование.

Вопрос о численных взаимоотношениях бактерий, фитопланктона и зоопланктона пока еще мало изучен. Однако, исходя из того, что бактерии большей частью живут за счет распада организмов, можно предполагать, что чем больше будет фитопланктона и зоопланктона, тем больше будет бактерий. В силу колоссальной скорости размножения бактерий, поедание их зоопланктоном вряд ли может существенно изменить эти взаимоотношения.

Кроме чисто биологических внутренних причин на эти отношения могут воздействовать и внешние условия, о чем будет сказано ниже.

Приспособления к планктонному образу жизни. Как было сказано, в силу того что удельный вес протоплазмы хоть и незначителен, но все же больше удельного веса чистой воды, планктонные организмы, чтобы держаться в толще воды, должны обладать некоторыми приспособлениями, препятствующими погружению или хотя бы замедляющими его. Чтобы понять сущность этих приспособлений, необходимо ознакомиться с условиями плавучести. Взаимоотношение этих условий выражается так:

$$\text{скорость погружения} = \frac{\text{остаточный вес}}{\text{вязкость} \cdot \text{сопротивление формы}}$$

Рассмотрим, что представляют собой отдельные компоненты.

Вязкость, или внутреннее трение,— свойство текучих тел, определяющее сопротивления частиц при смещении их относительно друг друга. При повышении температуры воды от 0 до +30—40° С на каждый градус вязкость убывает примерно на 2—3%. С повышением солености вязкость увеличивается, но очень немного. Вязкость воздуха в 37 раз меньше вязкости воды. Следовательно, уже в силу этого тело в воздухе будет падать в 37 раз быстрее, чем в воде. В теплой и пресной воде условия плавучести будут хуже, чем в морской и холодной. В тропических водах приспособления к планктонному образу жизни должны быть выражены сильнее, чем в холодных.

Сопротивление формы — способность тел оказывать противодействие каким-либо воздействиям, изменениям.

Остаточный вес равняется весу организма за вычетом веса вытесненной им воды. Таким образом, остаточный вес тем меньше, чем больше вес вытесненной воды, а эта величина находится в прямой зависимости от удельного веса воды. Следовательно, при повышении солености плавучесть будет увеличиваться. Чем ближе значение температуры воды к температуре ее наибольшей плотности (+4° С для пресной воды), тем больше будет увеличиваться плавучесть.

Если вязкость воды и ее удельный вес как факторы, определяющие скорость погружения (плавучесть), не зависят от организма, то вес самого организма и сопротивление формы являются его признаками и как таковые подлежат естественному отбору и, следовательно, в ходе эволюции могут совершенствоваться, приспосабливаясь к изменению условий.

Рассмотрим сначала, какими путями может достигаться уменьшение веса организма. Средний удельный вес протоплазмы принимается за 1,025, то есть только немного больше удельного веса воды; при этом, с одной стороны, в организмах находим вещества более тяжелые (кости, раковины, панцири ракообразных и другие скелетные образования), и с другой — легкие (жиры, масла, газы и т. п.). Отсюда ясно, что приспособление к плавучести должно быть направлено: 1) на уменьшение, или редукцию, минеральных скелетов раковин и других тяжелых частей; 2) на развитие таких легких поддерживающих образований, как жировые и масляные включения, газовые пузырьки; 3) наконец, удельный остаточный вес организма будет уменьшаться при пропитывании тканей водой, объем организма будет увеличен при относительно малом количестве сухого вещества.

Все эти пути уменьшения остаточного веса в различных комбинациях наблюдаются в природе среди планктонных организмов.

Редукция тяжелых образований. Благодаря большому удельному весу воды организмы в водной среде теряют почти весь

вес. Вода своим давлением как бы поддерживает организм. Поэтому в воде могут существовать мягкие, лишенные скелета, студенистые формы. Таковы, например, нежные, как полужидкий студень, гребневики, из которых особенно замечателен венерин пояс (Cestus veneris), достигающий, при всей непрочности своих тканей, свыше метра длины. Таковы медузы, особенно синяя арктическая, которая достигает двух метров в диаметре. Вынутые из воды такие формы расплющиваются и погибают.

Редукция скелетных образований у планктонных корненожек выражается в том, что у них тонкие раковинки, они имеют более крупные поры, чем раковинки корненожек, живущих на дне.

У киленогих моллюсков, ведущих планктонный образ жизни, встречаем все ступени редукции раковины: 1) тело моллюска полностью может спрятаться в раковину; 2) раковина прикрывает только половую железу; 3) раковина совершенно исчезает.

У крылоногих моллюсков раковина тонкая и прозрачная или, большей частью, совсем отсутствует.

Накопление веществ с меньшим удельным весом (жиры, масла) наблюдается у диатомовых, ночесветок, очень многих радиолярий, у веслоногих ракообразных. Все жировые включения представляют собой запасы питательных веществ и одновременно уменьшают остаточный вес. Такие же функции выполняют и жировые капельки в пелагических яйцах и икринках рыб. В панцирях планктонных ракообразных по сравнению с формами, населяющими дно, количество кальция в золе уменьшается и одновременно увеличивается количество жира: у ползающего по дну травяного краба (Carcinus) кальция в золе 41%, жира 2%. У одного из крупных планктонных веслоногих раков аномалоцеры (Anomalocera) кальция 6%, жира 5%.

Еще более эффективным для уменьшения остаточного веса является накопление газа. Так, синезеленые водоросли имеют специальные газовые вакуольки. Многоклеточные саргассовые водоросли, плавающие в Атлантическом океане, имеют газовые пузыри, которые поддерживают их в воде. Но особенной извест-

ностью пользуются наполненные газом гидростатические аппараты сифонофор, парусника, водного цветкового растения пузырчатки и др.

Пропитывание тканей водой и образование студней встречаем у различных одноклеточных и колониальных водорослей, медуз, гребневиков, крылоногих, киленогих моллюсков. Установлено, что в Балтийском море, где вода более пресная и, следовательно, условия плавучести хуже, тело медузы аурелии (Aurelia) содержит 97,9% воды, а в Адриатике, где соленость свыше 35‰ и условия плавучести лучше,— только 95,3%. Возможно, что это связано именно с условиями плавучести в этих морях.

Сопротивление формы и размеры планктеров. Известно, что сопротивление, оказываемое средой движущемуся телу, связано с внутренним трением смещаемых частиц воды и пропорционально смещаемой поверхности. Таким образом, скорость погружения будет обратно пропорциональна удельной поверхности, то есть отношению поверхности тела к его объему. При уменьшении размеров тела его поверхность убывает пропорционально квадрату, а объем — кубу линейных размеров. Для шара удельная поверхность равняется $4r^2\pi : {}^4/_3 r^3\pi = 3/r$, то есть шар радиусом в 1 будет иметь удельную поверхность 3; в 2 — $1{}^1/_2$; 3 — 1; 4 — ${}^3/_4$; 5 — ${}^3/_5$; 6 — ${}^1/_2$; 7 — ${}^3/_7$; 8 — ${}^3/_8$ и т. д.

Таким образом, малый размер организма дает ему в отношении плавучести преимущество перед крупным. Отсюда понятно, почему в планктоне преобладают мелкие формы. Для водорослей, например, малый размер дает преимущество для большей адсорбции питательных солей, которые в морях содержатся в очень небольших количествах.

Планктеров различают по величине.

Ультрапланктон — организмы размерами до нескольких микронов.

Наннопланктон. Размеры — меньше 50 микронов. Организмы таких размеров проходят через самый густой мельничный газ с ячеей в 65—50 микронов. Поэтому для учета наннопланктона

применяется центрифугирование или осаждение в высоких сосудах (центрифужный, или осадочный планктон, содержит бактерий беспанцирных и кремниевых жгутоносцев, кокколитофорид).

Микропланктон уже улавливается густыми номерами мельничного газа. Сюда относят панцирных перидиней, диатомовых, простейших, мелких ракообразных и др. Размеры микропланктонных организмов от 50 до 1000 микронов.

Мезопланктон — основная масса животных организмов планктона: веслоногие, ветвистоусые рачки и пр. Размеры — от 1 до 15 мм.

Макропланктон измеряется сантиметрами. Сюда относят медуз, сифонофор, сальп, пирозом, киленогих, крылоногих моллюсков и пр.

Мегалопланктон включает очень немногие крупные формы размерами около одного метра, среди них упоминавшиеся уже венерин пояс, синяя медуза Арктики и другие исключительные гиганты. Отметим, что как макропланктон, так и мегалопланктон состоят исключительно из форм с сильно развитым пропитанным водой студнеобразным телом, которое, очевидно, компенсирует невыгодные в смысле плавучести большие размеры.

Однако для преодоления сопротивления среды имеет значение не только относительная величина поверхности погруженного тела, но и его форма. Как известно, из всех геометрических тел одинакового объема наименьшую поверхность имеет шар. Несмотря на это, шарообразные формы довольно широко распространены среди планктонных организмов (некоторые зеленые водоросли, целый ряд жгутиковых, в том числе известная ночесветка-ноктилюка, радиолярия талассиколя, некоторые гребневики и др.).

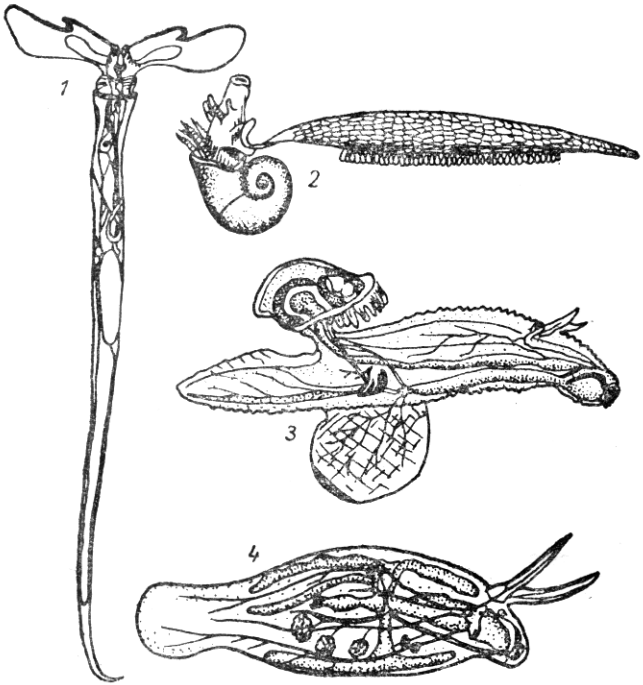
Нужно думать, что в этом случае такие приспособления, как уменьшение удельного веса, пропитывание тела водой и тому подобные настолько компенсируют невыгодность шарообразной формы, что полностью исключают действие силы тяжести. Для такого организма толща воды однородна. Никакая другая среда и никакое другое местообитание, кроме толщи воды, не представ-

ляют такой равномерности во всех направлениях, поэтому и шарообразные организмы нигде, кроме толщи воды, не встречаются. Возможно, что в условиях, исключающих силу тяжести, шарообразная форма своей минимальной поверхностью может дать какие-либо преимущества.

Для увеличения плавучести особенное значение имеет увеличение так называемой лобовой поверхности, то есть той поверхности, которая при движении смещает частицы среды (в данном случае при погружении).

При ничтожном весе планктеров простое удлинение тела в направлении, перпендикулярном направлению силы тяжести, уже дает организму преимущество в отношении плавучести. Особенно такая форма выгодна тем организмам, которые обладают некоторой подвижностью. Поэтому в планктоне очень часто встречаются удлиненные, палочковидные, нитевидные или лентообразные формы как одиночных, так и колониальных организмов. Примерами может служить целый ряд зеленых водорослей, многочисленные диатомовые, некоторые радиолярии, морские стрелки (Sagitta), личинка десятиногого рачка порцелляна и другие подвижные планктеры. Понятно, еще больше увеличивают поверхность трения многочисленные шипы, выросты, направленные в разные стороны, которые мы также встречаем у многочисленных представителей самых разнообразных систематических групп, например у диатомовых хетосерос, перидиней-цератиум, корненожек глобигерина, многочисленных радиолярий, личинок морских ежей и змеезвезд (Pluteus) и, особенно, у разнообразных рачков, украшенных перистыми щетинками.

Такое же значение имеет сплющивание тела в плоскости, перпендикулярной к направлению силы тяжести, что в ходе эволюции привело к развитию лепешкообразных или дискообразных форм. Наиболее известным примером таких форм может служить широко распространенная в наших морях медуза аурелия, но такая форма встречается и среди планктеров других систематических групп. Таковы костинодискусы, лептодискусы, целый ряд радиолярий и



Свободноплавающие моллюски: 1 — крезеис; 2 — жантина; 3 — филлирое; 4 — каринария.

особенно филлозома листовидная, личинка лангуста — промыслового рака Западной Европы.

Наконец, дальнейшее усовершенствование в этом направлении приводит к впячиванию нижней поверхности и развитию медузоидной, парашютообразной формы, настолько совершенной, что она применяется в аэронавтике для замедления падения тел в воздушной среде. В качестве примеров медузоидной формы,

помимо разнообразных медуз, могут быть названы отдельные представители и других групп, таких как зеленые жгутиковые — медузохлорис, головоногие моллюски — цирротаума и голотурии — пелаготурия.

Очень часто организм обладает одновременно несколькими приспособлениями, уменьшающими скорость погружения. Так, у медуз, кроме парашютообразной формы, имеет место мощное развитие студенистой промежуточной пластинки; у некоторых радиолярий наряду с шиповатой формой находим жировые включения; у планктонных корненожек-глобигерин имеем уменьшающее остаточный вес увеличение пор и многочисленные шипы.

Все эти столь многообразные приспособления к планктонному образу жизни выработались в ходе эволюции у самых разнообразных организмов совершенно независимо от их эволюционного родства. Сама же по себе протоплазма, даже если не учитывать минеральных скелетных образований, тяжелее воды. Это обстоятельство дает нам некоторое право считать, что первичным образом жизни был бентический, а не планктический. Иными словами, жизнь первоначально была сосредоточена на дне, и только впоследствии организмы расселились и в толщу воды.

существуют ли водоемы без жизни

Известно, что на свете существует соленая, морская вода, в которой растворено большое количество различных солей, и пресная, речная и озерная, вода. Но мало кто знает, что вообще в природе нет водоема с водой без солей и что даже пресная вода содержит соли. Совсем не содержит соли только дистиллированная вода, которую можно получить в лаборатории путем перегонки обычной водопроводной. В такой бессолевой воде не могут жить никакие живые организмы, она для них — яд. Вся природная

вода потому и обитаема, что в ней растворены разные соли, необходимые для жизнедеятельности организмов.

В пресной воде содержится в общем мало солей — до 0,5 г в 1 л. В большинстве случаев в 1 л воды Мирового океана растворено 35 г разных солей. Моря и океаны занимают около трех четвертей поверхности всего земного шара и соли в них растворено огромное количество. Известный советский гидробиолог Л. А. Зенкевич рассчитал, что если растворенную в морях соль распределить по всей поверхности земного шара, то получится слой в 45 м толщиной, а если только по суше — 153 м!

Водоемы с такой соленостью населяют типично морские организмы. Помимо пресной и морской воды существуют водоемы пересоленные, в воде которых растворено значительно больше соли, чем в обычной морской. Соленость этих водоемов достигает значительной величины — до 300 г в 1 л, то есть в 600 раз больше, чем в обычной пресной воде. Такими водоемами могут быть достаточно мелководные и чаще всего глубоко вдающиеся в сушу морские заливы, еще связанные с морем или недавно отделившиеся от него (Сиваш, Кара-Богаз-Гол, Эльтон, Баскунчак). Такие заливы служат человеку поставщиком обычной поваренной соли, так необходимой в пище. С другой стороны, пресные озера, не имеющие стока в виде речки или ручья, сами собой постепенно осолоняются за счет испарения воды. Озера такого типа встречаются чаще всего в засушливых пустынных районах.

Разная соленость, разные условия существования — различные и обитатели водной толщи.

