

77-52

ОБЩЕДОСТУПНАЯ БИБЛИОТЕКА

№ 13

ДЖ. МЕРРЕЙ

ОКЕАН

ОБЩИЙ ОЧЕРК
НАУКИ О МОРЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

Б115602

9

41

115602

26.2
557.4
M-52

ДЖ. МЕРРЕЙ

ОКЕАН

ОБЩИЙ ОЧЕРК НАУКИ О МОРЕ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С ПРЕДИСЛОВИЕМ
ПРОФ. Н. Г. ЛИГНАУ

Июль 1936 г. № 1/5002

1944 г.

АРХИВ

УЧЕБНО-НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
ИМЕНИ
Г. ВЕРДИНСКОГО
Свердловск

КНИГОХРАНИЛИЩЕ
ОБЛ. БИБЛИОТЕКИ
г. СВЕРДЛОВСК



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

1923

557.46

Л. К. МЕРСЕР

ОКЕАН

ОБЩИННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ОКЕАН»
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С. ПЕРЕКЛАДОМ
ПРОФ. Н. Т. ВЕНГЛА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ОКЕАН»
ОДЕССА



ОДЕССА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ОКЕАН»
1950

ОДЕССА

Р. О. П. № 1100. Зак. № 1161. 5000 экз. 3-я Гости-
пография им. г. Троицкого. Одесса, ул. Ленина, 49.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	СТР.
Предисловие	V
Глава I. Исторические сведения; методы и приборы глубоководных исследований	1
Глава II. Глубина океана	11
Глава III. Воды океана: соленость, газы	24
Глава IV. Воды океана: температура	38
Глава V. Воды океана: сжимаемость, давление, цвет, вязкость, прозрачность, приливы, волны, сейши	55
Глава VI. Океаническая циркуляция	68
Глава VII. Жизнь в океане: растения	79
Глава VIII. Жизнь в океане: животные	94
Глава IX. Морские отложения	116
Глава X. Геосферы	135
Объяснение терминов	146
Объяснение таблиц	150
Таблицы	153

ПРЕДИСЛОВИЕ

Джон Мёррей принадлежит к числу самых выдающихся натуралистов нашей эпохи. К крупнейшим завоеваниям науки за последнее 50-летие, несомненно, относится всестороннее исследование океана, этого грандиозного и по своей природе сложнейшего образования, столь важного в практической жизни и всегда привлекательного для человеческого ума. Среди длинного ряда научных тружеников, которые приобрели имя своими работами в этой области, названный английский ученый занимает центральное место и является едва ли не наиболее заслуженным¹.

Участник славного плавания «Чалленджера», он с момента организации этой экспедиции (1872—1876 гг.) до своей смерти (16-го марта 1914 года) был неизменно и непрерывно исследователем океана. Литературной и научной обработке материалов экспедиции он отдал около 23 лет своей жизни, будучи руководителем и редактором всей огромной серии трудов экспедиции, а также автором нескольких томов из этой серии. В трудах Мёррея мы находим сводку и фундаментальную обработку всего материала по донным отложениям мирового океана вместе с очерком результатов экспедиции и историческим обзором океанографии. В 1910 г. он принял участие в экспедиции на норвежском судне «Михаил Сарс», имевшей целью исследование северной части Атлантического океана. Мёррею принадлежит и инициатива этой экспедиции, и план ее.

Экспедиции «Чалленджера» и «Михаила Сарса»—два пограничных момента научной деятельности Мёррея; они указывают длительность ее, неизменный характер специальности и неуывающую энергию этого неутомимого и в редкой степени предприимчивого исследователя. Длинный ряд научных предприятий, ответственных и почетных поручений, не говоря о числе лично

¹ Наиболее полный очерк научной деятельности Дж. Мёррея дал акад. М. Рыкачев в Известиях Академии Наук, сер. VI, 1914 г., вып. 8.

произведенных и опубликованных за этот, приблизительно сорокалетний, период ученых трудов, осуществлены и выполнены Мёрреем все в той же области изучения водной стихии,—преимущественно океана, но также и пресных озер¹.

За этот долгий период времени Мёррей являлся так или иначе участником всей океанографической жизни и, конечно, в последние десятилетия должен быть признан главой в этой области.

Имя Мёррея более всего связывают с изучением дна океанов. Этот большой вопрос нашел в Мёррее первого и наиболее удачного исследователя, и уже тут мы видим, как тонко понимал свою задачу Мёррей, как широко и проницательно взглянул он на сложную связь всех сил и условий, которыми сопровождается образование той огромной пелены, что разостлалась на три четверти поверхности нашей планеты и под защитной толщей воды хранит в себе неизменно следы всего существования ее. Донные отложения океана оказались продуктом сложнейших процессов в самом океане и показали, что океан, подобно живому организму, представляет собой бесконечную сложность связей и взаимодействий разных сил и элементов. Так Мёррей понимает и так же рисует нам этот великий феномен природы, в его целом, и как раз в маленькой книжке, предназначенной для массового читателя, эта характерная особенность трактуемого сюжета выступает с полной определенностью. Книжка написана мастерски: легко и кратко автор дает всестороннее определение природы океана и его наиболее характерных частей (Средиземное море, Черное море); но методически набрасывая, постатейно, картину океана, сообщив массу специальных фактов, Мёррей, с одной стороны, придает этим фактам,—не сухой характер утомляющего перечня или высокопарно-поэтического, деланно-восторженного изображения, но, сплошь и рядом, просто показывает нам подлинный океан, и кажется, будто мы видим его с палубы судна, сначала не все понимая в нем, а затем постепенно проникаем в суть его природы. Изобразив всесторонне эту водную стихию, автор, в заключение, связывает это образование со всей историей нашей планеты, так же как и част-

¹ Озера Шотландии детально им исследованы, а в последние годы жизни он проектировал изучение озер Канады.

ные черты океана всегда приводит в соотношение с теми или иными основными проблемами мироведения. Таким образом мы постоянно знаем, что речь ведет великий знаток и мастер своего дела,—и в манере излагать, и, еще более, в продуманности, в глубоком понимании всего предмета читатель ясно слышит силу большого опыта и знания.

Заметную особенность книжки составляет значительно выраженная субъективность автора: в большом числе вопросов излагается или преобладает его личная точка зрения. Но это в данном случае мы не можем признать недостатком труда: слишком велика роль автора в трактуемой области, чтобы, при всей сдержанности, он мог устранить себя, а с другой стороны, эти многочисленные личные суждения уже приобрели, в той или иной мере, широкое признание, и таким образом нам остается только приветствовать, как раз эту возможность познакомиться, в довольно полной сводке, с богатством и глубиной идей этого «первого океановеда¹».

Русская литература очень небогата книгами о море, и поэтому предлагаемое сочинение явится полезной и очень интересной книжкой. К тому же автор ввел сюда данные новейших исследований, которые еще не получили места в русских учебниках и справочниках; мы находим здесь, все наиболее существенное из трудов экспедиции «Михаила Сарса», причем Мёррей в своем изложении очень близко придерживается тех очерков, которые даны в книге: «The Depths of the Ocean», представляющей обработку результатов этой экспедиции, выполненную совместно автором и другими выдающимися специалистами по морю.

Имея в виду, главным образом, популяризацию, мы сочли уместным дать ряд разъяснений (в форме редакторских примечаний) преимущественно тех терминов и вопросов, которые автор оставляет неразъясненными, считая их общеизвестными, так же как дополнили несколько сведения, касающиеся наших морей, главным образом Черного и Каспийского. Давая свои примечания, мы однако в этом отношении, так же как и в отношении перевода, считали нужным сохранить в издаваемой книжке, в наибольшей мере, индивидуальность автора.

Ник. Лигнау

¹ Акад. Рыкачев, I. с.

ГЛАВА I

Исторические сведения; методы и приборы глубоководных исследований

Исторические сведения. Многие явления, происходящие на поверхности моря, возбуждали ужас в первобытном человеке, и поэты воспевали хвалу тому герою, который впервые построил выдолбленный из древесного ствола челнок и таким образом положил начало судостроению и плаванию в открытом море.

Древние греки на деле были знакомы только с замкнутым Средиземным морем, которое называлось у них Таласса, но им было кое-что известно и о том, что они называли великой рекой Океаном по ту сторону Геркулесовых столпов, а также об Аравийском заливе, который у них назывался Эритрейским морем. Их сведения об этом великом внешнем океане были получены, говорят, от финикиян. Передают, что один из древних египетских фараонов, Нехо, повелел своим финикийским мореходам плыть вдоль восточного берега Африки и вернуться в Средиземное море через Атлантический океан. Было ли завершено это путешествие или нет, во всяком случае финикияне дошли до южного полушария, так как, по их донесению, в самой южной точке их пути солнце было у них с правой стороны; едва ли можно было придумать это утверждение, конечно, верное, если они обогнули Африку.

Великим событием в истории океанографии и мира был выход в Атлантический океан, в четвертом столетии до Р. Х., грека Пифея с его кораблями, дошедшими до берегов Великобритании. Таким же великим событием было открытие Гиппалом, приблизительно в первом столетии до Р. Х., муссонных ветров Индийского океана, так как после этого моряки могли отказаться от плавания вдоль берега и стали совершать шестимесячные путешествия к берегам Индии через открытый океан.

Тридцатилетие между 1492 и 1522 годами останется навеки памятным великими успехами в нашем познании поверхности земли. В это время Колумб пересек Атлантический океан до Америки, Да-Гама обогнул мыс Доброй Надежды и достиг Индии, а оставшиеся в живых из экспедиции Магеллана на одном из его кораблей совершили первое кругосветное плавание. К картам известного мира было почти сразу прибавлено целое полушарие.

Интересно заметить, что Магеллан, пересекая в 1521 году Тихий океан, попытался измерить глубину открытого моря. Его короткий лот не достиг дна и он простодушно вывел из этого, что открыл самую глубокую часть океана.

Ранние путешествия в XVI и XVII столетиях значительно увеличили сведения о размерах поверхности различных океанов, о их течениях, приливах, ветрах, температуре и солености. Настоящие измерения больших глубин были сделаны капитаном Куком во второй половине XVIII века, капитаном Фиппсом в Северном Ледовитом океане в 1773 г., сэром Джоном Россом в том же океане в 1818 г. и сэром Джемсом Кларком Россом в Южном Ледовитом океане в 1840 г., причем все эти измерения, за исключением сделанных в самых глубоких местах, были довольно точны.

Идея проложения электрического кабеля между Европой и Америкой дала большой толчок океанографическим исследованиям и повела к большому усовершенствованию приборов для измерения больших глубин. Около 1850 года Брук ввел метод отрывания тяжелого груза, которым пользовались при выпуске лотлиня¹ и трубки; ударяясь о дно, этот груз оставался там, а трубка с образцом донного отложения вытягивалась на поверхность. С этого времени измерения больших глубин стали делаться гораздо чаще и точнее.

Около 1840 года Эдуард Форбс, в результате своих исследований в Эгейском море, пришел к заключению, что и растения, и животные в океане перестают существовать ниже известной глубины, причем начало растительной жизни лежит на меньшей глубине, чем начало животной. Животная жизнь, по его мнению, начинается на глубине около 300 мор-

¹ Лить — веревка, на которой опускается прибор.

ских сажен, или фатомов¹, и эти взгляды в очень широкой степени были приложены натуралистами ко всему океану. Исследования, произведенные позднее Михаилом Сарсом, Вайвиллем Томсоном, В. Б. Карпентером и другими на атлантических берегах Европы доказали, однако, существование животной жизни на глубине двух или трех километров.

Эти и другие подобные исследования привели в 1872 году к снаряжению британским правительством большой экспедиции «Чалленджера» со специальной целью исследовать физические и биологические свойства великих океанических водоемов. На борту «Чалленджера» находился целый штат ученых, которые во время его кругосветного плавания, длившегося три с половиной года, производили постоянные наблюдения над глубиной, температурой, соленостью, течениями, животной и растительной жизнью и донными отложениями на всех глубинах великих океанов. Результаты этой экспедиции были опубликованы британским правительством в пятидесяти томах большого формата, ставших исходной точкой для всех последующих глубоководных исследований и заложивших широкие общие основы современной науки океанографии².

¹ Морская сажень или фатом = 6 фут. = 1,82 метра = 0,857 обыкновенной сажени. Ниже под словом сажень всегда будет пониматься эта морская сажень.

Прим. ред.

² Науку, занимающуюся изучением океана, называли также «талассографией», особенно в Соединенных Штатах. Однако, термин «океанография», повидимому, возьмет перевес. Греки употребляли слово «таласса», повидимому, почти исключительно для Средиземного моря, тогда как почти мифический «океан» древних соответствует океанским бассейнам современной географии. Мне казалось не так давно, что слово «океанография» было введено мною самим около 1880 года, но в английском словаре Мёррея я нахожу, что слово «océanographie» употреблялось во французском языке в 1584 году, но затем исчезло.

Слова «океанография» и «океанология» не представляют собою каких-нибудь странных словообразований; наоборот, это совершенно правильные образования, по аналогии с географией, топографией и теологией, демонологией, антропологией, зоологией. Греческий словарь знает слово «талассографос», но не «океанографос». Впрочем, останавливаться на этом было бы простым педантизмом, так как даже теперь мы говорим не об Атлантическом и Тихом морях, но об океанах, носящих эти имена. Сутерланд Блок говорит: «под талассографией греческий словарь главным образом подразумевает описание Средиземного моря. Очень близорукий педант мог бы возбудить некоторые сомнения

За последние три-четыре десятилетия почти все цивилизованные нации посылали экспедиции для глубоководных исследований, а с начала нынешнего века научное исследование Немецкого и Норвежского морей перешло в руки особой Международной Комиссии. Кроме того, во многих частях света были устроены морские лаборатории для производства систематических исследований океана и его обитателей. В результате, все методы и приборы, какие употребляются в глубоководных работах, были значительно усовершенствованы. В этой небольшой книге невозможно проследить все, что было сделано в этом направлении, но краткое изложение методов и описание приборов, получивших широкое применение, быть может, не лишено поучительности и интереса.

Методы и приборы. При наблюдениях на поверхности моря можно пользоваться всеми обычными методами и приборами, которыми пользуется метеоролог и физик, но когда мы приступаем к исследованию более глубоких областей океана, приходится прибегать к иным методам и строить иные приборы. Применяя приборы ниже поверхности, мы теряем их из виду и для контроля их действия приходится прибегать к разным приспособлениям. Трудности, которые нужно преодолевать, придают очень большой интерес всем глубоководным исследованиям. Термометры для работы на глубине нужно защищать от давления на ртутный шарик. Можно пользоваться опрокидывающимся термометром, но нужно устроить его так, чтобы он опрокидывался лишь после того, как он примет температуру воды на данной глубине. Батометры¹ нужно спускать пустыми или открытыми с двух концов, закрывая их только на той глубине, с которой нужен образец воды. То же относится и к приборам, при помощи которых определяется напряженность и состав солнечного света на данной глубине: прибор с чувствительными пластинками должен опускаться в закрытом виде, затем открывается для экспозиции пластинок и вновь закрывается перед вытягиванием его на поверхность.

относительно -графии на том основании, что мифограф есть «писатель» мифов, а логограф «писатель» прозы; но топограф не есть писатель мест, а описыватель их, как и географ».

¹ Прибор для добывания образцов воды из глубин моря.

Многие из этих операций производятся посылкой по линю, на котором держится прибор, грузов, — небольших металлических гирь, — которые своим ударом освобождают пружину или сбрасывают крючок в приборе. Время, которое требуется для того, чтобы такой груз прошел по линю три-четыре километра, очень велико, но при известном опыте можно сберечь много времени, пуская грузы еще во время выпуска линя¹. Другим приспособлением является пропеллер, или вертушка, которая, если потянуть лить в обратном направлении на несколько сажен, начинает вращаться и спускает пружину, чем и закрывается батометр или опрокидывается термометр.

Измерения глубин. Во время экспедиции «Чалленджера» было сделано несколько опытов с линиями из проволоки, но для обычной работы всегда употреблялись тонкие пеньковые веревки, а при измерениях очень больших глубин тщательно отмечались моменты выхода за борт каждой 100-саженной марки. Резкое изменение скорости выпуска линя указывало на достижение дна, и в этот момент отмечали глубину. Можно думать, что измерения больших глубин даже до 4000 морских сажен при внимательной работе были ошибочны не более 25 сажен.

Большой шаг вперед был сделан, когда покойный лорд Кельвин ввел для измерения глубин фортепианную проволоку. В глубомерной машине Лукаса (см. таблицу I), в настоящее время наиболее употребительной, момент удара лота о дно отмечается на приборе автоматически и выпускание линя останавливается. Измерения глубин этим прибором считают верными в пределах одной сажени даже в глубоких водах. Измерение глубины в 2000 м. сажен в настоящее время требует около 45 минут от начала до конца работы, т. е. от момента, когда лот начинают выпускать, до того момента, когда он вытягивается на палубу с образцом донного отложения, а измерение 3000-саженной глубины требует около 75 минут. Измерение наибольшей глубины в 4475 сажен на «Чалленджере» заняло около 2¹/₂ часов. Обыкновенная фортепианная проволока, употребляемая для измерения глубин, имеет всего около 1 мм. в поперечнике; иногда пользуются трехрядной проволокой того же диаметра, а в последнее время во флоте стали применять семипрядную

¹ Так называемый «ударный способ с посыльным грузом или почтальоном».

проволоку с диаметром около $1\frac{1}{2}$ мм. Многопрядная проволока для батометров и термометров имеет в поперечнике около 3 мм.

Траление и драгирование. Экспедиция «Чалленджера» пользовалась крепкими пеньковыми линиями. Иногда с кормы корабля выпускалось до 13 км. пенькового линя при тралении на глубине 3000 м. сажен. Позднее очень большой шаг вперед был сделан покойным Александром Агассисом¹, который применил для этих работ проволочные канаты около 8 мм. в поперечнике. Применение форттепианной проволоки для лота и стального каната или троса для тралов и драг в настоящее время общепринято². Драги на «Чалленджере» (см. табл. I) имели $1-1\frac{1}{2}$ м. в ширину, а тралы имели в поперечнике от 3 до 5 м., причем для очень больших глубин употреблялись меньшие размеры. На борту «Чалленджера» траление на глубине 3000 м. саж. часто занимало от 12 до 14 часов. Тралы и драги в настоящее время имеют очень различное устройство, от самой маленькой устричной драги до большого оттер-трала в 16 м. в растворе его крыльев. Последний прибор с успехом применялся экспедицией «Михаила Сарса» в 1910 году на глубине 3000 м. сажен (см. таб. I).

Плавные и вертикальные сети. Для захватывания растений и животных, плавающих или носимых на поверхности и в промежуточных слоях воды, были предложены различные формы плавных сетей. На «Чалленджере» и в других экспедициях прежнего времени употреблялись просто длинные мешки из бумажной, шерстяной или шелковой кисеи (мельничное сито или газ), имевшие устьем металлическое кольцо около 0.3 м. в поперечнике и суживавшихся к своему закрытому концу. Их тянули в го-

¹ Американский зоолог, очень заслуженный в области изучения моря.

Прим. ред.

² Драга состоит из железной рамы, трех- или четырехугольной формы, к которой прикреплен мешок из сети или более плотной ткани. Трал представляет собою сходный прибор, но в нем мешок прикреплен не к железной поперечной раме, а его входное отверстие обрамлено непосредственно веревкой, которой удерживается прибор, или легкой железной рамой в постоянно раскрытом положении (трал Слиби), либо же раскрытие происходит лишь при забрасывании трала с движущегося судна от сопротивления в воде, для чего прибор снабжается двумя боковыми распорными досками, как бы крыльями. Последняя конструкция и дается оттер-тралам, из которых наибольшим распространением пользуется трал Петерсена.

Прим. ред.

ризонтальном положении, с грузом, прикрепленным к линю недалеко от отверстия, либо в вертикальном положении, привязывая к линю лота или драги (см. таб. I). Позднее стали употреблять гораздо большие сети и планктонные тралы. Делалось также много попыток построить эти приборы так, чтобы их можно было открывать и закрывать на любой желаемой глубине. Материалом, из которого в настоящее время делаются такие сети, служит та же материя, какой пользуются мельники для отсеивания разных сортов муки. Это—тонкое шелковое сито с ячейками различного размера, до 6000—6500 ячеек на квадратный сантиметр. Ячейки имеют пятиугольную форму, а ткань сделана так, что они хорошо сохраняют свою форму.

В недавнюю экспедицию «Михаила Сарса»¹ применялись, с различным успехом, разного рода сети, и открытые, и закрывающиеся, и планктонные тралы, но наилучшие результаты получались при одновременном буксировании на большое расстояние ряда пелагических приборов (иногда до десятка), прикрепленных к двум линиям на некоторых определенных расстояниях, так что была известна приблизительная глубина каждого улова (см. таб. I). Полученные результаты проверялись затем при помощи вертикальных закрывающихся сетей.

Центрофуга. Недавние пелагические исследования показали, что многие морские организмы так мелки, что проходят сквозь петли даже самых мелких шелковых сит. Эти мельчайшие организмы можно добывать, центрофугируя образцы воды, захватываемой батометром с различных глубин. На «Михаиле Сарсе» пользовались большой центрофугой, которая приводилась во вращение небольшим паровым двигателем. Она имела 6 стеклянных сосудов и на ней одновременно можно было центрофугировать до 1200 кубических сантиметров воды. Машина делала от 700 до 800 оборотов в минуту и спустя восемь минут все организмы скоплялись на дне сосудов. Чистая вода затем сливалась, а смывавшийся остаток помещался в меньший сосуд с суживаю-

¹ Экспедиция парохода «Михаил Сарс» была снаряжена летом 1910 г. норвежским правительством по инициативе самого Дж. Мёррея для изучения северной части Атлантического океана. Руководителем экспедиции был Иорт (Hjort), директор рыболовства в Норвегии; Мёррей лично принял участие в ней. Плавание судна, вышедшего в море 1 апреля 1910 г., продолжалось 4 месяца.

щимся дном, где он подвергался действию небольшой ручной центрофуги, какими обыкновенно пользуются физиологи. Таким образом, все содержимое, скажем, в 300 куб. см. морской воды, собиралось в одну каплю, которая и исследовалась в счетной камере под микроскопом.

Глубоководные термометры. Одним из первых термометров для определения глубинных температур был максимальный и минимальный термометр Сикса. В форме, данной ему Миллером и Казеллой, он чаще всего и применялся на «Чалленджере» и в других экспедициях того же или предшествовавшего периода. Этот термометр годится для работы в открытом океане, где температура вообще постепенно убывает от поверхности ко дну. Ближе к полярным областям и в некоторых закрытых морях, однако, слои различной температуры могут лежать один над другим в неправильной последовательности, и таких особенностей термометр типа Сикса не мог бы обнаружить. Поэтому он был в значительной степени вытеснен опрокидывающимся термометром, при помощи которого можно отмечать температуру на любой желаемой глубине.

Опрокидывающийся термометр (см. таб. I) спускается вглубь, имея ртутный шарик внизу. В его трубке, как раз над шариком, имеется сужение; длина ртутного столбика над этим сужением зависит от температуры. При опрокидывании термометра ртуть в месте сужения разрывается, шарик перемещается вверх, а столбик ртути над сужением падает вниз, и таким образом температура момента опрокидывания отсчитывается в этом обратном положении термометра. Такой термометр был изменен и улучшен Негретти и Замброй, а также Рихтером и в настоящее время он представляет собою очень удобный прибор. Иногда неправильно сделанное сужение вызывает разрыв ртути не всегда в одном и том же месте, что может давать некоторую ошибку.

В настоящее время, когда при глубоководных работах требуется наибольшая возможная точность, нередко пускают два опрокидывающихся термометра рядом, дающих проверку действительной температуры на глубине опрокидывания.

Батометры. В последнее время вошел в употребление опрокидывающийся батометр с одним или двумя термометрами такой же системы, так что в одно и то же время получается

отсчет температуры и образец воды (см. таб. I). Другой способ для достижения той же цели состоит в изоляции батометра, предохраняющей его содержимое от изменений температуры во время вытягивания на поверхность, так что температуру образца непосредственно после вынесения его на борт можно считать температурой на той глубине, на которой прибор был закрыт. Прибором такого рода является изоляционный батометр Петтерсон-Нансена.

Для получения образцов воды с поверхности можно пользоваться обыкновенным ведром, а в очень мелких водах можно спустать вглубь закупоренную бутылку, прикрепленную к линю так, что дергание за веревку вытягивает ее пробку. В более глубоких водах экспедиция «Чалленджера» пользовалась бутылкой с крапом для промежуточных глубин и батометром с клапаном для дна.

Фотометр. Для исследования проникновения солнечного света в воду (ее прозрачности) и для исследования напряжения и состава этого света на различных глубинах время от времени предлагались различные формы фотометрических приборов. Одной из последних конструкций является предложенная Б. Гелланд-Ганзенем (см. таб. I), которую он с успехом применял во время крейсерования «Михаила Сарса» в северном Атлантическом океане. Этот прибор состоит из рамы, по которой могут скользить вверх и вниз два куба, входящие один в другой. Меньший куб имеет пять отверстий, по одному на каждой из боковых сторон, и одно отверстие наверху для экспозиции фотографических пластинок, с цветофильтрами или без них. Эти кубы вносятся в темную комнату, пластинки помещаются в меньший из них, который затем вкладывается в больший и тем хорошо предохраняется от света. Эти два куба подвешиваются в верхней части рамы, прибор погружается на желаемую глубину и затем по линю посылается груз, освобождающий меньший из кубов, который падает на дно рамы и экспонирует пластинки. Спустя надлежащее время по линю пускается второй груз, освобождающий больший куб, который падает и покрывает меньший, кончая таким образом экспозицию. Прибор вытягивается на поверхность и кубы берутся в темную комнату для проявления и закрепления пластинок.