В большинстве случаев концентрация жидкости, находящейся в полостях планктонных организмов, колеблется вместе с изменениями солености внешней среды. Практически это означает, что планктонные животные могут переносить изменения солености воды (некоторое опреснение или осолонение), но, конечно, до определенных пределов. Если приспособленного к жизни только в морской воде планктера поместить сразу в пресную воду, то он будет стремиться уравнять соленость своей внутренней среды

с внешней соленостью, то есть отдавать соли наружу и вбирать в себя воду, постепенно набухая, пока не наступит гибель.

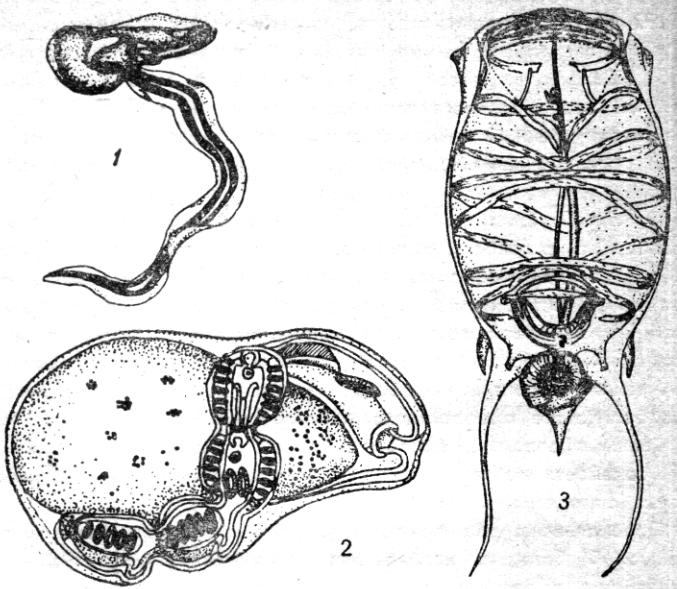
Пресноводный организм, постоянно живущий в воде с малой соленостью, попав в соленую морскую воду, начнет интенсивно выделять воду из своего тела, чтобы привести в соответствие соленость внутренней и окружающей его среды. В конце концов такой организм как бы «высохнет», сожмется и, конечно, скоро погибнет.

Однако существуют организмы, которые живут в условиях меняющейся солености, например в часто опресняющихся участках моря, или в районах, подверженных сезонным ливням, или в водоемах, осолоняющихся вследствие большого испарения. При такой неустойчивой солености воды организмы приспособились к сохранению постоянства своей внутренней среды, в процессе исторического развития выработали в себе различные механизмы, способствующие преодолению неблагоприятных солевых условий.

Таким образом, в каждом водоеме со свойственным ему типом солености живут организмы, приспособившиеся к жизни в данных определенных условиях.

Пресная вода рек, прудов и озер, как правило, очень богата жизнью. В больших количествах развиваются в пресной воде мельчайшие водоросли из группы синезеленых и зеленых, хотя состав их мало разнообразен. Невелико разнообразие по видам и мельчайших животных в пресных водоемах, но количество их значительно. Мелкие веслоногие и ветвистоусые рачки — циклопы и дафнии — составляют основную массу планктона пресных вод. Немалую роль играют также инфузории и коловратки.

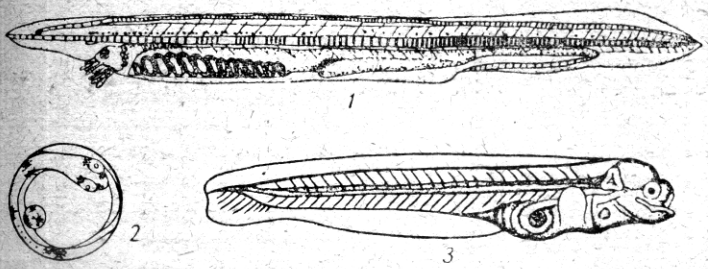
Водопроводная вода, используемая для питья, даже после тщательной фильтрации содержит еще довольно много мельчайших организмов. Чтобы их количество было минимальным, вода подвергается хлорированию. И тем не менее, стерильной водопроводная вода никогда не бывает; в ней всегда содержится небольшое количество различных бактерий, допустимое санитарными нормами.



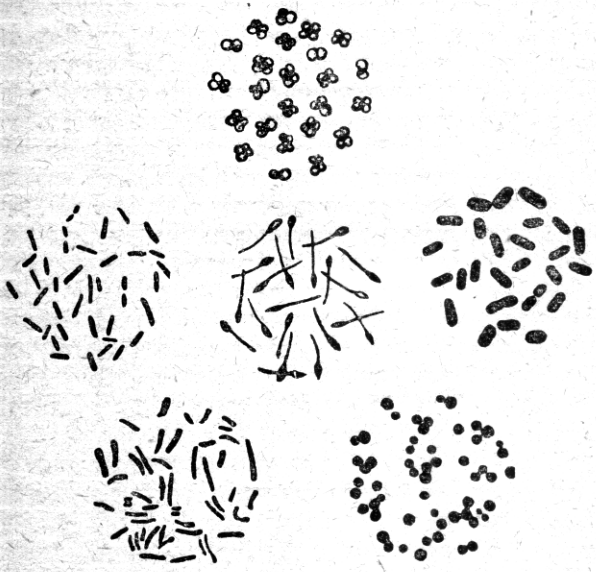
Хордовые животные, живущие в планктоне: **1** — аппендикулярия; **2** — сальпа; **3** — пирозома.

В толще морей и океанов видовой состав планктонных обитателей значительно разнообразнее. Здесь имеется много представителей классов и даже типов, которые в пресной воде не встречаются. Исключительно в море обитают радиолярии, сагитты, аппендикулярии, сальпы.

Особенно многообразен планктон в тропических морях. В Средиземном, например, один отряд веслоногих рачков насчитывает около 400 различных видов, необыкновенно разнообразных по внешнему строению. Тропические рачки обладают большим количеством опушенных щетинок, раскрашенных в необычайно нежные



Личинка ланцетника (1), икринка (2) и личинка рыб (3).



Планктонные микроорганизмы (палочки, кокки, спирохеты).

оттенки зеленого, лилового, розового и желтого цветов. Многие из них обладают способностью светиться — фосфоресцируют и переливаются всеми цветами радуги.

Фантастически красив ночью свежесобранный планктон в банке с большим количеством воды. Вода как бы вспыхивает мириадами разноцветных искорок, которые двигаются в темноте, точно звездочки по огромному темному тропическому небу.

В более соленых и пересоленых водоемах богатство животного и растительного мира уступает место небольшому числу видов. Как правило, такие организмы быстро размножаются, быстро растут и способны переживать неблагоприятные условия.

Необычайно интересным и своеобразным рачком, живущим в пересоленных водоемах, является артемия (Artemia salina). Там, где не могут жить другие организмы, артемия существует и размножается в колоссальных количествах. Через каждые пять дней артемия рождает по 10—15 маленьких личинок, поэтому поколение одной самки может за месяц достичь сотни экземпляров. Питается артемия мелкими планктонными водорослями ярко-красного цвета — дуналиелла (Dunaliella salina). Эти водоросли развиваются в пересоленных водоемах в таких больших количествах, что вода часто приобретает красный или оранжевый оттенок. Артемия очень неприхотлива, прекрасно живет в условиях малого количества кислорода, большой плотности посадки, что позволяет с успехом использовать ее культуру для кормления осетров на рыбоводных заводах. При высыхании или замерзании водоема артемия образует «покоящиеся» яйца, которые способны до 10 лет сохранять жизнеспособность. Они не боятся морозов и палящих лучей солнца.

Поистине многообразны формы и проявления жизни, использующей все разнообразие условий, создаваемое природой.

И все-таки есть такие природные условия, где вода почти или полностью лишена всякой жизни. Глубины Черного моря, вода Аравийского залива в Индийском океане и глубины озера Могильного заражены сероводородом. Как мы уже знаем, жизнь невоз-

можна без кислорода. Поэтому всякий организм в сероводородной воде, лишенной кислорода, гибнет. Исключение составляют так называемые анаэробные бактерии, которые способны получать кислород расщеплением. Как правило, такие бактерии в процессе своей жизнедеятельности выделяют сероводород, который и заражает определенные районы морей.

Даже в Мертвом море, расположенном около устья реки Иордан на Аравийском полуострове, обнаружены живые организмы— два вида бактерий и один вид жгутиковых водорослей.

распределение планктона от поверхности до дна

Наибольшую часть Мирового океана составляют так называемые абиссальные глубины, то есть глубины свыше 3 тыс. м. В отдельных местах даже на такой глубине дно океана имеет большие впадины и каньоны. Сейчас известна максимальная глубина Мирового океана, равная 11 тыс. м. Это Марианская впадина у берегов Филиппинских островов.

Возможна ли и какова жизнь на такой колоссальной глубине?

В 1954 году группа французских ученых погрузилась в батискафе на глубину четыре тысячи пятьдесят метров в Атлантическом океане. Среди них был знаменитый исследователь подводного «мира безмолвия» Жак Ив Кусто. Вот что удалось увидеть Кусто при спуске в эту впадину. С помощью подводных прожекторов из батискафа можно было заметить рои крохотных животных. Кусто называл их «супом» или «снежинками». «Большинство «снежинок» были ракообразные — копеподы. Попадались личинки, крохотные икринки, прозрачные комочки. В иллюминатор Кусто видел подвижных стреловидных червей, различал внутри их прозрачного

тела «скелет». Луч прожектора ловил серебристых рыб, которые отражали свет, словно окна на закате. Вообще огни привлекали всевозможных животных: проплывали тучи креветок, пульсировали небольшие изящные медузы, нежно-голубые или оранжевые на черном фоне воды.

Можно было видеть сложные колонии сифонофор, которые собираются в запутанные шнуры... От этих удивительных животных протягивались опаснейшие щупальца. А за иллюминатором вниз головой, точно йоги, висели какие-то неведомые продолговатые рыбы» [1].

Чем глубже опускался батискаф, тем гуще становился «суп». Появились кальмары и какие-то другие крупные рыбы.

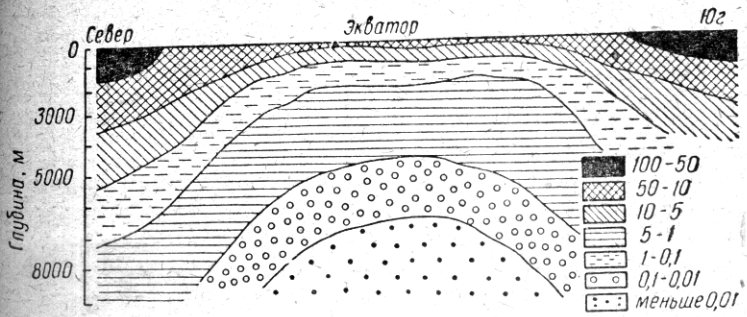
В 1960 году Жак Пикар и Дон Уолш достигли в батискафе «Триест» дна Марианской впадины на глубине 10 919 м. Погружение производилось с большой скоростью, исключающей наблюдение при опускании. Вот как описывает проф. О. Пикар то, что удалось смельчакам увидеть на такой глубине:

«Это был мировой рекорд глубины, достигнутый человеком. Данный рекорд невозможно побить... И вдруг в луче прожектора появилась рыба. Рыба была плоская, серебристого цвета, длиной около 30 сантиметров. Затем исследователи увидели креветку красного цвета. Да, в неподходящих, с нашей точки зрения, условиях живут эти существа — 1100 атмосфер давления! 20 минут находился батискаф на дне; Пикар и Уолш сильно продрогли, температура воды за стеками гондолы была +3,4° С» [2].

Естественно, что мелкий планктон трудно наблюдать сквозь стекла иллюминатора, поскольку он почти неразличим простым глазом. Чтобы судить о том, есть ли планктон на больших глубинах, каков он по составу и какова численность организмов, используются специальные планктонные сети, сквозь которые процеживают столб воды определенного диаметра. Все живые существа

---

[1] Джемс Даген. Капитан Кусто. Гидрометиздат, Л., 1966.
[2] О. Пикар. На глубину морей в батискафе. Судпромгиз, Л., 1961.



Распределение биомассы планктона (мг/м³) в Тихом океане (по Виноградову М. Е.).

из этого столба воды задерживаются сетью и собираются в металлический стаканчик, подвешенный на конце сети.

Советское экспедиционное судно «Витязь» с 1953 года проводит исследование океанического глубоководного планктона. Планктонные сети опускались, например, в Тихом океане на глубину 9 тыс. м. И везде уловы приносили какое-то количество планктонных организмов. С увеличением глубины количество планктеров в объеме воды уменьшается. Например, в Курило-Камчатской впадине вес планктонных организмов в слое 4—8 тыс. м в 160 раз меньше, чем в поверхностном слое от 0 до 500 м.

Интересно, что количество глубоководного планктона зависит от количества поверхностного. Если в верхних слоях моря планктона много, то организмы, живущие глубже, получают, видимо, за счет падающих сверху трупов больше пищи и способны сами развиться в бóльших количествах. В тропической части Тихого океана, например, планктонное население сравнительно бедно, особенно в глубинных водах. Только небольшой слой поверхностных вод (до 300 м) богат планктоном. По мере продвижения на север или юг от тропической области, богатой планктоном, жизнь

постепенно углубляется, что приводит к значительному увеличению планктонных организмов и на больших глубинах.

Итак, на самых больших глубинах в океане существует жизнь, несмотря на колоссальное давление воды, низкую температуру и полное отсутствие солнечного света.

Продолжительность жизни у мельчайших планктонных организмов сравнительно невелика. Зависит она от разнообразных условий: сезона года, географической широты, на которой расположен данный водоем, количества пищи, присутствия хищников и пр. Тем не менее, можно сказать (на примере Черного моря), что веслоногие рачки живут примерно год, ветвистоусые — до одного месяца, червь-стрелка сагитта и хвостатая асцидия — ойкоплеура — до двух месяцев. Небольшая продолжительность жизни планктеров при сравнительно большом их количестве в море приводит к тому, что масса мертвых тел постепенно опускается из верхних слоев моря в нижние, что дало основание назвать их «дождем трупов».

Часть отмерших планктонных организмов, падая вниз, может также потребляться в пищу, другая,— опускаясь на большие глубины, достигает дна. Там, в глубинах океана, создается дополнительный источник питания для глубоководных животных как планктонных, так и донных. Тела отмерших организмов, падающие изо дня в день, из года в год, образуют на дне огромные залежи. В некоторых южных морях, где в планктоне развивается большое количество мелких одноклеточных организмов — радиолярий и фораминифер, которые имеют скелет из извести или кремния,—донные отложения почти полностью состоят из скелетов этих животных.

Как же распределены в море или океане все эти мельчайшие организмы? Равномерно или скоплениями?

Морская вода, а вместе с ней и планктонные организмы находятся в постоянном движении. Волны и течения переносят их на огромные расстояния, перемещают на большую глубину и, казалось, что планктон должен быть распределен в море равномерно. Тем не менее, такой равномерности не наблюдается, так как жи-

вые организмы иногда образуют различные, более или менее постоянные скопления.

В море часто наблюдаются постоянные или временные течения, перемещающие водные массы в различных направлениях. Течения по часовой стрелке гидрологи называют антициклонными. Круговые течения способствуют движению всех взвешенных частиц в этом направлении. Малоподвижные планктонные организмы не могут противодействовать этому течению, поэтому они чаще всего собираются в значительных количествах в центре круга. Примером может служить встречающийся в Черном море в больших количествах ветвистоусый рачок пенилия (Penilia avirostris), которому свойствен высокий темп размножения. Пенилия через 3—4 дня становится взрослой и вынашивает в выводковой камере на спине 8—10 зародышей, которые за 1,5 суток успевают развиться из яйца до способного к самостоятельной жизни животного. При таком темпе размножения, собранные в каком-то ограниченном месте, сто пенилий могут воспроизвести за пять дней до 13 тыс. молодых животных.

Такие временные скопления могут образовывать и многие другие планктонные организмы.

Неравномерное распределение планктона в толще воды может обуславливаться и рядом других причин. Так, например, особые, отличные от более глубоких слоев, условия освещения, солености и количества пищи в приповерхностном слое воды в море дают возможность планктерам как животным, так и растительным развиваться здесь в бо́льших количествах, образуя так называемый г и п о н е й с т о н. Этот гипонейстонный слой очень тонок — 2—10 см ниже поверхностной пленки воды и своеобразен по видовому составу населяющих его организмов.

Исследования последних лет позволили обнаружить массу интереснейших особенностей в жизни этого сообщества. Здесь могут жить организмы, которые не боятся яркого солнечного света. Некоторые рачки понтеллиды, живя в этих условиях, приобрели яркую сине-зеленую окраску тела, что спасает их от перегревания,

Масса своеобразных бактерий, простейших животных и растений, живущих под поверхностной пленкой воды, развивается там в огромных количествах за счет очень обильной пищи. Чем же обусловлено обилие пищи в этом слое?

Дело в том, что верхние слои воды интенсивно перемешиваются течениями и ветром. При таком перемешивании воды образуются мириады воздушных пузырьков, которые, будучи более легкими чем вода, стремятся вверх. На этих пузырьках оседают молекулы растворенного в воде органического вещества; пузырьки, поднявшись на поверхность моря, образуют хлопья морской пены. Иногда это органическое вещество скапливается в виде комочков — агрегатов, пищевая ценность которых очень высока. Советскими учеными сейчас установлено благотворное действие морской пены на процессы роста и размножения организмов, что, возможно, также является причиной бурного развития гипонейстонных организмов.

Опускаясь от поверхности в глубину, почти всегда в любом море можно обнаружить слои воды, отличающиеся от прочих температурой, соленостью или плотностью. Для многих организмов такие слои воды являются непроходимой преградой, и, доходя до нее, животные и растения невольно задерживаются и скапливаются над или под таким слоем в значительных количествах.

Такие скопления в толще воды встречаются в разных местах. Скопления мелких организмов привлекают более крупных животных которые ими питаются, а крупные планктеры — излюбленная пища многих видов рыб и их личинок.

Слой воды, прилегающий ко дну, тоже отличается от прочих большим количеством планктонных организмов. Но состав планктона несколько иной. Добавляется большое количество личинок разнообразных животных, живущих на дне моря. Дело в том, что из яиц многих донных животных вылупляются маленькие личинки, совсем не приспособленные к жизни на дне моря. Они не похожи на своих родителей, ведут планктонный образ жизни, и должно пройти какое-то время, прежде чем из таких причудливых существ

вырастет морской желудь, краб или голотурия. Так как эти личинки совершенно беззащитны от планктонных хищников и могут быть отнесены волнами и течением в очень отдаленные районы с неблагоприятными условиями, донные животные выпускают необычайно большое число яиц, из которых лишь небольшая часть выживает. С другой стороны, благодаря переносу планктонных личинок морскими течениями на большие расстояния и совершается расселение донных животных на новых территориях.

* * *

Как мы видели, планктону свойственны определенные законы распределения и от поверхности до дна, и в различных местах земного шара. Планктон живет своей жизнью.

В какой же степени морские невидимки зависят от изменения температуры в течение года? Зима и лето во многих районах очень существенно отличаются по температуре воздуха. Температура воды изменяется значительно медленнее, поэтому смена времен года в морской воде происходит постепенно. Тем не менее, в море существуют весна, лето, осень и зима. Каждый сезон отличается от другого интенсивностью солнечного освещения, температурой воды, количеством выпадающих в море дождей или снега, притоком речных вод, количеством штормовых дней и т. д. Оказывается, все эти изменения условий «чувствуют» и планктонные организмы. Одни водоросли, например, развиваются в больших количествах только в весеннее время, другие — в осеннее, причем, чаще всего происходит постепенная смена одного вида другим.

Во многих водоемах наблюдается так называемое цветение воды, когда какой-то один вид водорослей размножается в таких колоссальных количествах, что подавляет не только все прочие виды растительных, но часто оказывает губительное действие и на животные организмы. Затем наступает «очередь» другого вида. Такого рода вспышки в развитии планктонных водорослей наблюдаются весной, летом и осенью (но это всегда разные виды). Явление массового развития также наблюдается среди планктонных

животных, но выражено оно значительно слабее, чем у водорослей. Планктонные животные развиваются в какое-то определенное время, чаще всего весной и летом. Например, ветвистоусые рачки, родичи известной пресноводной дафнии, живут и размножаются только в теплое время года. С наступлением холодов у них образуются покоящиеся яйца, которые переносят неблагоприятные условия зимнего времени; сами рачки погибают. У веслоногих рачков массовая откладка яиц и их развитие происходят в определенное для каждого вида время года.

Аналогично временам года на суше и в водоемах, в зависимости от того, на какой географической широте они расположены, наблюдаются свои биологические сезоны разной продолжительности. Например, в Ирландском море зима длится с ноября по февраль, лето — с июля по август, тогда как в Черном море зима — с декабря по март, лето — с середины мая по сентябрь.

Смену планктонных организмов по сезонам года можно показать на примере Черного моря. В зимнее время во всей толще воды пышно развиваются организмы холодолюбивые, которые хорошо переносят низкие температуры и все превратности погоды, свойственные зимнему времени. Из водорослей это несколько видов диатомовых, церациевые водоросли, различные медузы (крупные и мелкие), уже известный нам гребневик и несколько видов веслоногих рачков. Часто в зимнем планктоне попадается икра рыб и хвостатая асцидия.

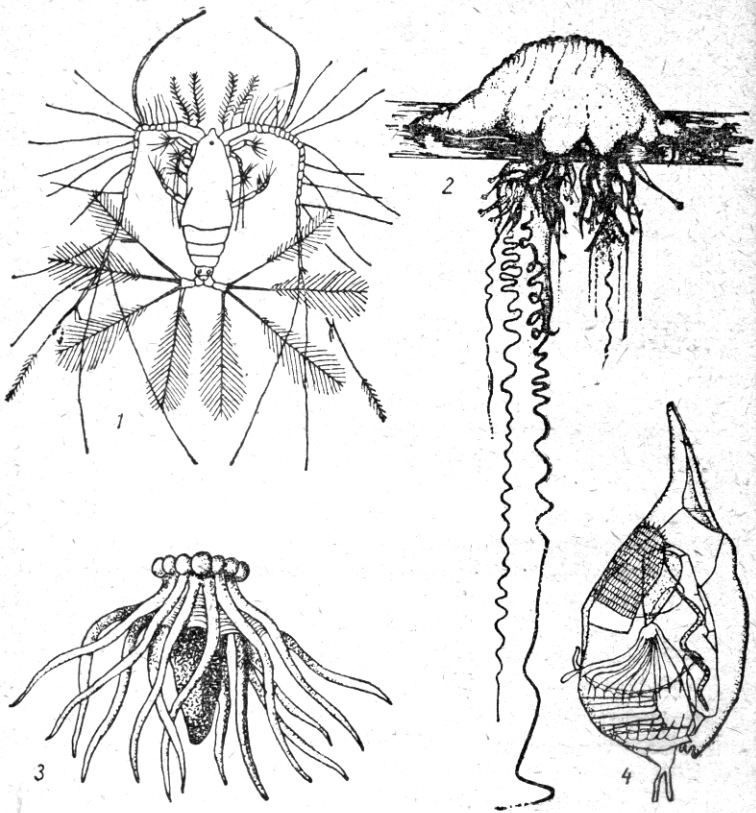
В теплое время года холодолюбивые организмы уходят в более глубокие и холодные слои воды, а в теплых верхних слоях развиваются теплолюбивые планктеры. В больших количествах размножаются жгутиковые водоросли, панцирные и беспанцирные, некоторые виды диатомовых и крупные малоподвижные ночесветки. Ветвистоусые рачки местами развиваются в таких колоссальных количествах, что вытесняют из планктона все прочие виды. Из веслоногих рачков приобретают первостепенное значение другие виды. Летом в планктоне много и разнообразных личинок донных организмов — моллюсков и ракообразных. Как видим, и по каче-

ственному составу организмов и по их количеству летний и зимний планктон значительно отличаются, что дает основания по наличию тех или иных характерных организмов в планктоне говорить о наступлении определенного сезона года в водоеме.

Движение организмов планктона. Перемещения планктонных организмов происходят не только пассивно, с помощью течений воды, как говорилось ранее, но и благодаря собственному активному движению. Среди водорослей самостоятельным движением обладают, в основном, те, которые имеют в качестве органа передвижения жгутики. Это, как правило, очень мелкие клеточки овальной формы с одним или несколькими жгутами. Вращение этих жгутов и дает им возможность двигаться вперед. Даже когда нет движения вперед, клетка продолжает вращаться вокруг собственной оси. Такое постоянное движение связано, вероятно, с необходимостью поддерживать определенную плавучесть и не погружаться в направлении ко дну.

Жгутиковые водоросли необычайно интересны своей двойственной природой: с одной стороны, с помощью света они образуют органическое вещество, что свойственно только растительным организмам, с другой — активно двигаются подобно животным. Их можно назвать растениями-животными и отнести к организмам, стоящим на грани растительного и животного мира. Большинство водорослей, как правило, передвигаются только пассивно, вместе с водой. И все-таки некоторые водоросли (диатомовые, например) приспособились перемещаться, правда, довольно медленно, по типу реактивного двигателя: клетка вырабатывает особое слизистое вещество, которое с силой выталкивается, заставляя ее двигаться.

Скорость и формы движения планктонных животных очень разнообразны. Ракообразные двигаются с помощью ударов брюшных ножек и резких взмахов антенн и хвоста, они плавно скользят по воде или делают резкие скачки в стороны. Червь-стрелка (сагитта) передвигается с помощью изгибов тела и быстрых колебаний хвостовой части. Своеобразно двигаются медузы: сильными сокращениями куполообразного тела они выталкивают воду,



Различные формы приспособлений к планктонному образу жизни: 1 — щетинки (веслоногий рачок); 2 — щупальца, плавучий домик (физалия); 3 — веерообразные выросты (пелаготурия); 4 — домик аппендикулярии.

находящуюся под куполом, чем создается скачкообразное передвижение.

Направленное движение планктеров в некоторых случаях не может противодействовать токам и течениям воды, тогда они полностью оправдывают свое название, ибо планктон по-гречески означает «блуждающий». Однако есть животные, которые двигаются с такой большой скоростью, что можно предположить их полную независимость от морских течений. Это упоминавшиеся черви-стрелки, крупные рачки, относящиеся к группе эуфаузиевых и мизидовых.

Движение планктонных организмов в значительной степени стимулируется такими факторами, как солнечный свет, тепло или холод. Большинство организмов старается уйти от яркого солнечного света. Некоторые же, как правило, летние формы, света не боятся и даже предпочитают уходить из затененных мест в более освещенные. То же самое наблюдается и в отношении к температуре воды: холодолюбивые организмы стремятся в слои и районы с более холодной водой, теплолюбивые — с более теплой. Поэтому сезонные изменения в интенсивности освещения и температуры воды вызывают активное перемещение планктонных организмов.

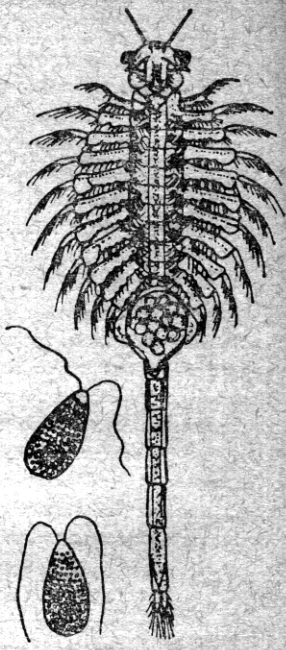
Способность достаточно быстро плавать помогает планктонным животным в поисках подводных пастбищ и мест активной и удачной охоты, часто спасает от хищных преследователей.

Следует отметить еще одну характерную особенность планктонных организмов, а именно: перемещение их то вверх (к поверхности), то вниз (на глубину) в течение суток. Это явление получило название суточных вертикальных миграций. В верхних слоях моря днем, особенно летом, планктона содержится очень мало. Чтобы выловить более или менее значительные количества планктонных организмов в это время, необходимо опустить сеть по меньшей мере на 20—30 метров. Следовательно, морские невидимки, как правило, боятся солнечного света и стараются уйти от его губительных лучей. Постепенно, с уменьшением яркости

солнечного освещения, количество планктона в верхних слоях увеличивается, так как почти все планктонные организмы поднимаются к поверхности.

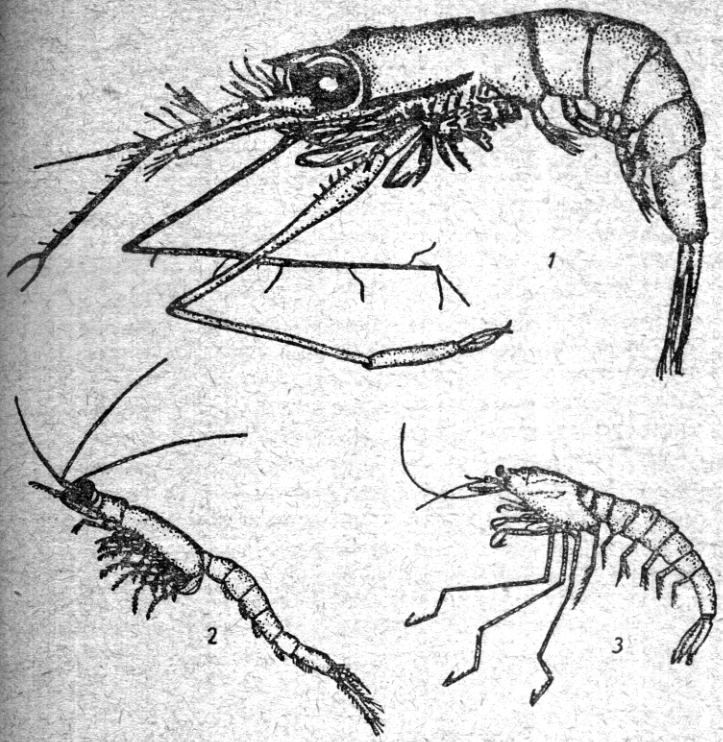
Чем же можно объяснить подъем планктона? Как показали исследования, в верхних слоях скапливается большое количество мелкого фитопланктона. На эти «поля» и стремятся животные из глубоких слоев воды. Всю ночь планктонные организмы активно питаются. С восходом солнца происходит обратное их перемещение в нижние слои.

Причины ухода планктонных организмов в более глубокие и менее освещенные слои пока еще окончательно не выяснены. Существовала точка зрения, что в светлое время мелкие животные более видимы для хищников, поэтому и выработалась у них привычка уходить на глубину. Однако и многие хищники поднимаются вверх тоже в ночное время. Так что если причина ухода планктонных организмов в глубь — спасение от хищников, то им следовало бы опускаться с наступлением темноты. Кроме того, хищных животных всегда достаточно много и в толще воды. Другие исследователи предполагают, что основной причиной ухода планктона на глубину следует считать губительное действие солнечного света.



Артемия — рачок из пересоленных водоемов и его пища — водоросль дуналиелла.

Летом в полярных морях постоянный день, осенью и весной наблюдается смена дня и ночи, обычная для средних широт, а зимой — постоянная ночь. В таких условиях были исследованы вертикальные перемещения планктонных организмов. Оказалось, что



Активноплавающие рачки: 1 — эуфаузиевые; 2, 3 — мизидовые.

летом, при круглосуточном дне, организмы совершенно не мигрируют. Если бы свет губительно действовал, то животные вообще не могли бы существовать при свете. Однако осенью, во время смены дня и ночи, они совершают обычные перемещения.

Вертикальные миграции могут совершаться и в результате изменения внутреннего состояния организмов: например, упитан-

ности, накопления в теле более легких веществ, изменяющих удельный вес, и т. п.

Таким образом, вопрос о причинах суточных вертикальных миграций планктона в Мировом океане сейчас до конца не решен.