Исследование течений. Для измерения скорости и направления морских течений было предложено много приемов. Дан-

ные о течениях на поверхности можно получить из движения плавающих предметов, как бутылки, обломки судов, ледяные горы, сосуды, вмерзшие в полярный лед, а движения водных масс на поверхности и под ней часто можно обнаружить путем изучения их физических свойств (температуры, солености, растворенных газов). Для непосредственного измерения глубинных течений приходится применять приборы довольно сложной конструкции; к последним принадлежит и предложенная В. В. Экманом.

Ареометры. Непосредственное определение плотности можно сделать при помощи ареометра, плавающего в воде стеклянного цилиндра. Получаемые таким образом плотности при помощи таблиц приводятся к нормальным для некоторой нормальной (стандартной) температуры¹. Благодаря однородности состава морских солей, измеренная при определенной температуре плотность строго соответствует определенной солености. Отсюда при помощи таблиц можно найти соленость воды по ее плотности при нормальной температуре.

Денсиметры. Для определения относительных плотностей различных образцов морской воды недавно был введен Дж. Дж. Манлеем дифференциальный денсиметр. Он имеет довольно сложное устройство и первоначально предназначался для работ в лаборатории на берегу. Но затем прибор был изменен и приспособлен для употребления на борту корабля, и Н. П. Кампбелл во время путешествия на Цейлон на одном из пароходов Восточной линии произвел им ряд наблюдений, повидимому, с хорошими результатами.

О методах определения солености см. главу III.

¹ Англичане принимают за такую температуру 60° Фаренгейта = 15·6° С, а другие европейцы 17·5° С.

Прим. ред.

ГЛАВА II

Глубина океана

Математик Дж. Г. Пратт, исследуя наблюдения качаний маятника в Гималайских горах, повидимому, думал, что огромные размеры Тихого океана можно объяснить, только допустив «некоторый избыток вещества в твердых частях земли между дном Тихого океана и центром земли, который удерживает воду на месте, так как иначе океан должен был бы уйти в другие части земли». По этому взгляду существование океанов на их нынешних местах обуславливается избытком плотности в подокеанических частях земного шара. В известном смысле новейшие геодезические и гравитационные¹ наблюдения подтвердили это, но по всей вероятности, этот избыток плотности под океанами не простирается в толщу земли больше ста пятидесяти километров. Есть основание думать, что великая центросфера земли более или менее однородна по строению и составу и обладает твердостью стали, каковы бы ни были природа и условия веществ, из которых она состоит. С другой стороны, мы знаем, что скалистая кора ее разнородна по своему составу на глубину нескольких километров.

Притяжение, которое производят выдающиеся массы суши, создает повышение океанических вод вдоль берегов материка. Утверждали даже, что благодаря этому воды средней части Индийского океана, вследствие притяжения возвышенных частей Гималаев, ниже прибрежных на 500 м. Новейшие вычисления показывают, однако, что все отклонение поверхности океана от той, какую имел бы правильный сфероид вращения, вряд ли превосходит 100—150 м. Ряд других причин, как разности барометрических давлений, действие ветров, температура, испарение, выпадение дождя и вливание рек, стремится изменить уро-

¹ Для определения напряжения силы тяжести.

вень океана, поверхность которого в действительности оказывается очень сложной и в некоторых точках должна быть дальше от геометрического центра земли, чем в других; к этой сложной поверхности океана (или геоида) и относятся все измерения высот и глубин.

Площади различных глубин. Поверхность суши занимает около 143 миллионов, а поверхность воды около 350 миллионов квадратных километров; другими словами, 29% поверхности земного шара заняты сушей, а 71% покрыт водой. Число измерений глубин в океане, произведенных до настоящего времени, чрезвычайно велико, в особенности в мелких водах, вблизи суши. Вряд ли стоит останавливаться на числе измерений глубин меньше 1000 м. сажен (= 6000 футов = 1829 м.), но число записей глубин свыше 1000 м. сажен, публикуемых ежегодно в Синих книгах британским адмиралтейством, за время между 1888 и 1910 годами было следующее:

1000 — 2000 м. сажен	6000 измерений
2000 — 3000 »	3250 »
3000 — 4000 »	300 »
4000 — 5000 »	17 »
Свыше 5000 »	3 »

Всего больше 1000 м. сажен 9570 измерений

К этому нужно прибавить весьма значительное число измерений глубин, сделанных судами и не отмеченных адмиралтейством. Князь Монакский, берлинский Institut für Meereskunde и автор настоящей книги опубликовали карты с обозначением почти всех известных до настоящего времени измерений больших глубин. Определяемые по этим данным площади областей различной глубины даны в следующей таблице:

Г л у б и н а	Величина площади в квадратных километрах	Процентная доля общей поверхности океана
От 0 до 1000 м. сажен	55 000 000	16
» 1000 » 2000 »	67 000 000	19
» 2000 » 3000 »	203 000 000	58
» 3000 » 4000 »	24 500 000	7
» 4000 » 5000 »	487 500	} (менее 1)
Свыше . . . 5000 »	12 500	
	350 000 000	100

Рассматривая эту таблицу, мы находим, что только 16% площади дна океана лежит между береговой линией и глубиной 1000 м. сажен, а 84% лежат на глубине свыше 1000 м. сажен; с другой стороны, лишь около 7% лежит глубже 3000 м. сажен, так что глубины между 1000 и 3000 м. сажен занимают 77%, и более половины всего дна океана (58%) покрыто толщей воды мощностью от 2000 до 3000 м. сажен. Вероятно, эти оценки недалеко от истины, так как линии глубины (изобаты) были чрезвычайно мало изменены огромным числом измерений, произведенных в первые десять или двенадцать лет настоящего столетия на больших глубинах.

Впадины. Особенный интерес представляют более значительные глубины океана, и несколько лет тому назад автор назвал все те области, где глубина превосходит 3000 м. сажен, «впадинами», дав им собственные имена, обычно по имени исследовательского корабля, мореплавателя или ученого, следуя таким образом практике, принятой при наименовании горных вершин. В настоящее время известно 57 таких впадин, основанных приблизительно на 500 измерениях глубин: 32 в Тихом океане, 18 в Атлантическом, 5 в Индийском и 2 в Антарктическом. Их положения показаны на таблице II. Их очертания очень разнообразны: иногда они очень неправильны, иногда похожи на чашки, а часто имеют форму корыта или рва и помещаются сравнительно недалеко от суши. Можно думать, что некоторые из них, как впадина Вальдивии в южном Ледовитом океане и впадина Мёррея в северной части Тихого океана, охватывают большую площадь, тогда как другие чрезвычайно малы и установлены на основании одного измерения. Общая поверхность этих впадин вместе составляет только около 7% поверхности океана. Иногда из центра впадины выдается конусообразное возвышение, вершина которого поднимается до глубины меньше 3000 сажен.

Наибольшие глубины. Две впадины в Атлантическом океане и семь в Тихом имеют глубину свыше 4000 м. сажен, а общее число измерений глубин больше 4000 м. сажен, отмеченных до настоящего времени, составляет 46. Для глубин свыше 5000 м. сажен известно только 8 измерений. Три из них находятся во впадине Олдрича, в южной части Тихого океана, между островами Дружбы и Кермадекскими; наибольшая глубина здесь составляет

5155 м. сажен. Четыре приходятся на впадину «Чалленджера» в северозападной части Тихого океана, с наибольшей глубиной в 5269 м. сажен. Наибольшая же известная до сих пор глубина, 5348 м. сажен, была отмечена во впадине Свайра, близ Минданао, германским кораблем «Планета» в 1912 году. Эта наибольшая известная до сих пор глубина составляет 32 089 футов. Если бы можно было перенести в эту часть Тихого океана самую высокую гору, какую мы знаем (гору Эверест в Гималаях, 29 002 фута), то ее вершина была бы покрыта толщей воды в 3087 футов или 941 м.

Глубины свыше 5000 м. сажен известны только в Тихом океане. В Атлантическом океане наибольшая глубина составляет 4662 м. сажени (к северу от Вест-Индии), а в Индийском 3828 м. сажен (к югу от Явы). Вряд ли нам уже известна самая большая глубина, но если припомнить незначительность числа глубин свыше 5000 м. сажен и сравнительную незначительность площади, занимаемой впадинами, то представляется крайне невероятным, чтобы в океане нашлись глубины, превышающие 6000 м. сажен. Вся амплитуда неровностей земной коры, поскольку мы ее знаем в настоящее время, составляет 61 091 фут или 18 628 м. — расстояние по отвесу между вершиной горы Эверест и дном впадины Свайра.

Подводные возвышенности. С развитием наших сведений о глубине океана число отдельных подводных конусов, открываемых время от времени, значительно увеличилось. Некоторые из них лежат на большой глубине, тогда как другие возносят свои вершины так близко к поверхности, что становятся опасными для мореплавания. За исключением немногих, расположенных близ берегов материка, все они имеют, вероятно, вулканическое происхождение, хотя некоторые теперь покрыты белым слоем известкового ила или слоем кораллов. Многие из коралловых атоллов и других океанских островов представляют собою только вершины таких вулканических конусов. Вблизи этих подводных конусов дно океана может быть очень неправильным, и в одном или в двух случаях мы имеем указание на обрывистые утесы на этих подводных склонах. Однако, вообще то, что мы знаем об измерениях глубин, заставляет нас предполагать, что подводные склоны имеют чрезвычайно плавные профили. Наиболее резкие гради-

енты¹ обычно встречаются на так называемом материковом склоне между глубинами от 100 до 1700 сажен, а у некоторых берегов замечены подводные террасы, но, как правило, даже эти подводные склоны не превышают градиентов наших шоссеиных и железных дорог, и дно океана по всему его ложу можно считать состоящим из огромных равнин с плавными возвышениями, которые местами прерываются горами, из коих иные поднимаются над поверхностью моря, образуя океанические острова, как, например, Бермудские в Атлантическом океане, Рождественские в Индийском и многие острова Тихого океана.

Глубинные области океана. Средняя глубина океана определяется в 2080 м. сажен (3804 м.), а средняя высота суши в 375 м. сажен (686 м.). Если предположить, что более высокие части возвышенностей суши снесены и что ими заполнены углубления в океане, то глубина океана по всему земному шару должна составить около 1700 м. сажен. Поверхность, лежащую на глубине в 1700 м. саж., назвали средним сферическим уровнем². Область, лежащую глубже 1700 м. сажен, можно рассматривать, как великую глубоководную область или ложе океана; ее площадь составляет свыше 250 мил. квадр. километров или больше половины земной поверхности. Обращаясь теперь к берегам материков, мы находим материковую отмель или ступень, идущую от береговой линии до средней глубины в 100 м. сажен и покрывающую площадь около 25 миллионов квадратных километров; множество глубоких подводных каналов, изрезающих эту отмель, повидимому представляют собою продолжения существующих речных лож; их можно считать указанием на то, что материковая отмель раньше была материком. Материковый склон, связующий 100-саженную изобату с глубиной среднего сферического уровня, занимает площадь около 75 миллионов квадратных километров или только в три раза больше площади, занятой материковой отмелью, хотя разность глубин составляет здесь 1600 м. саж. вместо 100. Линия между материковым склоном и материковой отмелью была названа материковым краем или ребром;

¹ Градиент — разность высот двух мест одной и той же кривой на единицу расстояния между ними.

Прим. ред.

² Ее называют также средним уровнем земной коры. По Вагнеру этот уровень проходит на глубине 2300 м. под поверхностью океана (по Мёррею 3060 м. = 1700 сажен).

Прим. ред.

а глубина и расстояние от берега в различных частях земного шара различны, хотя, в среднем, эту линию можно поместить на глубине около 100 м. сажен и на расстоянии около 80 км. от берегов, в больших океанских бассейнах (см. рис. 1, в основе которого лежат процентности площадей через определенные интервалы глубин ниже уровня моря и высот над уровнем моря).

Приведенные выше данные о глубине больших океанских бассейнов, как целого, пополним теперь некоторыми частными

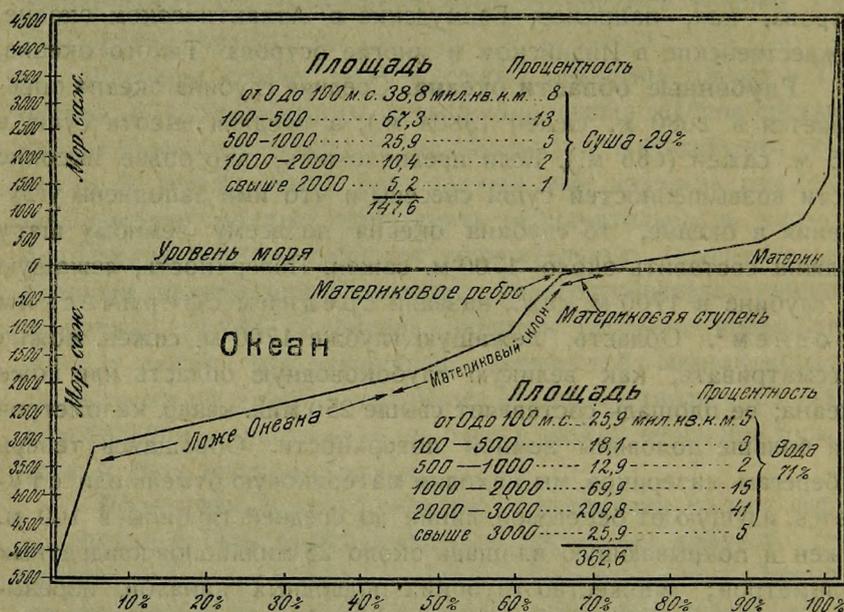


Рис. 1

Схематический разрез среднего профиля литосферы, основанный на процентностях площадей между линиями равных глубин и равных высот.