Казалось бы, какое значение могут иметь суточные перемещения организмов, многие из которых и простым глазом не заметны. И тем не менее количество мигрирующего в океане планктона (по вычислениям советского гидробиолога М. Е. Виноградова) составляет более 200 млн. тонн! Ежесуточные перемещения такой колоссальной массы живого вещества играют значительную роль в жизни океана.

Большие скопления планктонных организмов, будь то ночью у поверхности или на глубине в дневное время, значительно увеличивают потребление кислорода. Следовательно, в течение суток на различной глубине происходят существенные изменения в количестве растворенного в воде кислорода. Те же скопления способствуют увеличению различных продуктов жизнедеятельности, являющихся прекрасной пищей для бактерий. И, наконец, опускание на глубину значительной части планктона днем имеет большое значение в питании глубоководной фауны, не способной подниматься к поверхности.

вода как среда обитания

Морская вода и видовой состав планктона. Химические свойства морской воды имеют существенное значение как для качественного, так и количественного развития планктона. Химический состав и соотношение основных солей, определяющих соленость океанов, как видно из приведенной ниже таблицы, отличается большим постоянством.

Средняя соленость океана принимается обычно равной 35 г солей на один литр воды. В зависимости от осадков, стока пре

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОКЕАНОВ

Химические элементы	Наличие	
	в воде, ‰	в сухом остатке, %
Хлористый натрий (поваренная соль)	26,862	78,32
Хлористый калий	0,582	1,69
Хлористый магний	3,239	9,44
Сернокислый магний	2,196	6,40
Сернокислый кальций (гипс)	1,350	3,94
Другие соли	0,070	0,21
Всего	34,299	100,00

сной воды с суши и испарения, соленость океанов может колебаться примерно от 37 до 38‰ в субтропических областях и от 30 до 32‰ — в приполярных. В краевых и средиземных морях изменения солености значительно шире и могут доходить до почти полного опреснения, как, например, в Ботническом и Финском заливах Балтийского моря или в Таганрогском заливе Азовского.

Установлено, что по мере опреснения разнообразие фауны вообще и планктона в частности делается все беднее и беднее. Так, в Черном море, где соленость воды 17—18‰, в планктоне, по сравнению со Средиземным, отсутствуют целые группы организмов. Здесь нет радиолярий, сифонофор, крылоногих и киленогих моллюсков, сальп, пирозом, а другие группы представлены количеством видов во много раз меньшим, чем в Средиземном море: крупных сцифомедуз только две, ктенофор одна, аппендикулярий — по одной и т. д. В Азовском море (соленость 9—12‰) планктон еще беднее формами: ктенофор и аппендикулярий уже совсем нет, личинок десятиногих рачков в Черном море 25 видов, а в Азовском только 3—4, веслоногих и ветвистоусых рачков соот-

ветственно 13 и 7, колокольчиковых инфузорий в Средиземном море 100 видов, в Черном — 20, в Азовском — 6. Такое уменьшение разнообразия форм по мере опреснения объясняется в основном тем, что организмы впервые появились в морях с океанической соленостью (в среде, содержащей все вещества, необходимые для построения их тела) и только впоследствии, в ходе эволюционного процесса, немногие из них приспособились к пониженной солености. И чем ниже соленость, тем меньшее количество организмов могло к ней приспособиться.

Обилие планктона и состав солей в морской воде. Что касается обилия планктона, то оно не зависит от общего содержания солей, перечисленных в вышеприведенной таблице, потому что их концентрация, а также соотношение характеризуются значительным постоянством. Количество планктона зависит главным образом от биогенных соединений, солей азотной и фосфорной кислот, используемых растительными организмами при фотосинтезе веществ.

Растениями питаются растительноядные животные, растительноядными — хищники и, таким образом, эти биогенные соединения в конечном счете являются источником продуктивности всего водоема. Количество этих солей в морской воде очень невелико. Оно измеряется десятками, редко сотнями миллиграммов на один кубический метр воды. Эти вещества постоянно при фотосинтезе переходят из воды в растительные организмы, которые затем служат пищей животным, и в результате деятельности бактерий снова превращаются (регенерируют) в исходные соединения — фосфаты и нитраты, то есть питательные соли для растений. В результате этого движения количество биогенных соединений в воде моря подвержено периодическим колебаниям.

Зимой, когда солнечной энергии поступает мало и фотосинтез слабый, количество нитратов и фосфатов, растворенных в морской воде, возрастает. И наоборот, в период наибольшего развития планктона запас их сильно истощается, вплоть до полного исчезновения. Таким образом, соли фосфорной и азотной кислот не только являются исходным материалом для продукции планктона,

но исчерпание их запасов в воде может влиять на его развитие.

Запас питательных солей восстанавливается за счет деятельности бактерий, переводящих выделения организмов и их трупы снова в фосфаты и нитраты. Из сказанного ясно, что расход биогенных веществ имеет место исключительно в верхних, доступных для солнечного света слоях, примерно до 150—200 м глубины, где при фотосинтезе их используют растения (зона фотосинтеза). Регенерация фосфатов и нитратов имеет место в просвечиваемой зоне и в более глубоких слоях, куда опускаются трупы, но куда не проникают лучи солнца, необходимые для фотосинтеза, и где, следовательно, они не расходуются. В результате такого распада и прихода биогенных веществ слои, глубже 200 м (зона регенерации), богаче на растворенные в воде фосфаты и нитраты, чем верхние. Поэтому всякое поднятие глубинных вод на поверхность обогащает верхние слои материалом для продуцирования органических веществ растениями, как бы удобряет их. В силу этого у западных берегов континентов субтропических областей, где господствуют пассатные ветры, сгоняющие поверхностную воду, на место которой поднимается глубинная, планктон особенно обилен. Высокопродуктивны и районы так называемых полярных фронтов, где при встрече теплого и холодного течений возникают токи, поднимающие на поверхность плодородную глубинную воду. Такие места обычно очень богаты рыбой как, например, знаменитые по своему рыбному промыслу Ньюфаундлендские банки, где соприкасаются воды теплого Атлантического течения с Лабрадорским. Много рыбы в маленьком Азовском море. В нем обильный планктон потому, что глубины его не превышают 13 м и, следовательно, вся его толща воды доступна фотосинтезу, при этом вода перемешивается до дна уже при незначительном волнении, так что уноса питательных солей — фосфатов и нитратов — в глубокие, недоступные фотосинтезу слои не происходит.

Значение стока рек. В воде морей и океанов растворено громадное количество питательных солей, необходимых для обеспечения нормальной жизнедеятельности непосредственных потребите-

лей этих веществ — бактерий и микроскопических водорослей, которые служат пищей для обитателей водоемов.

Однако в верхнем стометровом слое, где в процессе фотосинтеза идет наиболее интенсивное использование этих веществ, в отдельных районах (особенно в летний сезон) их оказывается недостаточно.

Большую роль в обогащении питательными солями поверхностных вод играет перемешивание воды. Оказывается, что в тех местах, где происходит энергичное перемешивание глубинных и поверхностных вод в результате различных физических причин — столкновений течений, сгонных ветров, сезонных явлений, связанных с нагревом и охлаждением поверхностных слоев воды,— имеет место подъем глубинных вод, богатых питательными веществами. В этих районах наблюдается особенно обильное развитие планктона.

В обширных областях северного и южного полушарий, в районах, где нет подъема глубинных вод, количество планктона минимально. Вследствие этого здесь мало рыбы и очень бедно население бентоса.

В качестве удобрения моря выступают воды рек. Речная вода содержит биогенные вещества, смываемые с суши. Хотя значение этих вод ограничено сравнительно близкими к берегу пространствами, для относительно небольших морей закрытого типа таких, как Каспийское, Азовское и Черное, в которые впадает много рек, именно речной сток определяет обилие питательных веществ, богатство планктона и количество рыбы.

Для океанских просторов значение речного стока незначительно.

Роль течений в распределении планктона. Мы уже отмечали, что планктонные организмы или способны активно передвигаться, или обладают настолько слабыми органами передвижения, что не могут противостоять движению воды. В связи с этим очень большую роль в распределении планктеров играют течения. Перемещая большие массы воды определенной температуры, течения

переносят и населяющий эту воду планктон. Теплое течение Атлантического океана Гольфстрим выносит далеко за полярный круг в Баренцово море более тепловодные формы планктона Северной Атлантики, а Гренландское холодное течение сдвигает далеко на юг границы арктического планктона. Поэтому границы географических областей населения океанов принято проводить не по параллелям, а по линиям одинаковых температур (изотермы).

Не только течения, но и токи воды самого разнообразного характера — турбулентные движения, конвекционные токи и пр.— могут увлекать планктеров, сортировать, рассеивать, аккумулировать, создавая неравномерное, «облачное», распределение. Иногда эти сгущения планктеров сравнивают с роями насекомых. Однако насекомые собираются в рои под влиянием инстинкта, а «облака» планктеров аккумулируются движениями воды соответственно их гидродинамическим свойствам, аналогично тому, как волны выбрасывают на берег кучи ракушек определенного вида или в одних местах собирается гравий, а в других — мелкий песок.

В больших масштабах аккумуляция планктона имеет место по краям течений, особенно в местах их стыка, например, у берегов Ньюфаундленда, где теплое Атлантическое течение встречается с холодной арктической водой Лабрадорского течения. При этом масса планктеров, попадая в неподходящие для них условия, отмирает. Часть сразу поедается животными — трупоедами, другая часть разлагается и дает материал для обильного развития растительного и животного мира. Такие области получили название полярных фронтов и давно известны своими рыбными богатствами.

Конвекционные вертикальные передвижения воды не только создают условия для механической аккумуляции планктона, но способствуют усиленному перемешиванию воды и выносу на поверхность более богатой биогенными соединениями глубинной воды, что способствует богатству этих областей.

Такой же подъем глубинной воды создают сгонные течения, возникающие под влиянием берегового ветра. При этом очень резко падает температура воды и изменяется состав планктона —

появляются холодолюбивые глубинные формы. Благодаря центробежной силе в центральных областях кольцевых течений вода стекает к периферии, на ее место поднимается вода более глубоких слоев и обогащает поверхностную воду нитратами, фосфатами и пр.

Таким образом, разнообразные течения возвращают на поверхность опустившиеся вместе с трупами организмов биогенные вещества и способствуют увеличению количества планктона.

солнце и жизнь планктонных организмов

Растительные организмы накапливают солнечную энергию в форме сложных органических соединений, которые образуются в их телах под действием света (фотосинтез). Животные расходуют эту энергию. Таким образом, в конечном итоге все биологические процессы протекают за счет солнечной энергии.

В количествах, достаточных для фотосинтеза, солнечный свет проникает в толщу воды лишь на очень незначительную глубину (около 80—100 м), и тем глубже, чем выше над горизонтом стоит солнце. В этом сравнительно тонком слое воды и сосредоточена деятельность растений. Население всех глубоко лежащих слоев живет за счет верхнего слоя. На глубинах нет не только растительных организмов, но и растительноядных животных, есть только хищники и пожиратели трупов.

Кроме того, в планктоне имеются светолюбивые водоросли, которые держатся ближе к поверхности, где больше света, и тенелюбивые, заселяющие более глубокие зоны продуктивного слоя, где света мало.

То же мы наблюдаем и среди животной части планктона. Если поместить удлиненный сосуд с уловом планктонной сетки перпендикулярно к окну, то вскоре часть планктеров окажется у стенки,

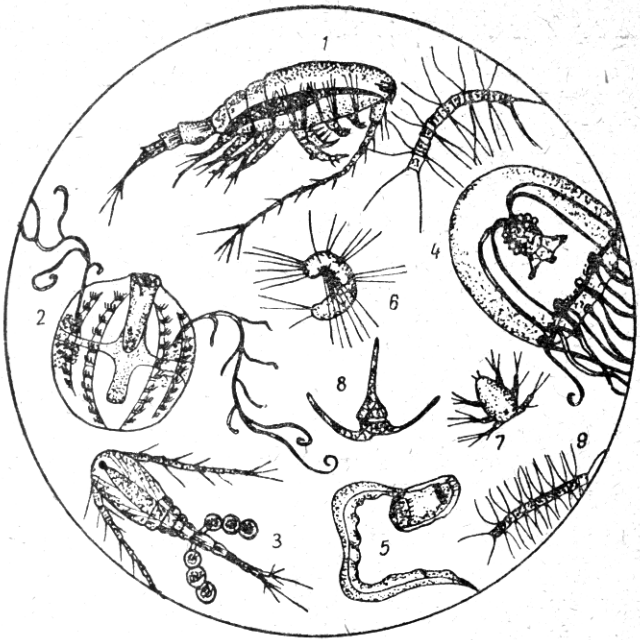
которая ближе к свету, другая часть — у противоположной. Очевидно, одни стремятся к свету, другие его избегают. Первые держатся в верхних, хорошо освещенных слоях моря, вторые, в зависимости от степени их отрицательного отношения к свету, распределяются в более глубоких слоях, вплоть до таких глубин, куда солнечный свет совсем не проникает и вечно господствует полная тьма, нарушаемая лишь слабым светом светящихся животных.

По своему отношению к температуре планктеры могут быть разделены на три категории: теплолюбивые, холодолюбивые и эвритермные, то есть такие, которые могут жить в широких пределах температур. Так как вода нагревается солнечными лучами с поверхности, а температура от поверхности к дну убывает, теплолюбивые формы планктеров сосредоточиваются в теплых поверхностных слоях, а холодолюбивые — в холодных, более глубоких слоях моря.

На вертикальное расслоение планктона влияет также и то, что одни организмы нуждаются в бóльших количествах кислорода, другие в меньших, а третьи — анаэробные бактерии — вообще живут в бескислородной среде. Кислород же поступает в воду частично из атмосферы, частично как побочный продукт при фотосинтезе растений. Следовательно, в верхних слоях воды, освещенных солнцем, как правило, кислорода больше, а в нижних — меньше.

В связи с этими факторами (свет, температура и количество кислорода) толща воды как бы разделена на этажи, которые отличаются составом населения. Само собой понятно, что этажи эти не разделены непроницаемыми перекрытиями.

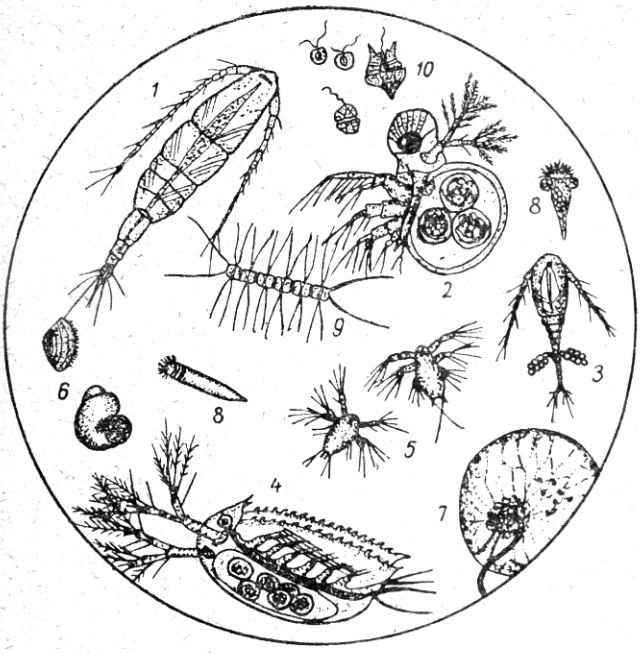
Животные, которые избегают света, но не боятся тепла, могут ночью подниматься с глубин в поверхностные слои, где сосредоточены растения и где, следовательно, много пищи. Зимою, когда в наших широтах поверхностные слои остывают, холодолюбивые животные, безразлично относящиеся к свету, могут подниматься в верхние слои.



Состав зимнего планктона в Черном море (в поле зрения микроскопа): **1** — рачок калянус; **2** — гребневик; **3** — рачок ойтона; **4** — медуза; **5** — ойкоплеура; **6** — личинка червя; **7** — личинка копепод; **8** и **9** — водоросли цератиум и хетоцерос.

Нужно также иметь в виду, что изменение одного фактора может отразиться на отношении организма к другому фактору. Например, целый ряд планктеров при понижении солености меняет свое отношение к свету и уходит в более темные слои.