сведениями о каждом океане в отдельности, о связанных с ними закрытых морях и о подводных барьерах, отделяющих их от главных водоемов.

Глубина Атлантического океана. Главной особенностью рельефа северного Атлантического океана является низкий подводный хребет, названный Дельфиньим хребтом, идущий с севера на юг почти как раз по середине этого водоема, с рядом впадин по обе стороны. После перерыва у экватора этот центральный хребет, под именем хребта Чалленджера, заходит, через южный Атлантический океан, по ту сторону

50° южной широты. Соответственно очертанию берегов, этот хребет имеет форму открытого S и покрыт слоем воды в среднем мощностью в 1700 м. сажен. К северному концу этот хребет расширяется, и толща воды уменьшается над плато, на котором лежат Асорские острова; дальше к северу он переходит в «Телеграфное плато», которое тянется почти через весь океан, от Ирландии до Ньюфаундленда.

Другой замечательной особенностью северного Атлантического океана является ряд подводных конусов или банок против северо-западных берегов Африки между Канарскими островами и Пиренейским полуостровом, из которых заслуживают упоминания «Коралловая банка» (Coral Patch) под 34° 57' северной широты, 11° 57' западной долготы на глубине 362 м. сажен; «банка Дации» под 31° 9' северной широты, 13° 34' западной долготы на глубине 47 м. сажен; «банка Сены» под 33° 47' северной широты, 14° 1' западной долготы на глубине 81 м. сажени; «банка Концепсион» под 30° северной широты и 13° западной долготы на глубине 88 м. сажен; «банка Жозефины» под 37° северной широты, 14° западной долготы на глубине 82 м. сажен; «Геттисбургская банка» под 36° северной широты, 12° западной долготы на глубине 34 м. сажен.

Около некоторых из этих банок были найдены очень крутые склоны. Так, на западном краю «Коралловой банки» лот отчетливо ударился о дно на глубине 550 м. сажен, затем сорвался и продолжал падать; снова ударился о дно на 620 м. саженях, снова сорвался и наконец окончательно остановился на 835 м. саженях; когда его вытянули на поверхность, на нем оказалась широкая коричнево-черная полоса,—очевидно, в том месте, где он ударился, в косом направлении, о перекись марганца. На банке Дации был поставлен буй как раз на краю банки на глубине 175 м. сажен. Когда попробовали поднять его якорь, привязь буя разорвалась. Оказалось, что она перервалась на глубине 100 м. сажен под поверхностью. Несомненно, течение перетирало ее об утес в продолжение тех двух дней, пока стоял буй.

В северной части Атлантического океана сравнительно немного островов, главными из которых являются Британские, Ньюфаундленд, Вест-Индские, Асорские, Канарские и острова Зеленого мыса.

Мёррей



В Арктическом или Северном Ледовитом океане наибольшая глубина достигает 2200 м. сажен. От Норвежского моря, глубина которого также превосходит 2000 м. сажен, он отделяется мелководьем между Нордкапом и Шпицбергенем; имеются также указания на глубоко лежащий хребет между Шпицбергенем и Гренландией. Норвежское море отделяется от северного Атлантического океана тем, что можно считать непрерывным хребтом, идущим от Гренландии до плато Британских островов, на котором выдаются его части, Исландия и острова Фарёрские; часть этого хребта между Шотландскими и Фарёрскими островами получила название хребта Вайвиля Томсона, между Фарёрскими и Исландией—Фаро-Исландского хребта, а между Исландией и Гренландией—Исландо-Гренландского хребта.

Немецкое море мелководно,—езде мельче 100 м. сажен, за исключением Норвежского канала или Норвежской впадины близ берега Норвегии. Мелководен также и Гудсонов залив, где лишь небольшая часть имеет глубину больше 100 м. сажен; Дависов пролив представляет мелководную связь между северной частью Атлантического и Ледовитым океаном, с глубиной в 112 м. сажен в центре самой узкой части его и с большими глубинами на севере и на юге.

Средиземное море отделяется от северного Атлантического океана подводным порогом в Гибралтарском проливе, где наибольшая глубина составляет всего 170 м. сажен, с крутыми скатами по обе стороны. Между Сардинией и Италией и между Сицилией и Грецией в Средиземном море имеются глубины свыше 2000 м. сажен, а наибольшая глубина в 2400 м. сажен была найдена возле пролива, отделяющего Крит от Греции.

Черное море, с наибольшей глубиной в 1227 м. сажен, отделяется от Средиземного моря мелководным Мраморным морем и двумя проливами, Босфором и Дарданеллами¹.

Наибольшая глубина Мексиканского залива составляет 2080 м. сажен; он соединяется с Атлантическим океаном Флоридским проливом с глубиной меньше 500 м. сажен,

¹ Глубина Босфорского порога около 20 сажен. Глубина Керченского пролива около 3 сажен. Глубина Азовского моря около 8 сажен.

Прим. ред.

а с Караибским морем — Юкатанским проливом с глубиной свыше 1000 м. сажен. Караибское море делится на два глубоких бассейна хребтом между Гондурасом и Ямайкой; наибольшая глубина более значительного юго-восточного бассейна составляет 3428 м. сажен (впадина Бартлета); проходы между различными островами, ведущие в северный Атлантический океан, имеют глубину меньше 1000 м. сажен.

Южная часть Атлантического океана отличается от северной тем, что в ней нет морей, вдающихся в материки, и чрезвычайно мало островов, притом небольших, как Вознесения, Тристан-да-Кунья, Св. Елены и Тринидад. Главную особенность ее представляет центральный хребет с глубинами по обе стороны, повидимому, связанный низким хребтом с западным берегом Африки.

Поверхность всего Атлантического океана со включением северного Ледовитого, Норвежского, Средиземного, Караибского и других морей, к югу вплоть до антарктического материка, определяется приблизительно в 110 миллионов квадратных километров, которые по глубине распределяются следующим образом:

Между 0 и 1000 м. саженями	около 29 миллионов кв. км. или 26%
» 1000 и 2000	» » 21 » » 19%
» 2000 и 3000	» » 52 » » 48%
Свыше 3000 м. саж.	» 8 » » 7%
	110
	100%

Глубина Индийского океана. Индийский океан отличается от двух других больших океанических бассейнов тем, что не имеет связи с Арктическим, будучи с севера отрезан от него сушей; он заходит лишь очень немного за тропик Рака. Разнообразие глубин в нем меньше, чем в Атлантическом и Тихом океанах, и две трети его дна покрыты равномерной толщей воды в 2000 слишком м. сажен. Большая область с глубиной меньше 2000 м. сажен окружает острова Кергелен. Этот океан имеет пять впадин свыше 3000 м. сажен глубиной, — четыре в восточной части и одну в западной, к юго-востоку от Мадагаскара. В западной и северной частях этого океана мы находим материковые острова Мадагаскар и Цейлон и группы коралловых островов, тогда как восточная часть почти совершенно лишена островов, и здесь обширная глубоководная равнина прерывается только

Кокосовой группой и островом Рождества. Красное море имеет наибольшую глубину в 1200 м. сажен и отделяется от Индийского океана порогом в Бабельмандебском проливе, поднимающимся до глубины меньше 200 м. саж. Поверхность Индийского океана, брать если его к югу до антарктического материка, определяется в 74 миллиона квадратных километров, распределяющихся по глубинам следующим образом:

Между	0 и 1000 м. сажнями	около	8 миллионов кв. км. или	11%
»	1000 и 2000	»	» 18	» 24%
»	2000 и 3000	»	» 43	» 59%
Свыше	3000 м. саж.	»	» 5	» 6%
			74	100%

Малайский архипелаг, отделяющий Индийский океан от Тихого, представляет собою замечательную географическую особенность, где различные острова образуют ряд более или менее замкнутых морей, отрезанных от открытого океана барьерами большей или меньшей глубины.

Ява, Суматра, Борнео с меньшими островами между ними и материк Азии, — все поднимаются с большой банки, глубина которой нигде не превосходит 100 м. саж., тогда как на восток от Борнео и Целебеса глубины гораздо больше, — в некоторых местах свыше 2500 м. саж. Граница мелководья, идущая от восточной части Явы к восточной части Борнео, была названа «линией Уоллеса» в честь А. Р. Уоллеса, особенно много занимавшегося изучением распределения сухопутных животных по обе стороны глубоководья, отделяющего острова Борнео, Явы и Бали, с одной стороны, от островов Целебеса и Ломбока, с другой. Арафурское море чрезвычайно мелко и лишь на его северо-западном краю глубины превосходят 100 м. саж., — здесь была найдена глубина в 1700 м. саж.; в Яванском море глубина превышает 100 м. саж. только в восточной части, нигде, однако, не достигая 1000 м. сажен. В Южно-Китайском море глубина не превышает 100 м. саж., но к северу она растет, и между Люсоном и материком мы находим большую область с глубинами свыше 2000 м. саж. и с максимальной глубиной около 2500 м. саж. Над порогом, отделяющим это море от главного Тихоокеанского бассейна, глубина превышает 500 м. саж. только в двух узких каналах. Моря Малайского Архипелага, к востоку от Борнео и Целебеса, образуют более глу-

бокие бассейны. Значительная площадь дна Бандского моря лежит глубже 2000 м. саж. и включает впадину Вебера с глубиной в 3557 м. саж. Были отмечены также еще два изменения глубин свыше 2700 м. саж., одно в северной части этого моря, другое в юго-восточной, близ острова Флорес. Наиболее глубокий путь сообщения с открытым океаном представляет Молуккский проход, между Целебесом и Гальмагерой, с глубиной заметно больше 1000 м. саж. Значительная часть Целебесского моря имеет глубины свыше 2000 м. саж., с максимумом в 2795 м. саж., а наибольшая глубина Сулусского (Sulu) моря, как раз к северу от Целебесского моря, составляет 2381 м. сажень; каналы между многочисленными островами, отрезающими эти два моря от Тихого океана, все мелководны.

Замкнутые моря северо-западной части Тихого океана.

Другой ряд замкнутых морей, который можно сравнивать с морями Малайского архипелага, идет вдоль всего западного и северного берегов Тихого океана до берегов Аляски. Мельче всех из них Желтое море, большая часть которого имеет глубину меньше 100 м. саж., с небольшой лишь областью на юге глубиной свыше 1000 саж., где максимум достигает приблизительно 1300 м. саж. Оно отделяется от открытого океана линией островов Ли у - Ки у, тянувшихся от Японии до Формозы, проливы между которыми вообще имеют глубину от 100 до 500 м. саж. Японское море в значительной степени также замкнуто, сообщаясь с Тихим океаном только сравнительно очень узкими проходами между японскими островами и Корейским проливом, глубина которых нигде не превосходит 100 м. саж. Наибольшая глубина Японского моря составляет 1955 м. саж. Охотское море отрезано от главного океана барьером Курильских островов, проливы между которыми не глубже 500 м. саж. Значительная часть этого моря глубже 1000 м. саж., наибольшая глубина в нем 1843 м. сажени. Берингово море очень мелко к востоку, но значительная доля его западной части имеет глубины от 2000 до 2200 м. саж., с максимумом в 2936 м. саж. Оно отделяется от Тихого океана длинной цепью Алеутских островов, представляющих собою выдающиеся вершины непрерывного вулканического хребта между Камчатским полуостровом и Аляской. Этот хребет в большей части своей длины лежит на глубине не свыше 500 м. саж., но в самом широком

из проливов, между островами Беринга и Атту, глубина доходит до 1996 м. саж.