Таким образом, закономерности распределения планктеров в толще воды по вертикали, как мы видим, зависят больше всего от света и температуры.



Состав летнего планктона в Черном море: 1 — акарция; 2 — подон; 3 — ойтона; 4 — пенилия; 5 — личинки рачков; 6 — личинки моллюсков; 7 — ноктилюка; 8 — одноклеточные животные; 9 — хетоцерос; 10 — жгутиковые водоросли.

Солнечная энергия — свет и тепло — равномерно не распределяется по всей поверхности земного шара. В тропическом поясе солнце круглый год стоит почти над головой и солнечные лучи падают на поверхность океана почти перпендикулярно.

Чем ближе к полюсам, тем ниже над горизонтом стоит солнце. Вода прогревается все меньше и меньше. Прогреваемый и просвечиваемый слой воды делается все тоньше. Наконец, за поляр-

ным кругом солнце совсем не показывается на горизонте, а в направлении к полюсу бессолнечных дней все больше и больше. У полюса полгода солнце совсем не появляется.

В силу вращательного движения Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси солнечная энергия поступает на поверхность земного шара и во времени не равномерно, а ритмически двумя накладывающимися друг на друга ритмами, имеющими круговой или циклический характер. Из них один суточный, связанный с движением Земли вокруг оси, и другой годовой, связанный с вращением Земли вокруг Солнца.

Суточная цикличность температур в водной среде, в силу большой теплоемкости воды, характеризуется столь незначительными колебаниями, что биологические результаты ее в настоящее время почти не поддаются учету.

Что касается сезонных колебаний, то они также не очень велики и затрагивают только поверхностный слой воды. При этом в тропиках, где солнце круглый год поднимается высоко над горизонтом, сезонность температур незаметна. В приполярных морях небольшого количества тепла, поступающего летом, не хватает на таяние льдов, и температура круглый год будет почти неизменно очень близка к нулю. Таким образом, сезонность температур может играть роль только в умеренных широтах.

Изменения освещенности имеют совершенно другой характер. У экватора, где отсутствует сезонность, изменение освещенности имеет только суточный цикл. У полюсов освещенность изменяется двояко: зимой — темно, летом — все время светло, но солнце никогда не поднимается высоко над горизонтом. В умеренных широтах летом продолжительность дня больше и солнце поднимается над горизонтом выше, чем зимой.

Такой цикличности солнечной радиации соответствуют и ритмы биологических процессов планктона. В тропиках хорошо выражена только суточная ритмичность процесса фотосинтеза.

В умеренном поясе помимо суточного ритма фотосинтеза имеет место и сезонный: зимой он выражается уменьшением интен-

сивности и мощности занятого им слоя, летом же, наоборот, интенсивность фотосинтеза и мощность слоя возрастают.

Здесь имеют место, помимо суточных вертикальных миграций, и сезонные, выражающиеся, в частности, в поднятии зимой холодолюбивых планктеров в расположенные ближе к поверхности слои, которые были им недоступны во время летнего нагревания.

В приполярных морях ритмичность фотосинтеза фитопланктона имеет сезонный характер. Зимой нет солнца и нет фотосинтеза. Суточные вертикальные миграции планктеров отсутствуют.

Наконец, с временами года — в большинстве случаев с более теплым периодом — связаны процессы размножения планктеров.

планктон и продуктивность водоемов

Всем морским организмам, в том числе и планктонным, как всему живому, свойственно наращивать биомассу, то есть увеличивать с возрастом свой вес и продолжать свой род. Если бы в море не существовали эти два процесса — рост и размножение — море было бы безжизненной пустыней. Для того чтобы расти и создавать себе подобных, организм должен потреблять пищу, иметь ее всегда в достаточном количестве и тем добывать энергию, необходимую для жизнедеятельности.

Крупные хищники потребляют более мелких, самые мелкие — охотятся за животными, которые питаются растительной или смешанной пищей. Микроскопические водоросли используют растворенные в воде минеральные соли, но в отличие от животных организмов водные растения, как и наземные, без дополнительной энергии не могут создать из них новое органическое вещество. Откуда же берут растения эту дополнительную энергию?

Как и на суше, поставщиком этой энергии служит Солнце. Тем не менее, это еще не означает, что наиболее продуктивные области располагаются только в тропических морях. В действи-

тельности тропические моря и части океанов содержат относительно небольшое количество планктонных организмов на единицу объема воды.

Все растения обладают чудодейственным свойством создавать новое органическое вещество из неорганических солей при участии Солнца. Именно этим мельчайшим, почти невидимым невооруженным глазом планктонным растениям мы обязаны существованию богатой жизни в морях и океанах. Человек ежегодно вылавливает из океана огромное количество рыбы, промысловых беспозвоночных (моллюсков, креветок, крабов) и водорослей. Всего этого могло бы не быть, не обладай морские невидимки удивительным даром природы — с помощью солнечной энергии превращать неорганические вещества в органические.

В морской воде содержится значительное количество растворенных газов: кислорода, углекислоты и азота, то есть тех газов, которые необходимы для существования живых организмов. Животные как на суше, так и в воде поглощают кислород при дыхании, выделяя при этом углекислый газ. Растения же, наоборот, на свету потребляют углекислый газ и с помощью солнечной энергии образуют органическое вещество. При обильном развитии водорослей свободной углекислоты в воде остается немного, тогда они получают ее из двууглекислых и углекислых солей (бикарбонатов и карбонатов). Азот в основном используется особой группой азотфиксирующих микроорганизмов.

Водоросли — создатели первичной органики. В теле водорослевой клетки содержатся особые вещества, называемые пигментами. У зеленых водорослей этот пигмент (хлорофилл) — зеленого цвета, поглощающий в основном красные лучи солнечного спектра. У красных водорослей пигмент (фикоэритрин) поглощает синюю часть спектра. Работа любого водорослевого пигмента заключается в поглощении солнечных лучей и образовании органического вещества.

За счет водорослей существует масса животного планктонного населения океанов. Как уже упоминалось, водоросли в море могут

жить лишь в слое, куда проникают, хотя бы в очень малой степени, солнечные лучи. В полной мере это относится к водорослям, которые не в состоянии существовать без солнца. Но есть морские водоросли, приспособившиеся к другим условиям существования.

При большом содержании в воде органических веществ некоторые нормально фотосинтезирующие водоросли при отсутствии света способны перейти к усвоению органических веществ, растворенных в воде. В таких случаях водоросли чаще всего теряют окраску, становятся бесцветными, хотя существуют вполне нормально. Если их поместить на свет, они снова начинают фотосинтезировать и приобретают свойственную им окраску.

Существуют водоросли, большей частью из группы жгутиковых, которые способны жить в условиях очень малого количества солнечного света и усваивать в основном только органическое вещество из окружающей их воды. Такой способ питания более похож на питание мелких простейших животных.

В любом случае, с помощью фотосинтеза или прямым усвоением растворенного в воде органического вещества, одноклеточные планктонные водоросли являются создателями новой, первичной органики, которая используется в дальнейшем планктонными животными.

Какова же скорость образования этой первичной органики? С какой быстротой могут размножаться водорослевые клетки?

Мелкие планктонные одноклеточные водоросли размножаются наиболее простым способом: клетка делится пополам, и из одной материнской сразу образуется две, несколько меньшие, клетки, но первоначальный размер их достигается довольно быстро. Образовавшиеся две дочерние клетки вскоре снова делятся пополам. Время между двумя делениями у разных водорослей различно — в среднем от 12 часов до 3 суток. Чтобы наглядно представить себе с какой скоростью может идти процесс образования водорослевой органики в морях и океанах, предположим, что в одном литре морской воды имеется пять клеточек разных водорослей. Если принять, что каждая клетка за сутки поделится пополам, то

через трое суток в нашем литре из пяти первоначальных станет 40 живых водорослевых клеток. Через десять суток и при достаточном количестве питательных веществ литр воды будет представлять собой «водорослевую кашу». Трудно представить, что стало бы с океаном, если б потенциальные возможности размножения планктонных водорослей никто и ничто не ограничивало.

Прежде всего надо сказать, что такой темп размножения возможен лишь при наиболее благоприятных для водорослей условиях освещения, температуре и наличии питательных солей. Для каждого вида водорослей требуются определенные температура воды, величина освещенности и содержание растворенных в воде солей. Такие условия создаются в разное время года и в различных участках моря. В случае отсутствия этих условий темп деления водорослей значительно замедляется.

Важным фактором, ограничивающим накопление водорослей, является поедание их различными зоопланктонными организмами. Если в склянку с водорослями посадить одного планктонного рачка, то за одни сутки он может съесть все первоначально имевшиеся и все появившиеся клетки водорослей. Нечто подобное имеет место в море.

Необходимо иметь в виду, что количество растительного и животного планктона в единице объема различно: в умеренных морях планктонное население значительно богаче, чем в тропиках; у поверхности его больше, чем на глубине. Кроме того, планктон распределяется в море неравномерно. В море есть районы, где водорослевый планктон полностью съедают животные, и места накопления водорослей, где отсутствуют поедающие их планктонные организмы.

Пищевые взаимоотношения организмов планктона. Населяющие толщу воды животные могут питаться мелкими растениями, либо животными, или потребляют в пищу смешанный корм. Растительноядные планктонные животные, живущие за счет мелких водорослей в верхних слоях морей и океанов, составляют основ-

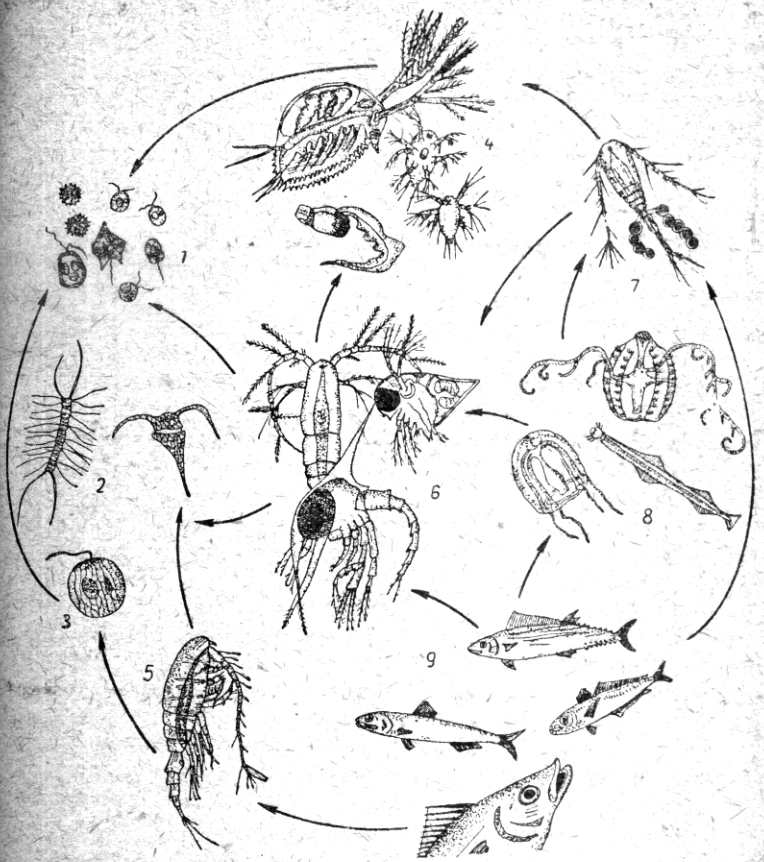


Схема пищевых связей организмов в толще воды Черного моря. 1—9— группы животных.

ную массу животного планктона или зоопланктона. И это естественно: животные, видимо, приспособились питаться той пищей которой больше всего в слоях их обитания. Растительным планктоном питаются также и некоторые животные, обычно предпочитающие жить в более глубоких слоях, где водоросли существовать не могут. Такие животные вынуждены совершать суточные вертикальные миграции в верхние слои моря.

Однако не всегда в море бывает достаточное количество водорослевой пищи, и тогда некоторые растительноядные животные переходят на животную пищу. Такие всеядные животные потребляют ту пищу, которая в данный момент находится в достаточном количестве. У некоторых организмов временная всеядность перешла в постоянную.

Как растительноядные, так и всеядные планктонные животные приспособлены к поеданию пищи определенного размера, то есть мелкие водоросли потребляются одними животными, более крупные — другими и т. д. Таким образом, создается как бы разграничение потребляемой пищи у разных животных.

В планктоне морей и океанов имеются животные-хищники, живущие за счет других, приспособившиеся к ловле и захвату жертвы определенного размера. В верхних слоях моря хищников сравнительно немного. В глубинных водах, где растительные организмы развиться не могут, планктонные животные, не поднимающиеся в верхние слои, питаются только животной пищей. Поэтому в глубоководном планктоне преобладают хищники. В их питании большое значение имеют также мертвые растения и животные, частично падающие из верхних слоев воды. Полуразложившиеся и распавшиеся на части остатки организмов и твердых продуктов их выделений носят название детрита. Частицы детрита являются прекрасной пищей и субстратом для массы живых микроорганизмов. Таких комочков, облепленных мелкими живыми организмами, в толще воды содержится большое количество. По мнению некоторых исследователей, они служат полноценной пищей многим животным.

К разделу «Немного помечтаем». Рисунок Г. Сажина.

Различные группы животных и растений связаны друг с другом на основе пищевых взаимоотношений. Развитие какой-нибудь группы организмов полностью ограничивается развитием другой группы, служащей пищей. Такие пищевые взаимоотношения устанавливаются в каждом водоеме и приобретают достаточно устойчивый характер.

Планктонное население Черного моря, например, занимает сравнительно небольшой слой — от поверхности до 100—150 м. Глубже вода заражена сероводородом и губительна для всего живого. В пределах этого слоя в черноморском планктоне можно насчитать около восьми различных групп организмов, связанных друг с другом пищевыми отношениями: мелкие, в основном жгутиковые, водоросли, изящные кокколитофориды, несущие на своем теле кремниевые палочки, разнообразные крупные водоросли (цепочки диатомовых, с нежными щетинками, рогатые, с плотными панцирями церациумы, плоские, монетообразные косцинодискусы), одноклеточный организм — ночесветка и др. Все вместе они составляют пищу двух последующих групп планктонных животных— растительноядных.

В первую из этих групп входят: ветвистоусый рачок пенилия, фильтрационный аппарат которого образован из 6 пар плавательных ножек (с их помощью пенилия вылавливает из воды мелкие водоросли и другие небольшие съедобные частицы), рачок-паракалянус — представитель многочисленного семейства веслоногих рачков, науплиусы—личинки планктонных рачков, хвостатая асцидия, или ойкоплеура,— одно из распространенных планктонных животных. Асцидия имеет интересный планктоноулавливающий механизм, который создается самим животным. Она выделяет прозрачное эластичное вещество, которое токами воды надувается и образует вокруг животного как бы домик с двумя отверстиями. Через эти отверстия ойкоплеура прогоняет воду. Специальные решеточки отфильтровывают мелкие водоросли, которые затем переправляются в рот. Если ойкоплеуру настигает какая-нибудь опасность, она оставляет домик и через некоторое время отстраивает себе новый.

В другую группу растительноядных животных черноморского планктона входят два вида веслоногих рачков. Это — калянус и псевдокалянус — хорошие мигранты, которые поднимаются в ночное время к поверхности воды. Оба эти рачка прекрасные пловцы и способны в период миграций плыть со скоростью до 9 м в минуту (не нужно забывать, что размеры пловцов не превышают 3 мм). Ночью в верхних слоях моря эти рачки активно питаются водорослями и ноктилюкой, откладывают яйца и успевают «напитаться» так, чтобы энергии хватило на подъем к поверхности в следующую ночь.

Особую группу представляют довольно многочисленные организмы, приспособившиеся питаться и водорослями и животной пищей. К ним относится веслоногий рачок акарция — один из массовых планктонных рачков верхних слоев Черного моря. Он может питаться и водорослями и животной пищей, особенно в период откладки яиц, когда требуется более калорийная пища. Длинными ротовыми конечностями акарция зачерпывает воду в направлении ко рту, постепенно процеживая ее сквозь сеточку мелких тонких щетинок, и, как рыбак неводом, собирает всю добычу к передней части головы. Затем более короткими конечностями захватывает порцию и проталкивает ее в рот.

Смешанной пищей питается ветвистоусый рачок эвадне. Он имеет черный глаз и треугольную выводковую камеру, где вынашивает зародышей. К этой же группе всеядных планктеров можно отнести и многих временных обитателей планктонного сообщества — разнообразных личинок донных животных. Необычайно интересным их представителем является зоеа — одна из стадий развития черноморских креветок и крабов. Эти необычайно прожорливые существа совершенно не похожи на своих живущих у дна родителей, что дало повод первым исследователям считать таких личинок даже самостоятельными животными.

И, наконец, веслоногие рачки — ойтоны и понтелли. Ойтона имеет очень стройное и обтекаемое тело с длинным и сильным хвостом, что несомненно помогает ей быстро двигаться и хорошо

маневрировать в погоне за жертвами. Кстати сказать, эти рачки не гнушаются полакомиться своими сородичами и даже собственными детьми. Явление каннибализма среди хищников в планктонном мире встречается довольно часто. Понтелли — своеобразные копеподы, приспособившиеся существовать в самом верхнем слое моря и переносить условия большой освещенности. Интересно, что понтелли способны, наподобие летучих рыб, выпрыгивать из воды по 2—4 раза подряд, проделывая путь от 5 до 20 см за 1—2 сек., спасаясь таким образом от многочисленных рыб.

Более крупные планктонные хищники также нередки в Черном море. Это — морская стрелка, гребневик и медузы.

Медузы — один из крупных представителей планктонного сообщества. Двигаются они по типу ракеты. Тело студнеобразное, почти прозрачное, сквозь которое просматриваются каналы, где переваривается пища, состоящая в основном из мелкого планктона. В Черном море можно встретить разных медуз. Наиболее распространенный вид медуз — аурелия. Она небольших размеров, с совершенно прозрачным телом и абсолютно безопасна для человека. Медуза корнерот имеет диаметр купола 20—25 см, тело у нее более плотное и упругое, чем у аурелии. Интересно, что висящие вниз от купола выросты (корни) имеют на конце отверстия, через которые пища проходит в пищеварительные каналы животного. При встрече в море с этой медузой ваше любопытство может стоить небольшого ожога и покраснения в месте соприкосновения с ней. Корнерот имеет большое количество стрекательных клеток, которые обжигают тело, как крапива. Тем не менее, ожоги эти не страшны, покраснение быстро проходит и обычно бытующий у нас страх перед этими существами совсем не оправдан. В некоторых случаях ожоги медуз применяются в лечебных целях.

Похожий по форме тела и размерам на крыжовник, гребневик плеуробрахия имеет прозрачное тело, покрытое рядами правильно расположенных гребных пластинок, с помощью которых он передвигается. Орудие для захвата пищи у плеуробрахии необычай-

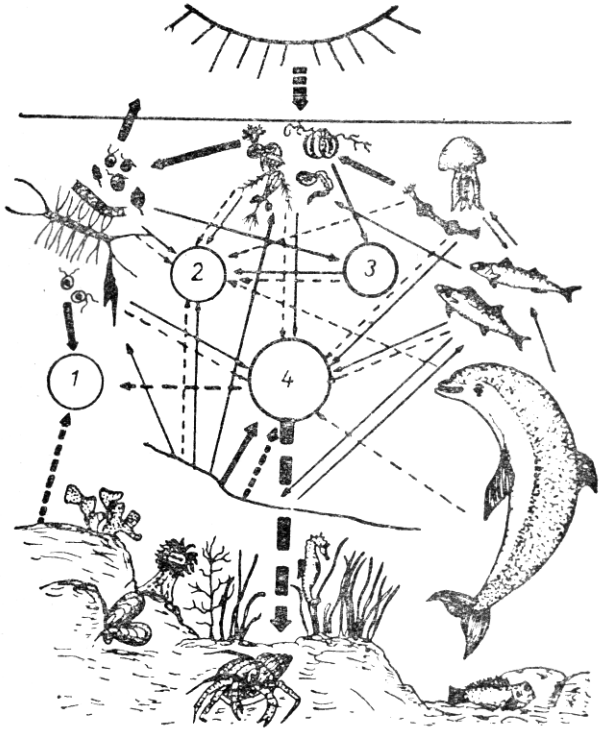
но своеобразно. С двух сторон из небольших «карманчиков» растут два длинных щупальца, которые могут быть в несколько раз длиннее самого животного. Каждое щупальце имеет множество тонких ресничек, покрытых маленькими узелками, способными выделять клейкое вещество при соприкосновении с каким-либо предметом. Натыкаясь на жертву, щупальце выделяет липкую жидкость. Попытки вырваться из плена приводят к тому, что жертва еще сильнее приклеивается и в конце концов затягивается в рот.

Морская стрелка (сагитта) похожа на маленькую стеклянную трубочку, совсем прозрачную. Однако сагитта — одно из наиболее прожорливых морских существ: в сутки она может съесть столько же пищи, сколько весит сама.

Окончательным потребителем-хищником являются рыбы, поскольку в конечном итоге все планктонные организмы служат их пищей.

В каждом море пищевые связи в планктоне имеют свои особые черты. В них участвуют иные виды и группы организмов, связей может быть больше или меньше, но основная линия «растения→растительноядные животные→мелкие хищники→крупные хищники→рыбы» остается постоянной. Изучение таких связей в каждом водоеме имеет первостепенное значение, поскольку нельзя сказать, сколько можно выловить рыбы, какого размера следует ее ловить, в каких районах и на какой глубине производить лов, если не будет известно, как обеспечена рыба пищей.

Круговорот вещества и энергии в водоеме. Одним из важных законов природы, которому подчиняется все живое, является закон сохранения и превращения энергии. Солнечная энергия переходит в энергию органического вещества планктонных водорослей. И дальше, как мы видели, пищевые цепи передают эту энергию от одних животных к другим среди планктона, затем — рыбам и в виде продуктов питания, приготовленных из морских организмов, человеку. Следовательно, солнечная энергия только превращается в водоеме в различные формы, но не исчезает вовсе.



Круговорот вещества и энергии в Черном море: 1 — питательные вещества; 2 — растворенная органика; 3 — бактерии; 4 — детрит. Сплошными стрелками показаны процессы потребления, пунктирными — процессы выделения.

Образование органического вещества в планктонных растениях и у животных идет параллельно с его постоянным разрушением. Одни организмы рождаются, растут, другие, достигнув определенного возраста, гибнут. Этому закону подчиняется на Земле

все живое. В отмершем организме еще сохраняется энергия, накопленная в процессе жизнедеятельности. По закону сохранения энергии она не может исчезнуть бесследно. Иногда приходилось наблюдать гибель какого-нибудь рачка в небольшой чашке под микроскопом. Еще дергаются конечности, слабо и неравномерно сокращается сердце животного, а под панцирем уже хозяйничают вездесущие бактерии и одноклеточные инфузории. Они осуществляют полезное и необходимое дело разложения и минерализации всего отмершего в водоеме. Таким образом, часть энергии, заключенной в мертвых организмах, поступает с пищей к мелким простейшим животным и бактериям. Бактерии способны разложить мертвое тело на простые органические и неорганические соединения, которые затем усваиваются планктонными животными и, главным образом, водорослями. Значит, бактерии замыкают цикл превращения веществ и энергии.

Всякий организм дышит, потребляет пищу, усваивает какую-то ее часть, а какую-то выделяет в виде экскрементов, растет и размножается. В процессе жизнедеятельности организм и накапливает энергию в своем теле и в значительной степени растрачивает ее в окружающую среду.

В настоящее время установлено, что многие, в том числе и планктонные животные при наличии обильного корма поедают его в значительно больших количествах, чем способны усвоить. В таких случаях животное прогоняет через свой кишечник в 2—10 раз больше пищи, чем может перевариться и усвоиться. Значит, бóльшая часть проглоченной пищи выбрасывается в виде экскрементов почти или совсем непереваренной, иногда даже в живом состоянии. Более крупные экскременты падают сразу на дно, мелкие — опускаются медленно и долго еще парят в толще воды.

Во многих случаях экскременты, или так называемый детрит, используют в пищу другие животные — детритояды. При этом детрит претерпевает еще одно энергетическое превращение.

Американский ученый Фокс рассчитал, что в мировом океане содержится около $1{,}5 \cdot 10^{12}$ т органического детрита. По его мне-

нию, из этого колоссального количества в годовой круговорот вовлекается только одна десятая часть.

Часть вещества и энергии, заключающаяся в отмерших животных и растениях, постепенно осаждается на дно морей и океанов. Морское дно — это отнюдь не безжизненная пустыня. О своеобразных и причудливых донных организмах, ползающих, зарывающихся в песок и ил, прикрепляющихся к камням, раковинам и различным подводным сооружениям, можно было бы написать не одну книжку. Сейчас нас интересует только судьба того огромного количества детрита, который в конце концов опускается на дно моря. Оказывается, что бóльшая его часть используется как пища донными животными. Таким образом, созданное растениями органическое вещество, затем потребленное и усвоенное планктонными животными, совершает еще одно энергетическое превращение и становится телом животных, постоянно обитающих на глубине.

Помимо экскрементов, любое живое существо выделяет продукты жизнедеятельности в жидком виде. Эти жидкие выделения тоже содержат какое-то количество органических веществ. Так как растворенное органическое вещество выделяют все организмы, живущие в водоеме, то общее количество его достаточно велико. Мировой океан представляет собой огромную кладовую, в которой хранятся многие тонны детрита и органического вещества. К сожалению, ученые еще не могут сказать определенно, в какой степени это органическое вещество может быть использовано.

Проглоченная пища должна пройти ряд превращений, раньше, чем она сможет быть усвоена организмом. Энергия усвоенной пищи расходуется на движение, дыхание, построение тканей собственного тела и на размножение. В результате процессов роста и размножения образуется новое органическое вещество, которое создает одновременно и запас энергии организма. Часть энергии, растрачиваемой организмом на дыхание, движение или переваривание пищи, не сохраняется в теле, а переходит во внешнюю среду

Ученые подсчитали, что каждое звено общей пищевой цепи в водоеме (водоросли, растительноядные, хищники, рыбы) теряет в среднем одну десятую часть энергии, полученной с пищей.

Таким образом, все живые организмы, населяющие моря и океаны, участвуют в большом и всеобщем процессе превращения энергии в разные формы и передаче ее от одного пищевого звена к другому. В отдельно взятом водоеме или характерном его районе за время существования сложились определенные пищевые взаимоотношения между населяющими этот водоем организмами. На основе этих взаимоотношений, а также приспособленности животных данного водоема к свойственным ему условиям температуры, солености и прочим гидрологическим факторам, возникают предпосылки для создания нового органического вещества.

На стр. 69 схематически изображены пищевые связи растительных и животных организмов в Черном море. Сплошными стрелками обозначено потребление, а пунктирными — выделение. Например, группа рыб потребляет: зоопланктонные организмы, в том числе и крупных хищников, детрит и разнообразных донных животных. За время жизни рыба способна создать растворенные органические вещества и пополнить большую группу детрита. Или, например, животные, живущие на дне Черного моря, потребляют: планктонные водоросли, мелких животных, рыб, детрит и растворенное органическое вещество. Они способны выделить, возвратить в водоем растворенное органическое вещество и мертвую органику — детрит.

Продукция, образуемая каждым из пищевых звеньев, число самих звеньев и организмы в разных морях различны, но везде в Мировом океане необходимым звеном, без которого не могут существовать последующие, являются мельчайшие морские водоросли. Чем больше их в водоеме, тем больше будет произведено органического вещества всех последующих звеньев.

Общее количество органического вещества, которое создается в любом водоеме за какой-то определенный срок, например, год, можно рассматривать как показатель так называемой продуктив-

ности данного водоема. Чем больше продукция планктонных водорослей, тем большей продуктивностью обладает это море, тем больше есть оснований считать, что оно может дать человеку значительные количества промысловых объектов.

Органическое вещество в форме промысловых рыб, крабов и прочих продуктов моря, используемых человеком, также может в какой-то мере считаться показателем продуктивности моря.

свечение моря

Несомненно, наиболее красивым и поражающим проявлением жизнедеятельности планктона является вызываемое им свечение моря, которое часто называют «фосфоресценцией». В настоящее время это название утратило свой смысл и заменяется термином «биолюминесценция».

В пресных водах почти нет светящихся организмов. На суше светящиеся организмы сравнительно редки. В море же свечение широко распространено и встречается среди представителей как бентоса, так и нектона, но особенно часто — среди обитателей планктона. Светятся очень многие представители самых разнообразных групп организмов — от бактерий до рыб.

Способность бактерий светиться была доказана еще в 70-х годах прошлого столетия. Были выделены специальные светящиеся бактерии. Культуры этих бактерий, выращенные на рыбьем бульоне, приготовленном на морской воде, светятся в присутствии кислорода непрерывным светом днями, неделями, даже месяцами.

Светящиеся бактерии, поселяясь на теле живой или мертвой рыбы, могут явиться причиной ее свечения. Некоторые животные, проглотив светящиеся бактерии, легко переносят такую инфекцию, другие же,— «посветившись» какое-то время,— погибают. Иногда животное имеет специальные железы, приспособленные для культуры бактерий. Здесь уже имеет место явление симбиоза или такая форма сожительства, когда оба партнера извлекают из него

выгоду: бактерии — питательную среду, животное — осветительный аппарат.

Очень часто бактерии могут быть выделены из такого аппарата путем пересева на специальную среду. Но в некоторых случаях такой пересев не удается. Очевидно, между бактериями и животными связь сделалась настолько тесной, что заменить им среду на искусственную не так просто.

Дальнейшую ступень развития взаимосвязей между симбионтами имеем в тех случаях, когда определенные железы животного всегда содержат светящиеся бактерии. Симбиоз необязательный (факультативный) превращается в обязательный, то есть облигатный.

Встречаются такие приспособления, как, например, способность регулировать яркость свечения путем изменения просветов сосудов, приносящих кровь с кислородом. Исходя из этого, некоторые исследователи приходят к выводу, что вообще люминесценция животных представляет собою результат симбиоза со светящимися бактериями. Однако нет пока достаточных оснований для такого обобщения.

Из светящихся одноклеточных животных наибольшей известностью пользуется ночесветка (ноктилюка). Ее свет не является непрерывным, а возникает в результате какого-нибудь внешнего раздражения. При этом светится не все животное, а отдельные его участки. Живые ноктилюки имеют бледно-розовую окраску. Временами их бывает так много, что они придают розоватый оттенок цвету воды.

Так же, как ноктилюка, светится целый ряд перидиниевых жгутоносцев. О свечении радиолярий имеется мало данных.

Очень много светящихся медуз как среди низших, так и среди высших. Китайцы называют медуз морскими лунами, а арабы — морскими фонарями. Светятся многие гребневики, в частности так называемый венерин пояс. Интересно, что на солнечном свету и даже при искусственном освещении некоторые животные теряют способность светиться, однако эта способность после нескольких часов пребывания в темноте восстанавливается.

Светятся многие представители ряда семейств кольчатых червей. Среди них имеются живущие в норах и настоящие планктонные формы. Некоторые выделяют светящуюся липкую слизь. У планктонного червя томоптерис на боковых выростах светятся розеткообразные кучки клеток, содержащие светоиспускающие зернышки.

Некоторые черви, вообще живущие на дне, в период размножения переходят к планктонному образу жизни и тогда приобретают способность светиться.

Из ракообразных светятся представители ракушковых, веслоногих, десятиногих рачков, а особенно эуфаузииды. Органы свечения ракообразных могут быть двух типов: 1) скопление клеток, испускающих свет, снабженных отражателем и светопреломляющей линзой; 2) выделение секрета, светящегося при соприкосновении с водой.

Выпрыскиванием такого секрета животное создает вокруг себя своего рода «световую завесу», за которой скрывается от врага.