Глубина Тихого океана. Восточная часть Тихого океана характеризуется большой равномерностью глубин, в значительной части превосходящих 2000 м. сажен, небольшим числом вулканических островов и лишь немногими небольшими впадинами. Западная часть Тихого океана, с ее множеством небольших вулканических и коралловых островов, а также с материковыми островами, как Новая Зеландия, Новая Гвинея и Япония, представляет полный контраст восточной; в ней большие области, с глубиной менее 2000 м. сажен, чередуются с обширными впадинами глубже 3000 м. сажен, а в некоторых случаях глубже 4000 и даже 5000 м. сажен. Изобаты, или линии равных глубин, вообще очень неправильны, — средняя глубина колеблется между 1500 и 2500 м. саженьями, бесчисленные вулканические хребты поднимаются почти до поверхности или даже выдаются над ней, причем большинство из них увенчаны коралловыми рифами. Коралловое море, лежащее между Австралией, Новой Гвинеей, Новыми Гебридами и Новой Каледонией, представляет собою глубокий океанический бассейн с глубиной свыше 2500 м. сажен, но отрезанный от общей океанической циркуляции барьерами, покрытыми слоем воды около 1300 м. сажен, как это показали наблюдения температур на «Чалленджере», согласно которым на всех глубинах ниже 1300 м. сажен температура одна и та же, около 2°С. Область к востоку от Австралии замечательна большим числом подводных возвышенностей, которые были открыты недавними измерениями глубин, как, например, «Горы Британии», открытые в 1903 году близ Соутпорта в Квинсланде, покрытые слоем воды менее 300 м. сажен, и Бальфурова отмель, открытая автором этой книги в 1897 году на глубине 836 м. сажен. Тихий океан от антарктического материка к северу до Берингова пролива имеет поверхность около 179 миллионов квадратных километров, распределяющихся по глубине следующим образом:

Между	0 и 1000	м. сажен	около	18	миллионов кв. км.	или	10%
»	1000 и 2000	»	»	31	»	»	18%
»	2000 и 3000	»	»	117	»	»	65%
Свыше 3000 м. саж.			»	13	»	»	7%
				179			100%

Общие замечания. Сравнивая числа, данные в предшествующих таблицах для Атлантического, Тихого и Индийского океанов, с числами для всемирного океана, можно подметить несколько общих черт. Большая часть дна во всех них залегает на глубине между 2000 и 3000 м. сажен (48 процентов в Атлантическом, 59 в Индийском, 65 в Тихом и 58 процентов для всемирного океана); наименьшие размеры имеет область глубин более 3000 м. сажен (6 или 7 процентов). В Атлантическом океане мы находим наибольшую долю мелководья с глубиной меньше 1000 м. сажен (26 процентов, тогда как для Тихого и Индийского океанов мы имеем 10 и 11 процентов, а для всемирного океана 16 процентов), между тем как область с глубиной от 1000 до 2000 м. сажен колеблется в пределах 18 процентов для Тихого и 24 процентов для Индийского и составляет 19 процентов для Атлантического океана и для всемирного океана.

Объем суши, возвышающейся над уровнем моря, определяется в 96 миллионов кубических километров, объем вод океана в 1852 миллиона кубических километров, а объем всего земного шара в 1283575 миллионов кубических километров. Количество вещества, сносимого с суши в океан во взвешенном и растворенном виде, определяют в 15·4 кубических километра в год; при такой скорости разрушения суши потребовалось бы около 6340000 лет для сноса всей суши в море.

Объем океана в настоящее время относится к объему всего земного шара, как 1:800; если представить себе земной шар покрытым океаном глубиной в три километра, то объем этого океана должен составить 1/666-ю часть всего шара.

ГЛАВА III

Воды океана: соленость, газы

Все вещества на земле в некоторой степени, хотя бы самой ничтожной, растворимы в воде, так что в природе не существует абсолютно чистой воды. Дождевая вода, падая сквозь воздух, растворяет кислород, азот, угольную кислоту и другие газы. Угольная кислота повышает растворяющую способность дождевой воды, которая растворяет различные минеральные вещества горных пород тех материков и островов, на которые она падает, так что количество и состав растворенных в речной воде солей меняется в зависимости от природы горных пород страны, по которым она течет. Таким образом, количество солей в растворе может составлять 0.34 г. на литр в реке, текущей по гранитным скалам, до 8.5 г. и более на литр в реке, текущей по известковым скалам; среднее же содержание солей в речной воде составляет немного меньше 2 г. на литр или около 0.18 на тысячу, тогда как для морской воды это отношение в среднем составляет 35 на тысячу.

На поверхности материков разбросано множество внутренних дренажных областей, в большинстве которых мы находим озера. В этих областях количество выпадающих осадков, по всей их собирающей площади, меньше того, что уходит путем испарений; благодаря этому, такие бассейны не дают стоков в океан. Более высокие озера такой области дренажа имеют сток в более низкие водоемы и совершенно пресную воду, но конечное озеро имеет воду соленую, подобную морской. Примером этого может служить долина Иордана с пресноводным Тивериадским озером и соленым Мертвым морем.

Большая часть стекающих с суши вод в сборном бассейне Иордана в конце концов попадает в Мертвое море, которое можно сравнить с огромной испарительной чашкой; под действием ветра и солнечных лучей поверхностный слой воды уда-

ляется испарением, а растворенные соли остаются. Этим путем Мертвое море с течением времени и достигло своей высокой солености. Концентрация в соленом озере может идти до того, что озеро совершенно высохнет и останутся только отложения соли.

Подобным же образом сток вод со всей поверхности суши земного шара несет в океан растворенные соли, но тогда как состав воды в соленых озерах определяется геологическим строением и климатическими условиями сравнительно небольшой площади, соли океана получают с поверхности всей суши и со всех берегов земного шара.

В 1887 году автор настоящей книги дал таблицу среднего состава речной воды на основании исследования девятнадцати европейских, азиатских и американских рек и определил количество солей, несомых ежегодно реками в океан, приблизительно в 4500000000 метрических тонн. В 1910 году Ф. В. Кларк повторил это вычисление на основании позднейших, более многочисленных данных и получил в результате около 2500000000 метрических тонн,—немного больше половины прежней оценки.

Мы можем составить себе лишь смутное представление о тех веществах, которые уносились из атмосферы при выпадении первого дождя на нашей планете, или о составе морских солей первобытного океана. Но указанные выше геологические процессы действуют, повидимому, уже миллионы лет. Вследствие этого соленость океана, вероятно, постоянно увеличивается, но так медленно, что мы не в состоянии открыть это изменение нашими нынешними методами анализа. Хотя принос солей реками сам по себе велик, однако их количество относительно мало в сравнении с огромным количеством солей, растворенных в океане и в нем распределенных.

В речной воде растворены по преимуществу карбонаты (57·7 процентов общего количества), сульфаты (11·4 процента), силикаты (9·9), обыкновенная соль (только 2·2), и лишь небольшие количества других солей и органических веществ.

В морской воде растворены, главным образом, хлориды и сульфаты натрия, магния, калия и кальция. Обыкновенная соль составляет 77·8 процентов (больше трех четвертей всего количества солей), сульфаты 10·8 процентов, но силикаты не превосходят 0·004 процента, а карбонат кальция составляет толь-

ко 0.345 процента. Это различие приводит к выводу, что морская вода не есть только концентрированный раствор речной воды, стекавшей с суши за все геологическое прошлое, но что, благодаря химическим реакциям между различными растворенными солями и действию живых организмов, этот состав изменился. Помимо главных составных частей, в морской воде мы находим в растворе следы почти всех известных нам химических элементов, но в такой незначительной пропорции, что ими можно пренебречь при количественном химическом анализе. Не однажды подтверждалось присутствие в морской воде золота, и даже доказывалась возможность его экономического извлечения.

Средний состав морских солей. В следующей таблице даны результаты хорошо известных анализов Диттмара, произведенных над 77 образцами морской воды, собранными экспедицией «Чалленджера» из всевозможных частей и глубин океана:

	Частей на 1000 воды
Хлористый натрий . . .	27.213
Хлористый магний . . .	3.807
Сернокислый магний . . .	1.658
Сернокислый кальций . . .	1.260
Сернокислый калий . . .	0.863
Углекислый кальций . . .	0.123
Бромистый магний . . .	0.076
	<hr/> 35.000

Морские соли, как ионы. В предшествующей таблице кислоты и основания скомбинированы произвольно, но в настоящее время известно, что растворенные в морской воде вещества в таком виде изображаются не вполне точно, поскольку они являются там, главным образом, в виде ионов. По точкам замерзания и кипения морской воды было вычислено, что общее количество ионной диссоциации¹ составляет около 90 процентов. Иначе говоря, только одна десятая всего количества твердых тел является в морской воде в виде солей, как таковых (нерасщепленных на ионы). Здесь должны находиться не только указанные Диттмаром, но и всевозможные сочетания оснований

¹ Ионная диссоциация — расщепление молекул на ионы.

с кислотами, среди которых сернокислые кальций и магний будут в относительно наибольшем количестве. Однако, главная масса растворенных веществ будет состоять из ионов, и было бы рациональнее представлять состав морской воды следующим образом:

Состав морских солей

	Частей на 1000 воды	Процентно- сти состав- ных частей
Na	10·722	30·64
Mg	1·316	3·76
Ca	0·420	1·20
K	0·382	1·09
Cl	19·324	55·21
SO ₄	2·696	7·70
CO ₃	0·074	0·21
Br	0·066	0·19
	<u>35·000</u>	<u>100·00</u>

Расчет Диттмара относительно CaCO₃, который был предварительно включен им для того, чтобы показать, что в общем в морской воде есть избыток оснований над кислотами, в этом виде, очевидно, неправилен. Согласно последним анализам, 3-х процентный раствор хлористого натрия, находящийся, в отношении давления CO₂, в равновесии с воздухом (а это приблизительно верно и для морской воды), растворяет при 25° С около 0·07 частей углекислого кальция на тысячу¹. Следова-

¹ Как известно, растворимость газов в воде зависит от температуры и давления,—растворимость пропорциональна давлению и находится в обратной зависимости от температуры. Если растворяется смесь газов (а таковой является воздух), то растворимость каждого газа этой смеси обуславливается не общим давлением смеси, а лишь давлением данного газа; это частичное, или парциальное, давление составляет лишь часть общего давления смеси. Содержание CO₂ в воде влияет на растворимость солей, — увеличенное ее содержание повышает их растворимость. С другой стороны, надо иметь в виду, что наличие угольной кислоты в морской воде представляет собою очень меняющуюся величину: вообще говоря, содержание CO₂ в море уравнивается ее содержанием в атмосфере, но это равновесие устанавливается не сразу, и, следовательно, могут быть моменты, когда парциальное давление CO₂ в этих двух средах бывает различно. Наконец, надо иметь в виду, что море гораздо богаче угольной кислотой, чем воздух. Уже самая растворимость (коэффициент поглощения) для нее больше, чем для других

тельно, для морской воды нельзя принять 0·123 его частей на тысячу. Избыток оснований нужно считать скорее смесью бикарбонатов кальция и магния, находящихся в равновесии с некоторым количеством свободной CO_2 , и продуктов их гидролитического расщепления, а именно гидратов окисей кальция и магния. Два последние и дают морской воде ее щелочную реакцию.

Извлечение солей из морской воды. Организмы, отлагающие углекислую известь, берут из морской воды большие количества углекислого кальция на образование раковин и кораллов. Часть извлеченного таким образом вещества скопляется в коралловых рифах и в пелагических отложениях умеренных глубин океана, а часть вновь растворяется после смерти организмов, так что известковые раковины многих пелагических организмов никогда не доходят до больших глубин океана и лишь сравнительно немногие из более тяжелых пелагических раковин достигают тех глубин, где дно покрыто красной глиной. Равным образом кремневая кислота извлекается из океана такими организмами, как губки, диатомеи и радиоларии, и снова может быть растворена в нем.

Калиевые соли из морской воды соединяются с кремнекислым алюминием в донных глинистых веществах, образуя, в присутствии органического вещества, глауконит. Некоторые виды морских водорослей поглощают калий и иод; до недавнего времени морские водоросли были даже главным промышленным источником иода¹.

При замерзании морской воды многие из солей, находящихся в растворе, остаются в воде, так что соленость воды, из которой образовался лед, увеличивается, и лед оказывается более богатым сульфатами, а вода обогащается хлоридами.

Из растворенных в морской воде элементов, повидимому, только натрий и хлор почти вовсе не расходуются, за исключением атмосферных газов (кислорода и азота); но, кроме того, обнаружена зависимость между содержанием солей и количеством CO_2 : с увеличением солей увеличивается и количество содержащейся в воде CO_2 . *Прим. ред.*

¹ В Черном море значительные залежи содержащей иод водоросли обнаружены С. А. Зерновым в северо-западной его части по линиям Одесса—устье Дуная—Севастополь. Это—филлофора (*Phyllophora rubripervis*), занимающая здесь участок в 110×65 километров, так называемое «Филлофорное море» Зернова. *Прим. ред.*

чением небольшого количества, отлагающегося в мелких испарительных бассейнах вдоль берегов, и потому они могли непрерывно накапливаться с начала геологического времени. Этим явлением пользовались при попытках определить возраст земли, и Дж. Жоли вычислил, что для того, чтобы получить все количество содержащегося в океане натрия из того материала, который приносят реки, требовался период от 90 до 100 миллионов лет.

Соленость морской воды. Множество анализов показали, что состав солей морской воды один и тот же во всех частях океана и на всех глубинах, — иными словами, действительное отношение оснований и кислот остается совершенно постоянным. Воды, прилегающие к глине на дне океана, и воды у берегов, устьев рек и в покрытых льдом морях обнаруживают небольшие колебания в содержании отдельных солей, но в открытом океане, вне контакта с берегом и дном, состав солей в морской воде остается практически постоянным, хотя концентрация их меняется.