Из пластинчатожаберных и брюхоногих моллюсков светятся очень немногие. Известна своим ярким свечением и способностью сверлить скалы живущая в Черном море фолада. Из брюхоногих светится плоская, планктонная безраковинная филлирое, которая обитает в Средиземном море и Атлантическом океане. У филлирое свет исходит из маленьких, рассеянных по всему телу, точек, то вспыхивающих, то затухающих. Они представляют собой железистые клетки, расположенные по одиночке или группами.

Головоногие моллюски представляют наибольшее разнообразие способов свечения и светящихся органов: от симбиотического бактериального свечения до сложных органов, снабженных отражателями, светопреломляющими линзами, экранами и светофильтрами различной окраски. Животные, снабженные такого рода органами, могут произвольно тушить и зажигать свет, регулируя не только интенсивность, но и его окраску.

Органы свечения рыб тоже довольно разнообразны, хоть и не в такой степени, как у головоногих. Мы встречаем здесь и органы,

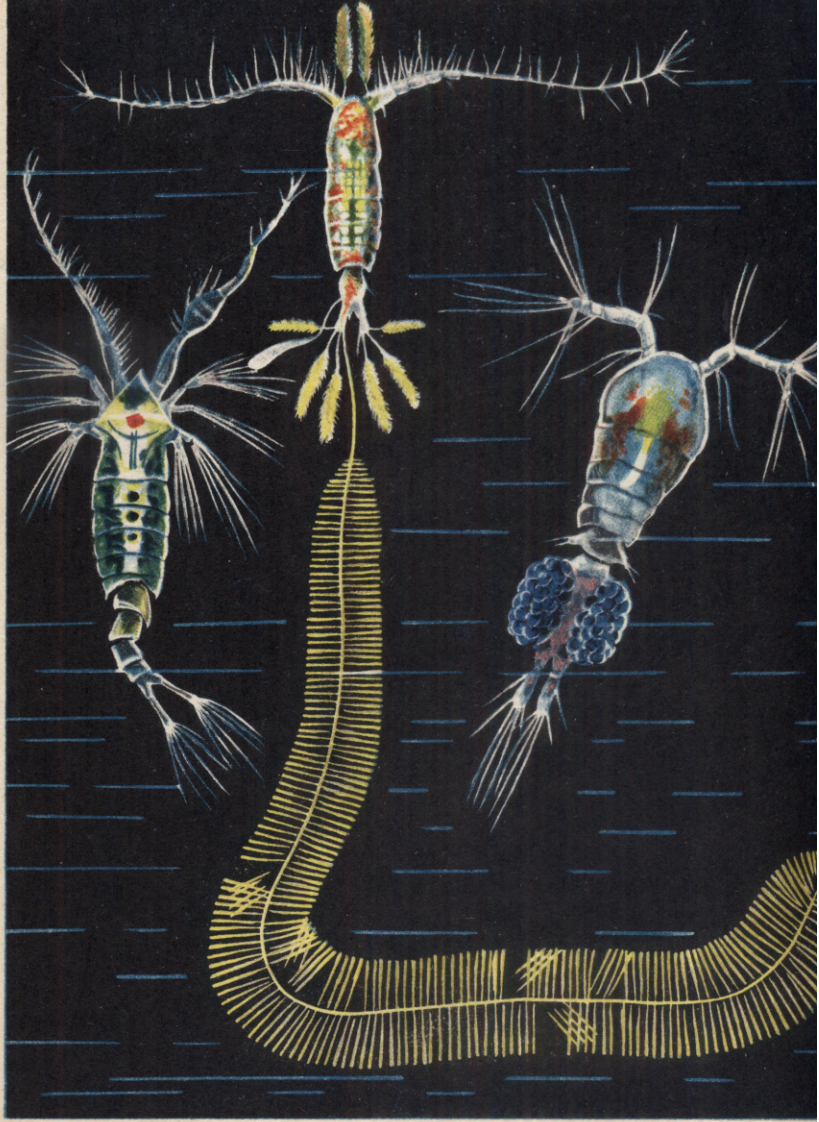
в которых светятся симбиотические бактерии, и железы, выбрасывающие слизь со светящимися бактериями, и чашеобразные скопления излучающих свет клеток, окруженных слоем пигмента, иногда снабженных светопреломляющим телом.

Светящиеся органы могут располагаться на спине, на боках, вокруг глаз, рта, на выростах тела, усиках, щупальцах и пр.

Что касается природы самого процесса свечения, то она еще недостаточно выяснена. Установлено, что свечение не связано с жизнью организма: высушенные и растертые в порошок светящиеся ткани или органы начинают светиться даже через несколько месяцев, если их смочить. Свечение, по-видимому, связано с окислительным процессом, так как при отсутствии свободного кислорода оно не происходит. Из некоторых светящихся животных удалось выделить два вещества — люциферин и люциферазу, которые при смешении светятся в пробирках. Процесс сводится, видимо, к медленному окислению люциферина с одновременным возникновением света. Однако люциферин и люциферазу удается выделять далеко не из всех светящихся организмов. Искусственно воспроизвести реакцию свечения удалось, добавляя пирогаллол с перекисью водорода к свежеотжатому картофельному соку.

Окраска света светящихся организмов весьма разнообразна. У некоторых животных наблюдаются переходы цветов, например у пирозом — из ярко-красного в оранжевый, зеленый и голубой. Иногда у животного органы светятся то одним, то другим цветом. У некоторых головоногих моллюсков одни органы сияют голубым цветом, другие — ультрамариновым, третьи — рубиново-красным.

Лучи света, испускаемые в процессе биолюминесценции, полностью умещаются в видимой части спектра. Иными словами, среди них нет ни ультрафиолетовых, ни инфракрасных — тепловых лучей. Следовательно, биолюминесценция не сопровождается выделением тепла и потому представляет собой наиболее эффективный вид свечения. Обычно в электролампах та или иная часть энергии непродуктивно тратится на ненужное нагревание.



Планктонные рачки. Рисунок Г. Сажина.

Биологическое значение свечения не всегда ясно. Во всяком случае высокая сложность органов свечения говорит о том, что в процессе эволюции они подвергались очень жесткому отбору и, следовательно, имели большое значение в борьбе за существование. У одних животных светящиеся органы, вероятно, освещают прилегающее пространство, помогая избегать препятствий и разыскивать добычу. Можно предположить также, что светящиеся органы, особенно если они расположены около рта, могут привлекать добычу. Малайцы используют светящиеся органы одной рыбки в качестве приманки при рыбной ловле.

Светящиеся органы могут служить для защиты от врага, внезапно ослепляя его яркой вспышкой огня, если при этом выбрасывается еще облако светящейся жидкости — световая завеса.

Определенным образом расположенные светящиеся органы могут служить для распознавания особей того же вида, в частности, самок самцами. Такое предположение основывается на том, что у некоторых животных свечение наблюдается только в брачный период. Наконец, в ряде случаев свечение, возможно, вообще никакого значения не имеет, а просто является побочным продуктом жизнедеятельности.

Форма свечения моря зависит от того, какие организмы светятся в данный момент.

Различают три основных формы свечения. Фоновое, или общее, когда светится ровным немерцающим светом вся вода. Такое свечение дают бактерии. Мерцающее, искровое свечение дают ночесветки, перидинеи, рачки и медузы. При этом мы различаем множество мелких то сверкающих, то затухающих искорок. Сверкание резко усиливается при всяком движении воды, вызываемом всплеском весел, движущимся в воде телом (рыбы, дельфина), прибоем. Вспышковым свечением обладают более крупные животные: медузы, сальпы, пирозомы, головоногие моллюски. Чаще всего наблюдается комбинация двух или трех форм свечения.

Вероятно свечение может иметь место во всех морях. Норвежский исследователь Ф. Нансен наблюдал его в прорубях в Се-

верном Ледовитом океане. По-видимому, все же оно чаще встречается и интенсивнее в тропических и субтропических водах. В умеренных водах наиболее часто и наиболее ярко море светится («горит») в июле, августе и особенно в сентябре.

планктон и рыбное хозяйство

В изучении планктона заинтересованы прежде всего специалисты рыбного хозяйства в связи с тем, что в его состав входят яйца и мальки большинства промысловых рыб, таких как кильки, сардины, шпроты, макрели, султанки, пеламиды, тунцы, камбалы и пр. Таким образом, изучая планктон, мы изучаем самые ранние этапы жизни этих рыб, так сказать всходы того урожая, который впоследствии должна снять рыбная промышленность.

Учет количества икринок и мальков — одна из самых важных предпосылок для прогноза количества рыбы в том году, когда она достигнет промыслового возраста. Изучая распределение икринок в море, мы легко выясняем места икрометания рыб, а следовательно, места массового скопления промысловых рыб, то есть наиболее обильного лова.

Кроме того, все рыбы, населяющие толщу воды, а к ним относятся только что перечисленные рыбы, за исключением камбалы, питаются или непосредственно планктоном, или животными, использующими планктон. Значит, количество рыбы, ее рост, упитанность определяются обилием пищи, то есть в конечном счете количеством и качеством планктона. Планктон — это пастбище рыбы. Только зависимость здесь сложнее, чем в наземных условиях. Скот непосредственно поедает траву, рыба же либо питается планктоном, либо животными, поедающими планктон. Таким образом, если на пастбище зависимость между производителем (травой) и потребителем (скотом) прямая, то между производящей растительной частью планктона и конечным продуктом, потребляе-

мым человеком, вклинивается один или несколько потребителей первого, второго или даже третьего порядка (зоопланктон, мелкая рыба или животные, живущие за счет планктона), которыми уже питается промысловая рыба.

Моря СССР особенно богаты планктоном.

Качество рыбьего мяса также зависит от количества планктона в море. Еще задолго до того, как ученые узнали о существовании планктона, рыбакам было известно, что осенняя рыба обычно жирнее весенней. Вспомним, что мы говорили выше о богатстве планктона летом, и станет ясно, что в осеннюю путину, после сытного лета, рыба должна быть жирнее, чем в весеннюю путину, после самого бедного на пищу сезона.

Сезонные колебания планктона — одна из причин неравномерности роста рыбы, благодаря чему кости ее и чешуя приобретают слоистое строение, сходное со слоистостью древесины. Как по кольцам на распиле дерева можно узнать, сколько ему лет, так и по кольцам на чешуе рыбы можно определить ее возраст.

Кормовая ценность морского планктона близка к кормовой ценности лугового сена. При расчетах, не требующих большой точности, принимают, что рыбе нужно в год пищи в двенадцать раз больше ее веса.

Однако планктон не только кормит рыбу; среди планктеров немало хищников, которые поедают икру и мальков. Таковы гребневики, черви-стрелки, веслоногие рачки, личинки усоногих рачков и др. Только колоссальная плодовитость рыб в какой-то мере компенсирует эту потерю. Чтобы помочь рыбе, ставятся опыты по искусственному выведению мальков и выпуску их в море после того, как они уже немного окрепнут. Так положено начало вмешательству человека в жизнь планктона морей.

Не раз высказывалась идея о целесообразности использования планктона как пищевого или технического сырья, однако практического применения эти высказывания пока не нашли.

немного помечтаем

В наш замечательный век развитие всего нового, необычного, на первый взгляд, идет удивительно быстро, и то, что вчера еще казалось недосягаемым, трудно допустимым даже в мечтах, сегодня становится обыденным, повседневным.

Всего несколько лет назад у всех нас дух захватывало, когда по радио было передано сообщение о первом в истории человечества полета в космос. И вот теперь, несколько лет спустя, мы совсем спокойно пробегаем глазами небольшие заметки в газете о запуске очередного спутника, принимаем как должное планомерное изучение и освоение недавно совсем неведомого и таинственного мира — космического пространства.

1942 год считается годом рождения акваланга — «подводного легкого», создание которого освободило человека от необходимости лихорадочно считать минуты и секунды своего слишком ограниченного пребывания под водой. Создатель первого в мире акваланга — неутомимый исследователь морских тайн, французский ученый Жак Ив Кусто. Он совершил и первое погружение с аквалангом, рассчитанным на глубину 20 метров. Вот как описывает это первое знакомство акваланга с морем один из соратников и друзей Кусто — Джемс Даген. «Вот заскользил вниз, будто космонавт из какого-нибудь фантастического сна. Он был совсем невесом, не ощущал ни выталкивающей силы, ни тяготения. Кусто ликовал, почувствовав себя человекорыбой. Он кувыркался, делал фигуры «высшего пилотажа». Потом лег на спину, словно на огромной перине... Чудесные минуты... И не надо спешить наверх за глотком воздуха. Автомат сопел и булькал, подчиняясь ритму его дыхания; взмывали к солнцу, расширяясь, серебристые пузырьки». Сконструированный аппарат открыл новую эру в науке об океане и положил начало увлекательнейшему спорту. Миллио-

ны людей спустились под воду с аквалангами, убедившись собственными глазами в сказочной красоте подводного царства и осознав возможность широкого применения чудесного аппарата. Человеческая мысль создала за это время такие гидрокосмические корабли, как «ныряющее блюдце», подводные станции Кусто, названные им «Коншельф-1», «Коншельф-2» и «Коншельф-3»,— подводные дома, состоящие из стальных цилиндров, в которых несколько смельчаков работали и жили целый месяц.

А глубоководные корабли-батискафы «ФНРС-3» и «Триест» — фантастическое воплощение в жизнь жюль-верновского «Наутилуса». Батискаф — это аппарат, принципиально похожий на аэростат или дирижабль, предназначенный для плавания под водой. Баллон батискафа наполняется бензином, а гондола обладает герметичностью и большой прочностью, чтобы выдержать огромное давление на глубине. Такой аппарат должен обладать автономным управлением, достаточным объемом для размещения лабораторий и нескольких научных сотрудников и быть достаточно маневренным, то есть совершать несколько погружений в течение суток. К сожалению, нужно признать, что все эти качества пока еще не достигнуты в современных батискафах. В частности, для каждого погружения должно тратиться огромное количество балласта и бензина. Для «Триеста», например, на один километр погружения расходуется одна тонна твердого балласта. Поэтому пока такая подводная лаборатория не может достаточно часто совершать погружения на большие глубины.

Освоение подводной целины с каждым годом продолжается все интенсивнее. Совершенствуется подводная техника, связанная с плаванием в акваланге, конструируются и создаются новые совершенные гидрокосмические корабли различного радиуса действия.

Расширяется с каждым годом и сфера применения всех подводных сооружений для науки и в практических целях. Это разведка и добыча промысловых морских организмов, полезных иско-

паемых — нефти и разных конкреций редких металлов, образующихся на дне моря в огромных количествах. Благодаря аквалангу намного расширилось поле деятельности различных водолазных работ. Да мало ли еще неоткрытых тайн хранит в себе океанская пучина, познание которой может найти совершенно неожиданное применение.

Заставить океан служить человеку — такова задача недалекого будущего!

• • •

2000-й год... Вот мы, наконец, добрались до туристской станции. Над гостеприимно распахнутой дверью сверкающего белизной и стеклом здания написано: «Океан». В нашей группе все новички, еще никому не приходилось отправляться в путешествие по морскому дну, несмотря на то что освоение гидрокосмоса уже давно перестало быть сенсацией.

На следующий день, вооружившись подводными фотоаппаратами и пистолетами, небольшими рюкзаками со всем необходимым в дороге, и, конечно, легкими аквалангами, мы отправились по направлению к первой на нашем пути межокеанской подводной станции. Спустившись на глубину 3 метра, мы надели легкие мягкие ласты и заскользили над непроходимой, на первый взгляд, чащей водорослей.

Остановка. Сворачиваем в сторону и тихо опускаемся на дно, чтобы поближе познакомиться с жизнью своеобразного сообщества морской травы — зостеры. Это морское растение и впрямь очень похоже на обычную для нас там, на суше, траву. В зарослях зостеры — своя, непохожая на окружающую, жизнь: деловито снуют в разные стороны почти прозрачные креветки, устрашающе двигая выдвинутыми вперед глазами и шевеля длинными тонкими усиками-антеннами. Эти трогательные животные — блюстители чистоты: трупики всех отмерших животных мгновенно ими поедаются. Вот мелькнула небольшая стайка маленьких разноцветных рыбок, а одна любопытная решила посмотреть на пришельцев и вни-

мательно уставилась на нас своими большими глазами. Рыбы здесь не боятся человека. А вот и экзотические, так похожие на шахматные фигурки, морские коньки. Своим тонким хвостом они прикрепились к листикам зостеры и торчат в воде почти неподвижно. Рядом раскачиваются листья морской травы, да нет, это что-то живое, с тонкими плавниками и узкой длинной головой. Это рыба-игла так удачно имитирует своим телом стебли морской травы.

И вдруг спокойствие зостерных жителей нарушается: над головой проносится что-то длинное и большое. Оказывается, недалеко от нашего привала располагаются питомники морских креветок, выращиваемых в колоссальных количествах и в живом виде транспортируемых наверх в сетчатых вагончиках. Там, на суше, вареное мясо креветок ценится очень высоко.

Продолжаем путь. Под нами — куда ни глянь — все покрыто разнообразными зелеными водорослями. Постепенно яркие, изумрудного цвета растения, похожие на оборки дамского платья, уступают место высоким зарослям бурых водорослей. Стало заметно темней.

А под нами жизнь идет своим чередом. Снуют взад и вперед, видимо в поисках пищи, небольшие рыбки. Изредка взметнется вверх, как тень, плоское тело морского ската с длинным шипообразным хвостом: лучше с ним не встречаться, шип ядовитый, и многим рыбам скаты наносят смертельные раны.

Если приглядеться, увидишь маленьких и больших крабов, быстро перебегающих боком от одного заросшего водорослями камня к другому. Овальное, покрытое твердым хитиновым панцирем тело краба как бы парит на длинных и тонких ножках, а большие палочковидные глаза внимательно смотрят по сторонам в поисках добычи. А рядом, словно фантастический цветок, распустила свои щупальца морская анемона — актиния, стараясь привлечь внимание какой-нибудь неосторожной рыбки. Как только жертва коснется ее нежного на вид венчика, она будет со всех сторон облеплена клейкими и прочными щупальцами, незамедли-

тельно отправляющими добычу в рот. Но что это? Рыбка ведь была поймана актинией и вдруг — резкий бросок, борьба и жертва уже в крепких лапках морского краба.

Неожиданно над нами что-то забелело, и вдоль берега, на сколько видел глаз, тянулась белая полоса — огромные плантации устриц — съедобного моллюска. Дальше за устричными «банками» чернели большие квадраты — целые «поля» двустворчатого моллюска — мидии.

Необыкновенно приятно было чувствовать, что и необъятные просторы морского дна подвластны человеку.

Наш путь шел глубже и глубже. Вскоре все вокруг стало приобретать красноватый оттенок, и донная растительность из бурой стала красной. На большой глубине, куда совсем мало проникает солнечного света, могут жить только красные водоросли.

И вот последний привал перед межокеанской станцией, которая должна снарядить нас для далекого глубинного путешествия в Подводный институт.

Сегодня мы будем знакомиться с работой одного из огромных комбинатов по переработке водорослей, раскинувшегося на несколько миль под водой. У входа нас приветливо встречает экскурсовод. Мы узнаем, что сам комбинат плавучий, находится на поверхности, а под водой на больших водорослевых полях работают водяные ро́боты, контролируемые всего двумя инженерами. Производительность этих «рабочих» очень высока, сделаны они из нержавеющего, довольно дешевого сплава, поэтому себестоимость добываемых ими водорослей невелика. Это имеет большое значение, поскольку продукция комбината обходится потребителю дешево и имеет огромный спрос.

Все морские водоросли обладают неоценимым свойством накапливать в тканях редкие, необходимые для жизни человека, вещества и металлы. Поэтому продукты из водорослей не только вкусны, но и полезны. Бурые водоросли, например, ламинарии (морская капуста), содержат в 30 тысяч раз больше иода, чем обнаружено в окружающей воде, меди — в 300, а фосфора —

в 500 раз. Водоросли богаты различными витаминами: А, С, B_1, B_{12}, D. Недаром из водорослей готовят и хлеб, и печенье, и вафли, и конфеты. Даже приготовление мороженого и шоколада без них не обходится. А как вкусны и питательны салаты из водорослей! Продукция консервного и кулинарного цехов комбината довольно успешно конкурирует с изделиями соседней пищевой фабрики, сырьем для которой служат многочисленные съедобные беспозвоночные животные.

Бесперебойно работает химический цех, там добывают из водорослей вещества, закрепляющие краску для текстильной промышленности, агар-агар — вещество, необходимое кондитерам, фармацевтам и микробиологам, поливитамины и различные лекарственные препараты.

И, наконец, хозяйственный цех, приготавливающий превосходный корм для наземных домашних животных. Здесь же вырабатывается особый порошок, который обладает чудесным свойством улучшать рост и ускорять цветение многих овощных и бахчевых культур. Незаменим этот порошок и для поддержания плантаций самого водорослевого комбината: с его помощью скорость роста водорослей на подводных полях увеличивается в 3—5 раз.

Мы с неохотой распрощались с увлеченным экскурсоводом, но нужно было спешить — все изрядно проголодались, да неплохо было бы пополнить наш запас баллончиков со смесью газов для дыхания. Все это можно было сделать в гостеприимных комнатах станции.

Теперь мы плыли почти в полной темноте, ориентиром служили сумеречно мерцающие «живые» фонари — овальные сосуды со светящимися бактериями, расставленные вдоль дороги. Здесь кончалось царство подводных растений и начиналась безбрежная океанская пучина — господство разных фантастических животных. Беспрестанно стали попадаться крошечные планктонные организмы, искрящиеся бледно-зеленым и лиловым светом при нашем приближении. Этот холодный мерцающий свет планктона еще больше усугублял впечатление, что мы вступаем в какую-то неве-

домую, сказочную страну, населенную малоизвестными существами. И вот, когда мы порядком утомились, впереди, как маяк, засверкало светло-зеленое зарево. Мы добрались до межокеанской станции — первой нашей большой остановки, где можно спокойно отдохнуть, поесть и хорошенько выспаться.

Пройдя три или четыре прозрачных, герметично закрывающихся камеры и сняв в последней из них свое снаряжение, мы вошли в просторный вестибюль и с удовольствием, дыша полной грудью, расположились в мягких креслах. Отсутствие тренировки все-таки дает себя знать! Но пора и за стол. В просторной столовой «Нептун» нам любезно предложили большой список блюд. Были там и обычные для землян бифштексы с картошкой, и кисели, но мы ведь находились на глубине 100 метров и стойко решили, что должны испробовать блюда, какие может предложить человеку щедрый и богатый батюшка-океан.

На закуску мы выбрали свежий салат из зеленых водорослей, икру морских ежей и паштет из планктонных копепод под майонезом. С опаской приступали мы к трапезе, несмотря на усилившийся от присутствия пищи голод. Но страхи были напрасны. Салат, как салат, икра, как икра, и по вкусу напоминает паюсную; паштет был похож на рыбный и вполне съедобный. Первое блюдо мы долго выбирали, подумать только: 12 наименований. Разнообразная уха, щи и борщ из продуктов водорослевых плантаций, бульоны с фрикадельками из морских гребешков. Мы решили попробовать суп из мидий. И не ошиблись.

Попробовали рагу из кальмаров и жареные пектены с водорослевым гарниром. Ничем не хуже бифштекса! Сладкие блюда были приготовлены также в основном из морских продуктов. Запивали водой. Оказалось, что ее добывают тоже здесь с помощью новейших опреснителей.

Прекрасно отдохнув, на следующий день мы стали собираться в далекое путешествие. Нам предстояло спуститься еще глубже, в темные и таинственные дебри океана, познакомиться с его фан-

тастическими обитателями и всем тем, чего могли достичь человеческий разум и современная техника.

Нас снарядили автоматически действующими торпедообразными аппаратами, которые должны были намного увеличить скорость нашего продвижения вперед и полностью освободить ноги от постоянной работы ластами. В передней части аппарата помещалось несколько сильных ламп, освещавших треугольник на расстоянии 10 метров. Каждому были розданы светящиеся карты района морского дна, где предстояло нам путешествовать, так что уже никто не боялся «заблудиться» и отстать от группы.

Мы плывем уже часа полтора, вокруг нас все, что выходит за пределы освещаемого лампами треугольника, покрыто мраком. Иногда свет выхватывает из этого мрака каких-то причудливых животных, которые испуганно-удивленно смотрят на вторгшихся в их владения двухвостые существа. Торпеды несут нас так быстро, что мы не успеваем даже разглядеть их как следует. Первая остановка — у давно затонувшего корабля. Прежде всего — это островок света, менее яркого, чем в нашем аппарате, но достаточного для проведения всех сложных спасательных работ. Работает человек десять. Невдалеке разбит временный лагерь из нескольких довольно уютных квадратных «домиков» с автономной системой спуска и подъема к поверхности. На одном из них какое-то сооружение типа локаторной установки. С помощью такой надстройки группа определяет расположение затонувшего корабля, расстояние до него, размеры и прочие данные.

Такой «кочующий лагерь» проводит под водой подчас несколько месяцев, пока удастся заставить затонувший корабль всплыть на поверхность. Тяжелый, но благодарный труд!

Подводники встретили нас радушно, дали возможность отдохнуть в одном из домиков. После обеда мы должны познакомиться с подводной промышленностью. Где-то недалеко расположен «Воднорудный комбинат» — огромное сооружение, перерабатывающее железную и марганцевую руду, добываемую мощными насосами с глубин до 3 тысяч метров. Подводная руда содержится

в так называемых железо-марганцевых конкрециях; количество их на морском дне очень велико. По подсчетам американского ученого Д. Маро, общие запасы конкреций составляют 57 биллионов тонн.

Эти конкреции содержат, по сравнению с породами суши, значительно большее количество ценных металлов. Ценнейшего на Земле металла — кобальта в морских конкрециях во много раз больше. Запасы его на суше определяются в 1 миллион тонн, тогда как под водой —2 миллиарда тонн. Также богаты конкреции и другими редкими элементами. Поэтому добыча их под водой поставлена так широко.

Теперь скорей, к предмету мечтаний многих, спускающихся в морскую пучину,— к подводному океанарию. Слава о его прекрасном оснащении и восторженные рассказы очевидцев о редкой коллекции животных, его населяющих, заставили многих предпринять столь длительное и нелегкое путешествие. И вот мы у цели.

Клетки-аквариумы из какого-то тонкого полупрозрачного материала пронизаны многочисленными отверстиями, так что вода в них свободно циркулирует. Их размеры достаточно велики, во всяком случае в сотни раз превышают размеры помещенных в них животных. Ведь все морские организмы, особенно плавающие,— любители свободы и простора. В малых аквариумах, ограничивающих движение, они довольно скоро погибают. Здесь же — все, как на воле: такой же грунт, те же соседи, такой же корм. Для любителей тепла — огромные специальные обогреватели, они нагревают воду до нужной температуры. Хорошо себя чувствуют и обитатели холодных морей — особые аппараты могут охладить воду до любой постоянной температуры. За соблюдением всех необходимых условий в данном аквариуме постоянно следит особое регистрирующее устройство.

Какое разнообразие морских животных! Необыкновенным многообразием форм и окрасок поражают представители южных морей. Как нежны кишечнополостные животные — сифонофоры, напоминающие гирлянду крупных цветов. На самом деле эти

животные — жильцы одного дома; причем, каждый «цветочек» приспособился выполнять в этом доме особую, отличную от прочих, функцию. Одни ловят добычу, другие ее переваривают, третьи защищают все сообщество от внешних нападений, четвертые заняты только «воспитанием» молодого поколения.

Рядом — бесчисленные по разнообразию форм и размеров моллюски. Эти организмы в защитных целях прячут свое мягкое тело в прочную, чаще всего известковую, раковину. Раковина может быть двустворчатой, как у мидий или пектена, либо спиральнозавернутой, как у рапаны.

И потрудилась же Природа, выдумывая бесконечные оттенки формы и разные украшения раковин этим животным!

А вот красавица морей — огромная тридакна. Длина тела этого моллюска может достигать трех метров. Но мы предпочитали любоваться ею издалека: попадись этой красавице в щель между створками раковины — и можно прощаться с жизнью.

Совсем не похожи на своих сородичей моллюсков безраковинные, длиннорукие кальмары, всевозможные каракатицы, спруты и осьминоги. Как приятно сознавать, что между ними и тобой вполне надежная стенка, способная защитить от внезапного нападения.

А что это за оранжерея? Какие-то причудливые цветы — лилии на длинных стебельках. Это и впрямь «лилии», только относящиеся к типу очень своеобразных и высокоорганизованных морских животных — иглокожих. К этому типу принадлежат также и морские звезды, медленно передвигающие свое колючее звездообразное тело по морскому дну, и морские ежи, икру которых мы с таким аппетитом ели, и толстые, мясистые голотурии, прозванные за продолговатую форму тела морскими огурцами.

Больше всего собрано здесь разных представителей рыбьего царства. Каких только рыб тут не было. От длинных и плоских морских угрей до совершенно круглых — кубышки и луна-рыбы. От колоссальных и страшных акул до малюсеньких и абсолютно безопасных светящихся анчоусов. Большинство рыб было нам нез-

накомо, и все были поражены таким их многообразием. Оказывается, в море ученые насчитывают до 16 тысяч видов различных рыб.

Очень быстро пролетело время нашего пребывания в подводном мире. Нам предстояло на следующий день возвращаться обратно с массой восторженных впечатлений о покоренном царстве Нептуна и с чувством законной гордости за разум и руки Человека, способного заставить служить себе огромные морские пространства.

Море считают колыбелью жизни, именно в море зародились первые существа, способные двигаться, дышать и размножаться. Постепенно жизнь вышла на сушу, завоевала землю и воздух. Теперь же мы являемся свидетелями вторичного освоения морских просторов существами, способными мыслить и созидать. Жизнь возвратилась в свою колыбель спустя много миллионов лет, но возвратилась активной, деятельной, способной сама творить.

* * *

Авторы просят прощения, что отвлеклись от строгой темы и вовлекли читателя в путешествие.

Мы искренне верим, что коснулись лишь небольшой части того, что мог бы извлечь человек из огромной неосвоенной целины — Океана. Недалеко то время, когда рациональное морское хозяйство сможет принести человечеству несметные богатства и увеличить его благосостояние.

Это тем более важно сейчас, когда ежегодно население Земли увеличивается на 90 миллионов, когда по подсчетам социологов к 2040 году население земного шара будет составлять около 10 миллиардов человек! Поэтому для обеспечения такого огромного населения потребуются новые источники снабжения.

Только Океан даст человечеству возможность прокормить такое население, увеличить добычу полезных ископаемых, снабдить пресной водой и дешевой энергией.

СОДЕРЖАНИЕ

Что такое планктон
3

Особенности жизни планктона
5

Кто и как живет в толще воды
8

Существуют ли водоемы без жизни
29

Распределение планктона от поверхности до дна
35

Вода как среда обитания
48

Солнце и жизнь планктонных организмов
54

Планктон и продуктивность водоемов
59

Свечение моря
73

Планктон и рыбное хозяйство
78

Немного помечтаем
80

Печатается по постановлению
Редакционной коллегии
научно-популярной литературы
Академии наук Украинской ССР

Мина Айзиковна Долгопольская
Елизавета Викторовна Павлова

МОРСКИЕ НЕВИДИМКИ

Редактор
П. В. Швец.

Художественный редактор
В. П. Кузь.

Оформление художника
А. В. Марченко.

Рисунки
Г. В. Сажина.

Технический редактор
И. Р. Ойхман.

Корректор
Н. М. Осьмуха.

БФ 33045. Зак. № 252. Изд. № 7. Тираж 51 000. Бумага № 1, 70×108 1/32. Печ. физ. листов 2,875+2 вкл. Усл.-печ. листов 4,375. Уч.-изд. листов 4,02. Подписано к печати 22/XI-1968 г. Цена 17 коп.

Издательство «Наукова думка», Киев, Репина, 3.
Киевская книжная типография № 5 Комитета по печати при Совете Министров УССР, Киев, Репина, 4.