Соленость морской воды характеризуют обыкновенно количеством растворенных в ней солей, содержащимся в 1000 частях воды. В среднем растворенные твердые вещества в морской воде составляют, приблизительно, 35 весовых единиц на 1000, или 3·5 процента. Термин «соль» здесь прилагается не только к обыкновенной соли (хлористому натрию), но и к другим аналогичным соединениям, как сернокислый натрий, хлористый магний и пр., хотя обыкновенная соль является главной составной частью.

Методы определения солености. Для определения солености данного образца морской воды служат различные методы. Наиболее непосредственный из них состоит в выпаривании известного объема воды и в высушивании и взвешивании оставшихся в осадке солей; но в процессе высушивания некоторая часть хлора, вероятно, уйдет в виде хлористоводородной кислоты. Другой способ состоит в том, что при помощи ареометра либо пикнометра¹ определяют относительную плотность или удельный вес, т. е. вес известного объема морской воды при данной температуре, по сравнению с весом равного объема дистиллированной воды при температуре ее наибольшей плотности, 4·0° С. (кубический сантиметр воды при этой температуре весит один

¹ Прибор для отвешивания исследуемой воды.

Прим. ред.

грамм). Удельный вес изменяется с изменением количества солей в растворе и также зависит от температуры, так как, нагреваясь, морская вода расширяется и становится легче, а, охлаждаясь, сжимается и становится тяжелей, причем это увеличение веса идет до точки замерзания (которая изменяется в зависимости от солёности). Поэтому, если определять плотность всегда при одной и той же температуре, или приводить измерения к одной нормальной температуре, то различия плотностей будут обуславливаться только различиями в солёности. В настоящее время солёность обыкновенно выражают числами, указывающими количество солей на 1000 частей морской воды, но во время экспедиции «Чалленджера» ее выражали, как и сейчас еще выражают некоторые наблюдатели, в виде плотности при 15°С. В следующей таблице приведены числа плотностей при 15°С и соответствующие им различные степени солёности:

Солёность на тысячу	0·00	10·0	20·0	30·0	32·5	35·0	37·5	40·0
Плотность	1·000	1·0058	1·0138	1·0220	1·0240	1·0260	1·0280	1·0300

Новейший метод определения солёности основан на том, что отношение растворенных солей друг к другу и к общей солёности фактически всюду одно и то же. Отсюда вытекает, что, если мы можем определить количество одной соли, то можем вычислить и общий вес всех наличных солей. Количество хлора в образцах морской воды определяется легко и быстро по методу титрования. Чтобы у различных наблюдателей получались сравнимые определения хлора, вернее всей суммы галоидов, Международная Комиссия для Исследования Моря в настоящее время выпускает «Нормальную морскую воду».

В основе другого метода определения солёности лежит то, что преломляющая способность воды, т. е. отклонение, которое претерпевает луч света, переходя из воздуха в воду, стоит в определенной связи с солёностью, а третий метод основан на измерении электропроводности морской воды. Но в общем, можно сказать, что методы определения солёности на основании преломляющей способности и электропроводности не вошли в общее употребление.

Распределение солёности (см. таб. III). На изменения солёности поверхностных вод океана влияют осадки и испарения, речные воды и действие ветров. В общем, мы находим высокую

соленость там, где высокая температура и сильное испарение, дождя же выпадает мало, и наоборот; например, наибольшую соленость мы встречаем в восточной части Средиземного моря и в северной половине Красного моря, где соленость повышается до 39 на тысячу, это—области сильного испарения и малого количества осадков. С другой стороны, самую низкую соленость (ниже 34 на тысячу) мы встречаем в северо-восточной части Индийского океана, в Бенгальском заливе, в Малайском архипелаге и в западной части Китайского моря, где количество осадков чрезвычайно велико, а испарение слабо. В экваториальных областях всех океанов есть полоса пониженной солености воды, и такие же области опресненной воды окружают тающие льды в арктических и антарктических областях. Там, где реки входят в океан, более легкая речная вода удерживается на поверхности, и ее опресняющее влияние можно проследить на далекое расстояние от суши, а когда в этой речной воде имеется большое количество взвешенного вещества, то, падая на дно, этот осадок увлекает с собою и некоторое количество пресной воды, разбавляя, таким образом, ниже лежащую соленую воду до больших глубин. Влияние рек отчетливо наблюдается в Балтийском и Черном морях, где соленость не превосходит 20 на тысячу, и в Гвинейском заливе, где соленость ниже 32 на тысячу¹.

¹ Соленость Черного моря очень разнообразна. Для большей массы его поверхностных вод принимается концентрация в 18 г. на 1 литр. С глубиной эта концентрация увеличивается и у 200-саженной глубины достигает в среднем 22·5 г. на литр, и эта крепость раствора является уже постоянной для всех ниже лежащих слоев воды. У берегов соленость понижается; в особенности велико это понижение в северо-западной части моря, — в районе влияния Днепра, Днестра, Дуная и др. рек. У берегов Одессы, например, вода моря весной и в начале лета (май—июнь) почти совершенно опреснена. Имеющиеся анализы показали, что у берегов Одессы концентрация морской воды колеблется в пределах 2·79—19·27 г. на литр; являясь всегда наиболее опресненным в мае и затем постепенно усиливая свою концентрацию, море у Одессы доводит ее до максимального, указанного выше (19·27 ‰), предела в январе. Следовательно, в начале купального сезона море у Одессы приблизительно в 6—7 раз более опреснено, чем у берегов Крыма. Впрочем, ветры сильно влияют в этом отношении, нарушая указанную правильность изменений, и обуславливают временное появление у берегов более соленой воды и в иные месяцы.

Азовское море еще более опреснено; его соленость в среднем определяется только в 10 г. солей на литр воды. Опреснителем его являются реки Дон и Кубань.

Прим. ред.

В постоянных антициклонных¹ областях больших океанов соленость очень велика (в области Саргассова моря, в северном Атлантическом океане, она может достигать 37·9 на тысячу); из этих областей ветры расходятся по всем направлениям, и производимый таким образом отток атмосферы уравнивается большими нисходящими течениями чрезвычайно сухого воздуха с неизбежным отсюда весьма значительным испарением.

В тропических областях преобладающие ветры гонят поверхностную воду на запад к восточным берегам материков, где, соответственно этому, мы находим на большей глубине теплую и соленую воды, чем где-либо в другом месте (если только количество осадков здесь не чрезмерно велико). С другой стороны, на восточных сторонах океанов, где берут свое начало пассаты, например, близ западных берегов Африки и Южной Америки, теплая соленая поверхностная вода угоняется в открытое море, а снизу выступает взамен ее более холодная и опресненная вода.

В северном Атлантическом океане преобладающие ветры не доходят до восточных берегов Соединенных Штатов, где преобладают уже юго-западные ветры, и потому более высокая соленость здесь встречается на некотором расстоянии от берегов в открытом море. К югу от 40° северной широты господствующие ветры, передвигаясь дальше на восток, становятся более западными и постепенно переходят в северо-западные, а затем, с приближением к северо-западному берегу Африки, где они дуют по направлению к суше, и в северные; здесь более высокая соленость и наблюдается у самого берега. В южной части Атлантического океана юго-восточные пассаты доходят до южноамериканского берега, от мыса Св. Рока до устья Лаплаты, и как раз близ этого берега мы и находим более высокую соленость. Влияние господствующих ветров очень отчетливо заметно и в открытом океане. В тропической части Атлантического океана линия среднего барометрического минимума², к которой несутся господствующие ветры и сопровождающие их океанические

¹ Антициклонные области — области высокого барометрического давления. В Атлантическом океане это — участок его между островами Мадейрой и Бермудскими.

Прим. ред.

² Средний барометрический минимум (изобара 760 мм.) — в поясе тишины.

Прим. ред.

течения, во все времена года проходит севернее экватора, а поэтому поверхностные течения южного Атлантического океана, порожденные и поддерживаемые юговосточными пассатами, пересекают экватор и переносят высокую температуру и высокую соленость в северное полушарие. Замечательный факт, что соленость северного Атлантического океана отчетливо более высока, чем соленость других океанов, находит себе объяснение в огромных поступлениях сюда поверхностных течений из южной части Атлантического океана, а с другой стороны столь же замечательное для этого океана возростание солености на больших глубинах объясняется поступлением высоко концентрированных вод из Средиземного моря (см. рис. 2).

Ив. 53933,

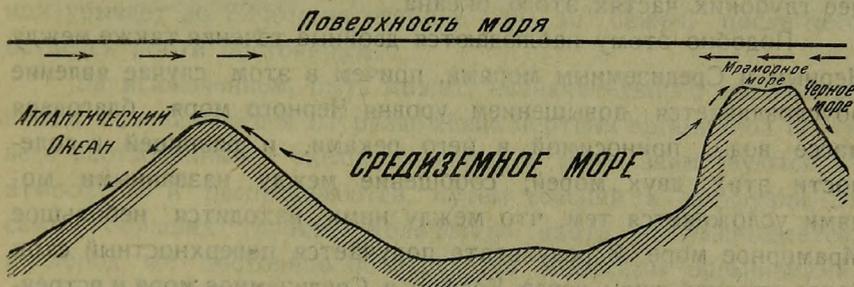


Рис. 2

Схематический разрез встречных течений между Средиземным морем и Атлантическим океаном, а также между Средиземным и Черным морями.

В западной части Тихого океана, напротив, линия барометрического минимума лежит к югу от экватора в течение восьми месяцев года, и соответственно этому северные ветры, с сопровождающими их океанскими течениями, пересекая экватор, доходят до 15° южной широты, неся высокую соленость в южные части Тихого океана. Таким образом, условия солености в Атлантическом и Тихом океанах имеют противоположный характер, и самая высокая соленость оказывается к северу от экватора в Атлантическом и к югу от него в Тихом океане.

Говоря вообще, соленость морской воды на глубине уменьшается до 800 или 1000 м. сажен и затем снова растет с приближением ко дну.

Уже давно известно, что между Средиземным морем и северным Атлантическим океаном существует обмен воды через

Меррей

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ОКРУЖНАЯ
 БИБЛИОТЕКА
 ИМЕНИ
 В. В. БЕЛИНСКОГО

Гибралтарский пролив: по верху идет вода из Атлантического океана в Средиземное море, а под этим поверхностным течением существует обратное из Средиземного моря в Атлантический океан. Причиной такого двойного обмена является понижение уровня Средиземного моря, вследствие усиленного испарения в нем, и чрезвычайное различие солёности этих двух водоемов. Подводный порог в проливе покрыт толщей воды около 200 м. сажен, так что непосредственное сообщение между этими двумя бассейнами ограничивается только этой глубиной. Вытекающая теплая, плотная, более солёная вода, вступая в северный Атлантический океан, постепенно опускается вглубь, оказывая заметное влияние на повышение температуры и солёности в более глубоких частях этого океана.

Подобно этому наблюдаются двойные течения также между Черным и Средиземным морями, причем в этом случае явление обуславливается повышением уровня Черного моря, благодаря массе воды, приносимой в него реками, и разницей в солёности этих двух морей; сообщение между названными морями усложняется тем, что между ними находится небольшое Мраморное море. В результате получается поверхностный сток более пресной воды через Босфор в Средиземное море и встречное подводное течение плотной солёной воды Средиземного моря в Черное (см. рис. 2). Аналогичный обмен вод, посредством поверхностного и глубинного течения, существует и между Красным морем и Индийским океаном, чрез Бабельмандебский пролив.

Газы в морской воде. Грубо говоря, атмосферный воздух состоит на четыре пятых из азота и на одну пятую из кислорода; кислород растворяется в воде гораздо больше, чем азот, так что при растворении воздуха в воде эти два газа входят в нее не в одинаковой пропорции, и отношение кислорода к азоту значительно повышается. Сухой воздух, свободный от посторонних веществ, содержит около 21 процента кислорода; воздух, извлеченный из дождевой воды, содержит около 31 процента кислорода, а в воздухе из морской воды его оказывается около 34 процентов, причем эта величина колеблется в зависимости от температуры и давления.

На растворимость этих газов влияет температура воды, причем, чем выше температура, тем меньше поглощается газа, так что полярные воды должны содержать, и действительно со-

держат, больше растворенных газов, чем тропические. Наибольшее количество азота и кислорода «Чалленджер»¹ нашел в Антарктическом океане, где вода содержала 23·58 кубических сантиметров этих газов на литр (23·58 частей на тысячу), а минимум был найден в тропической западной части Атлантического океана, где вода содержала только 11·85 куб. см. этих двух газов на литр воды. В первом случае кислород составлял 35·01 процентов всей газовой смеси, а в последнем 33·11 процентов. В Норвежском море процентное содержание кислорода в смеси изменяется от 31·0 до 36·7, причем к северу от 70° с. ш. среднее содержание составляет 35·64, а к югу от него 34·96%; среднее содержание кислорода на поверхности, 35·3%, с глубиной убывает до 32·5% на глубине 300 м. сажен, после чего остается почти постоянным.

За исключением, быть может, незначительного количества азота, получающегося от разложения мертвых организмов, почти весь растворенный в океане кислород и азот заимствуются из атмосферы и распределяются, путем течений и диффузии, до самых больших глубин. Количество азота не уменьшается, кислород же постоянно потребляется морскими организмами, для дыхания живых и для гниения мертвых; на поверхности происходит постоянное обновление кислорода, но не будь общего круговорота вод, хотя бы происходящего весьма медленно, относительное количество кислорода в глубинах океана, в конце концов, могло бы свестись к нулю.

Многочисленные анализы взятой с глубины воды обнаруживают наличие поглощенного кислорода всюду, так что в открытом океане нет абсолютного застоя даже на самых больших глубинах. В некоторых замкнутых морях, как Черное, где перемещения воды в отвесном направлении почти нет, кислород на глубине отсутствует¹.

Угольной кислоты, в форме свободного газа, в морской воде имеется очень немного; в большем количестве она наблюдается в соединениях, — в виде карбонатов и бикарбонатов, так что, хотя в литре морской воды может содержаться 50 куб. см. угольной кислоты (50 частей на тысячу), однако из них только

¹ То же наблюдается и в Каспийском море: в Среднем Каспии на глубине 700 м. — полное отсутствие кислорода, а в Южном обнаруживается лишь 0·04 куб. см. на литр.

несколько десятых долей кубического сантиметра будут в растворе, в виде свободного газа. Это количество значительно колеблется, завися в сильной степени от деятельности растений и животных и от атмосферных условий. Там, где в воздухе имеется много угольной кислоты, как в областях, близких к суше, и близ вулканических местностей, и поглощается ее морем много. Давление угольной кислоты над сушей обыкновенно больше, чем над морем, и это давление может быть меньше в воздухе над морем, чем в самом море, — в этом случае угольная кислота должна переходить из моря в воздух. Таким образом, соответственно обстоятельствам, существует обмен угольной кислоты между воздухом и морем, и море оказывает регулирующее влияние на содержание угольной кислоты в атмосфере. В некоторых местах было найдено, что количество угольной кислоты в воде с глубиной возрастает.

Газы в Черном море. Химические условия в Черном море, по сравнению с условиями открытого океана, представляют некоторые особенности, на которых следует вкратце остановиться. Было вычислено, что количество воды, поступающей в Черное море из Средиземного в виде подводного Босфорского течения, составляет в год только 1/2500-ую часть всего объема Черного моря, так что, при постоянном обновлении поверхностных слоев, вода более глубоких слоев может обновляться только один раз в 2500 лет или еще медленнее. Вследствие этого верхние слои до глубины около 125 м. саж. имеют нормальный состав и содержат растворенный воздух в достаточном для поддержания жизни количестве, но в более глубокие слои кислород может доставляться только путем диффузии и при помощи подводного Босфорского течения, — следовательно, слишком медленно для поддержания жизни. С глубиной количество атмосферных газов уменьшается и в то же время образуется сероводород, количество которого с глубиной постепенно увеличивается, составляя 33 куб. см. на 100 литров (или 0.33 части на тысячу) на глубине 100 м. саж., 222 куб. см. на 200 м. саж., 555 на 950 и 655 на 1185 м. саж.¹. Одновременно с этим появляются суль-

¹ Верхней границей сероводорода в Черном море является 100-саженная глубина. Выше этого горизонта он не существует, так как окисляется кислородом, который содержится в этом верхнем, постоянно обновляемом, слое воды. М. Егунов высказал взгляд, что это окисление

фиды (сернистые соединения), количество коих с глубиной растёт. Образование сероводорода приписывают деятельности бактерий; он частью вступает в соединение с солями железа, а частью в свободном состоянии остается в воде, где сохранению его благоприятствует бедность более глубоких вод кислородом. В результате, в более глубоких водах получают другие химические сочетания и отложения, как, например, относительно уменьшается количество сульфатов (сернокислых соединений) и увеличиваются карбонаты, а также отлагается порошкообразная углекислая известь.

совершается, как и самое образование водорода, тоже бактериями (сульфобактериями), которые в этом пограничном слое образуют громадную бактериальную пленку, расстилающуюся по всей площади моря, в пределах 100-саженной глубины.

Прим. ред.

ГЛАВА IV

Воды океана: температура

Свойства пресной и соленой воды. Прежде чем рассматривать распределение температур в океане, будет уместно вспомнить о некоторых хорошо известных свойствах воды. Хотя значение термина «температура» часто менялось в ученых спорах, современная кинетическая теория тепла дает этому слову, кажется, уже совершенно определенное значение. Тепловая энергия, сообщенная веществу, повышает кинетическую энергию переноса молекул, как целого, и только эта часть тепловой энергии влияет на температуру: только одноатомные молекулы удерживают всю теплоту, ими получаемую, в форме теплоты, обнаруживаемой термометром. Кроме того, тепловая энергия во всех веществах, кроме одноатомных газов, может производить некоторые другие виды движения, как, например, вращательное движение части молекул или колебательное движение части атомов внутри молекулы. Эти молекулярные движения можно назвать переносным теплом, вращательным теплом и колебательным теплом. Такие движения усиливаются с повышением температуры и уменьшаются с ее понижением, но они не тождественны с изменениями температуры. Далее, изменение содержащегося в веществе тепла может изменять его агрегатное состояние, молекулярные или интермолекулярные соотношения, не влияя непременно на температуру. Температура не есть то же, что теплота; она не есть свойство какого-нибудь отдельного тела, — ее можно определить, как состояние или условия вещества, от которых зависит его относительная способность отдать или получить тепло.

Вода может поглощать больше тепла, — имеет большую теплоемкость, — чем какое бы то ни было другое жидкое или твердое тело. Теплоемкость воды в тридцать раз больше теплоемкости ртути, т. е. количество тепла, нужное для того, чтобы

поднять температуру одного килограмма воды на известное число градусов, в тридцать раз больше того, какого требует для той же цели равная масса ртути. Теплоемкость пара и льда вдвое меньше теплоемкости воды в жидком состоянии. В силу этого вода не нагревается лучами солнца в такой степени, как суша, но и не охлаждается так быстро при отсутствии солнечных лучей. Другую резкую особенность пресной воды составляет то, что она достигает наибольшей плотности при $+4\cdot0^{\circ}$ (по Цельсию). Выше этой температуры объем воды с нагреванием увеличивается, а плотность уменьшается, но и ниже этой температуры объем увеличивается и плотность уменьшается с падением температуры. Замерзая при 0° , лед — в этом его отличие от большинства других веществ — занимает бóльший объем, чем равное по весу количество воды.

Теплоемкость морской воды меньше теплоемкости пресной воды, и морская вода проводит тепло лучше, чем пресная. Далее, точка замерзания и точка наибольшей плотности морской воды зависят от ее солености. Вода с соленостью 35 на 1000 замерзает при температуре около -2° , а наибольшей плотности достигает на точке замерзания¹. Отсюда вытекает, что всякая морская вода, охлаждаясь, всегда будет тонуть в воде такой же солености, тогда как пресная вода с температурой $4\cdot0^{\circ}$ будет всегда тонуть в воде иной температуры, — более высокой или более низкой.

При рассмотрении всех вопросов, связанных с круговоротом пресной воды в озерах и соленой воды в океане в высокой степени важно всегда помнить эти основные факты. Ими объясняются резкие различия в распределении температур в пресноводных озерах и в океане.

Методы и приборы, употребляемые для наблюдения температур на поверхности и на больших глубинах океана, были вкратце описаны в главе I, так что теперь мы можем перейти к рассмотрению того, как распределяются температуры в больших океанах.

Распределение температур. Говоря вообще, распределение температур на поверхности зависит от географического поло-

¹ Говоря точнее, вода с соленостью 35 на 1000 замерзает при $-1\cdot9^{\circ}$, а максимальную плотность имеет при $-3\cdot5^{\circ}$ (Krümmel, Lehrbuch der Oceanographie, I, ss. 235, 241).

жения: вода у полюсов холодна, как лед, а под экватором она имеет температуру в 27° слишком, но положение изотермических линий во многом изменяется господствующими ветрами, расположением масс суши и положением областей барометрических максимумов и минимумов.

В экваториальных областях земного шара есть почти непрерывная широкая полоса, в которой средняя годовая температура на поверхности воды превосходит 26.5° . К северу и к югу от этой полосы, к полярным областям, температура постепенно падает. Между широтами 40° северной и 40° южной, за исключением северной части Атлантического океана, где это заходит за параллель 40° с. ш., мы находим среднюю температуру в 15° с лишним. Средняя температура 4° слишком в южном полушарии приблизительно совпадает с параллелью 55° ю. ш., тогда как в северной части Атлантического океана она заходит к северу от 70° с. ш. за Нордкап. Около 16 процентов всей поверхности океана имеет среднюю температуру ниже 4.5° .

В Атлантическом океане и в восточной части Тихого области высокой поверхностной температуры (свыше 26.5°) лежат к северу от экватора, благодаря тому, что в этих частях океана юго-восточные пассаты заходят к северу от экватора, просто в силу географического распределения здесь атмосферного давления. Совсем иначе обстоит дело в западной части Тихого океана, где область высокой поверхностной температуры (свыше 26.5°), к востоку от Австралии, доходит до 20° ю. ш. благодаря тому, что в продолжение восьми месяцев в году линия наименьшего барометрического давления лежит к югу от экватора, сопровождаемая северными ветрами, которые гонят к югу более теплые поверхностные воды западного Тихого океана.

В Индийском океане, в северо-западной части Аравийского моря, преобладает сравнительно низкая поверхностная температура, причиной чего являются господствующие северо-западные ветры, увлекающие поверхностную теплую воду к юго-востоку и, таким образом, заставляющие выступать на поверхность у мыса Гвардафуй более холодную глубинную воду. С другой стороны, господствующие летом ветры у начала Бенгальского залива имеет южное и юго-восточное направление, разнося теплые поверхностные воды из тропических областей по всей северной части этого моря.

В восточной части северного Атлантического океана господствующие южные и юго-западные ветры уносят теплые поверхностные воды с юга в высокие широты, тогда как в западной его части, близ Новой Шотландии, господствующие северо-западные ветры в холодные месяцы года увлекают холодные арктические воды к югу. Понижение поверхностной температуры у северо-западного берега Африки является непосредственным результатом загиба господствующих ветров в этой северной части Атлантического океана к северо-западу и северу, что вызывает перенос, таким образом, поверхностных вод из более высоких в более низкие широты. Понижение температуры по таким же причинам замечается у западных берегов всех материков в области пассатов, где преобладающие ветры дуют из пустынь и из высоких широт в более низкие (следовательно, из более холодных областей в более теплые) и потому являются сухими ветрами, вызывающими сильное испарение. С другой стороны, в этих же широтах, у восточных берегов материков, где господствующие ветры направляются из более низких в более высокие широты (и, значит, из более теплых в более холодные области) и потому стремятся отдать свою влагу в форме теплых дождей, наблюдается повышение температуры.

Колебания температур. В каждом данном месте температура воды на поверхности океана колеблется изо дня в день и из года в год, но в гораздо меньших пределах, чем на суше. Тепло солнца быстро поглощается на поверхности и распространяется вниз; но усиливающееся с повышением температуры воды испарение задерживает быстроту этого повышения; а когда температура воды понижается, конденсация водяных паров в воздухе, осаждающихся на поверхности моря, задерживает быстроту падения температуры; когда температура становится очень низкой, начинается замерзание воды, опять-таки замедляющее дальнейшее падение температуры.

Суточное колебание температуры воздуха над сушей местами очень велико, как, например, в областях тропических пустынь, где днем температура воздуха может подниматься до 50° слишком, а ночью падать ниже точки замерзания. Это представляет резкий контраст с тем, что наблюдается в воздухе над океаном, и еще больший контраст с тем, что происходит на поверхности воды самого океана. Например,

за 126 суток на «Чалленджере» наблюдалась в северной части Атлантического океана средняя амплитуда суточных колебаний температуры воздуха над морем в $1\cdot8^{\circ}$, а за 76 суток, когда «Чалленджер» был вблизи суши, средняя суточная амплитуда составляла $2\cdot4^{\circ}$: температура воздуха над морем вблизи суши колебалась сильнее, чем в открытом океане. За те же 126 дней средняя суточная амплитуда температуры поверхностной воды северного Атлантического океана составляла только $0\cdot4^{\circ}$ или четверть той же величины для воздуха над ним. Исследование температур, наблюденных «Чалленджером» в других частях земного шара, показывает, что, по всей вероятности, нигде в открытом океане среднее суточное колебание температуры поверхностной воды не превышает полуградуса; что атмосфера над океаном поэтому, можно считать, лежит спокойно или движется над поверхностью, имеющей почти одну и ту же температуру во все часы суток,—обобщение первостепенной важности для изучения атмосферы и метеорологии океана.

Годовое колебание температуры поверхностной воды океана может иногда превосходит 28° в некоторых областях, где в одно время года на поверхности находится холодная вода, идущая из полярных морей, а в другое — теплая вода из тропических морей; но, с другой стороны, и в тропических и в полярных морях есть огромные области, где вся амплитуда за год не превосходит немногих градусов. По карте годовых колебаний поверхностной температуры океана (см. табл. IV), построенной на основании наблюдений самых высоких и самых низких температур в квадрате со стороною в два градуса по всем океаническим бассейнам, можно видеть, что поверхность океана делится на 5 поясов, а именно, на пояс малой амплитуды и высокой температуры, включающий тропические области, два пояса малой амплитуды и низкой температуры в полярных областях и два промежуточных пояса большой амплитуды в двух умеренных областях земного шара.

Амплитуда, не превышающая $4\cdot5^{\circ}$, имеет место в Ледовитом океане, омывающем северные берега Азии и Америки, большей частью внутри полярного круга, и в южном Ледовитом океане приблизительно до 50° ю. ш. Всюду в этих двух полярных областях наблюдения дают колебания от $-2\cdot2^{\circ}$ до $10\cdot0^{\circ}$, хотя ни в одном из квадратов со стороною в два градуса она

не превосходит 4.5° , а в некоторых квадратах составляет даже меньше 2.7° .

Амплитуду ниже 4.5° , но с высокой температурой мы находим также в почти сплошном междутропическом поясе кругом земного шара, который прерывается только в Тихом океане, у западных берегов Центральной Америки; в центральной части южного Тихого океана этот пояс заходит к югу до 30° ю. ш. Внутри всего этого пояса наблюдения дают температуру от 21° до 32° , хотя в каждом отдельном двуградусном квадрате амплитуда не превосходит 4.5° . Это практически охватывает область коралловых рифов земного шара.

Переходя теперь к тем частям поверхности моря, где амплитуда больше 4.5° , мы находим, что наибольшие размеры имеет область с амплитудой от 4.5° до 9.0° ; эта область захватывает промежутки между тропическим поясом и полярными морями с малой амплитудой, только что упомянутыми, и в некоторых местах имеет части с амплитудой свыше одиннадцати градусов.

Амплитуду в 11° слишком мы находим в южном полушарии к югу от тропика, в сплошной полосе, пересекающей южный Атлантический океан и большую часть южного Индийского океана с отдельными областями у южной Австралии, Новой Зеландии и Южной Америки; в северном полушарии обширные области пересекают северные части Тихого и Атлантического океана, заходя в Средиземное и Балтийское моря.

Амплитуда в 17° слишком наблюдается в двух больших областях: во-первых, в северо-западной части Атлантического океана, у восточного берега Северной Америки, между 30° и 50° с. ш. и, во-вторых, в северо-западной части Тихого океана, у восточного берега Азии, между 22° и 56° с. ш.; меньшие области мы имеем в Средиземном и Черном, в Балтийском и Немецком морях, у входа в Красное море и Персидский залив, у устья Лаплаты и к югу от мыса Доброй Надежды и Мадагаскара, на параллели 40° ю. ш.

Амплитуду в 22° слишком мы встречаем в северо-западных областях Атлантического и Тихого океанов, где находятся места с наибольшим колебанием температуры поверхностной воды на земном шаре, а также в северо-западной части Черного моря и в восточной части Средиземного моря близ Кипра.

Амплитуда поверхностной температуры в 28° слишком встречается только в северо-западных частях Атлантического и Тихого океанов. Эта область в северном Атлантическом океане гораздо более значительна и тянется вдоль североамериканского берега к югу от Новой Шотландии, а по направлению в море почти до 50° западной долготы; наибольшая отмеченная амплитуда для отдельного двуградусного квадрата составляет 29° (от -2.2° до $+26^{\circ}$), тогда как наибольшая амплитуда во всей этой области составляет 31° (от -2.8° до $+28.3^{\circ}$). Соответственная область северного Тихого океана лежит близ берега Азии в Японском море почти в той же широте, что и Атлантическая область (40° с. ш.); наибольшая отмеченная амплитуда для отдельного двуградусного квадрата составляет 29.3° (от -1.8° до $+27.5^{\circ}$), а наибольшая амплитуда во всей области составляет почти 30.5° (от -1.8° до $+28.7^{\circ}$ С).

С океанографической точки зрения области с большой амплитудой поверхностной температуры играют чрезвычайно важную роль своим влиянием на организмы, о чем будет еще речь ниже.

Самая низкая температура на поверхности моря, -3.3° , была отмечена в северной части Атлантического океана, к востоку от Новой Шотландии, а наиболее высокая в открытом океане, $+32.2^{\circ}$, была отмечена в тропической части Тихого океана к северу и к югу от экватора, тогда как в Красном море и в Персидском заливе наблюдались температуры 34.4° и 35.6° соответственно. Таким образом, наибольшая, поскольку мы знаем, амплитуда температуры моря, на поверхности, по всему земному шару составляет почти 39° (от -3.3° до $+35.6^{\circ}$), — величина очень небольшая по сравнению с крайними изменениями температуры на суше, которые могут превосходить 120° .

Температурные условия под поверхностью воды. Обратимся теперь к распределению температур в глубинах океанов. За исключением ледяных областей далекого севера и далекого юга, а также некоторых других исключительных мест, температура воды в океане убывает от поверхности вглубь. В тропических областях, где на поверхности лежит теплая вода (24° или 27°), температура сначала убывает очень быстро, так что мы имеем сравнительно тонкий слой теплой воды, а затем все медленнее вглубь по направлению ко дну. Таково общее пра-

вило распределения температуры в открытом океане, но частично замкнутые моря, как моря вдоль западного берега Тихого океана, отрезанные от общего океанского круговорота более или менее глубоко лежащими порогами, составляют исключение, и в этих морях температурные условия глубин определяются высотой и положением порогов. Так, если мы предположим, что какое-нибудь из этих морей отделяется от открытого океана порогом, покрытым слоем воды в 500 м. сажен, то окажется, что до глубины 500 м. сажен температура и в закрытом море и в открытом океане будет убывать одинаково; но ниже 500 м.

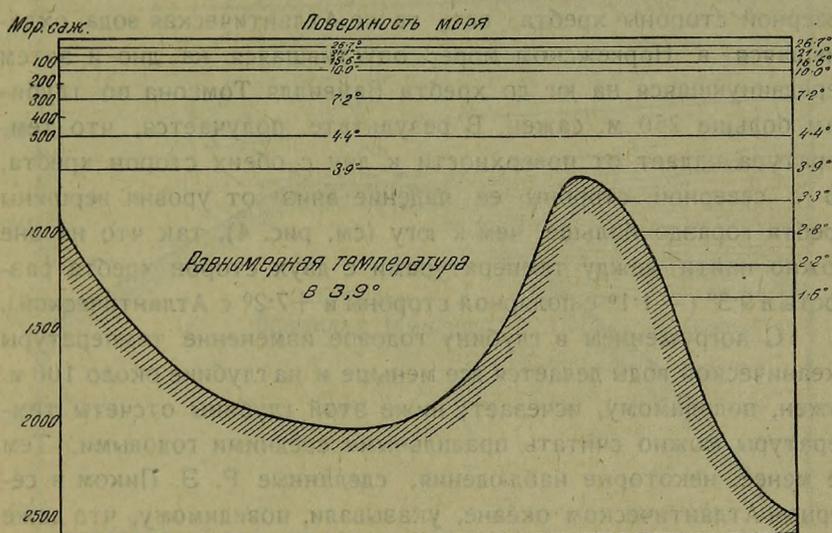


Рис. 3

Схематический разрез через порог, разделяющий Целебесское море и северный Тихий океан, с указанием распределения температур.

сажен температура в открытом океане будет продолжать убывать вниз по направлению к дну, тогда как в замкнутом море глубже 500 м. сажен этого понижения температуры не будет. Иными словами, глубина водоема замкнутого моря будет занята водой, которая как бы перелилась через порог из открытого океана с той температурой, которая соответствует температуре вершины порога (см. рис. 3). Таковы случаи Сулусского (Sulu Sea), Бандского (Banda Sea) и других морей.

Глубинные воды замкнутого водоема могут иметь температуру, определяемую средней земной температурой воздуха дан-

ной области, и тогда эти глубинные воды текут в виде подводного течения через порог в открытый океан, как, например, в случае Средиземного и Красного морей.

Другое изменение в распределении температур, производимое порогами, мы находим в том случае, когда полярный бассейн отрезан от общего круговорота океанов, как в случае Норвежского моря, отрезанного от Атлантического океана хребтом Вайвилля Томсона, вершина которого покрыта толщей воды от 200 до 250 м. сажен. Здесь теплая Атлантическая вода течет по направлению к северу, а холодная вода, находимая с северной стороны хребта, есть та же Атлантическая вода, охладившаяся в Норвежском море, опустившаяся на дно и затем передвинувшаяся на юг до хребта Вайвилля Томсона по глубинам больше 250 м. сажен. В результате получается, что температура падает от поверхности к дну с обеих сторон хребта, но с северной стороны ее падение вниз от уровня вершины хребта гораздо больше, чем к югу (см. рис. 4), так что на дне можно найти между температурами с двух сторон хребта разность в 9.3° (-1.1° с полярной стороны и $+7.2^{\circ}$ с Атлантической).

С погружением в глубину годовое изменение температуры океанической воды делается все меньше и на глубине около 100 м. сажен, повидимому, исчезает; ниже этой глубины отсчеты температуры можно считать правильными средними годовыми. Тем не менее, некоторые наблюдения, сделанные Р. Э. Пиком в северном Атлантическом океане, указывали, повидимому, что даже в глубине могут быть небольшие годовые или другие изменения, что до некоторой степени подтверждается и наблюдениями температуры, сделанными на „Михаиле Сарсе“ в 1910 году в тех же местах, где такие наблюдения были сделаны „Чалленджером“ в 1873 году.

Чтобы показать постепенное понижение температуры с глубиной в открытом океане, мы даем здесь таблицу средних температур для всего океана, вычисленную из совокупности наблюдений на указанной глубине во всех широтах, по отчету «Чалленджера», о циркуляции в океане:

Глубина	100	200	300	400	500	600	700	800	мор. саж.
Средняя температура	15.94°	10.05°	7.05°	5.44°	4.50°	3.89°	3.39°	2.94°	С.
Глубина	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2200	мор. саж.
Средняя температура	2.67°	2.50°	2.28°	2.21°	2.00°	1.89°	1.83°	1.78°	С.

На глубине 100 мор. сажен между 30° с. ш. и 30° ю. ш. температура в западных частях океанских водоемов гораздо выше, чем в восточных. Это обуславливается идущими на запад океаническими течениями, которые создаются и поддерживаются северо-восточным и юго-восточным пассатами, гонящими перед собой теплые поверхностные воды по направлению к восточным берегам материков.

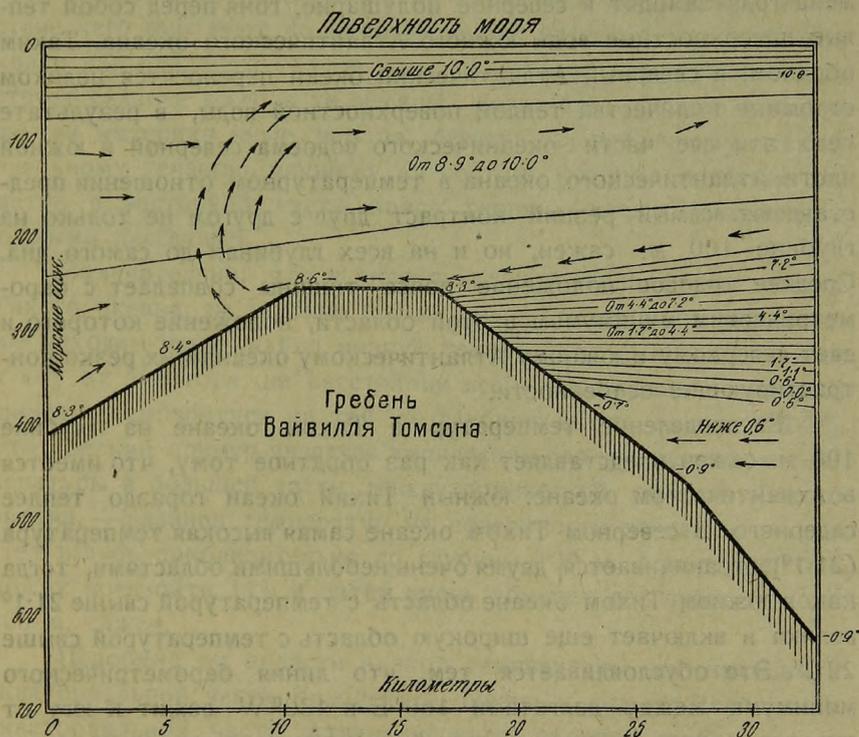


Рис. 4

Схематический разрез через гребень Вайвилля Томсона, с указанием распределения температуры и течений.

Северная и южная части Атлантического океана, на этой глубине, представляют между собой резкий контраст, и северная гораздо теплее южной. В южном Атлантическом океане область с температурой, превышающей среднее для этой глубины, невелика по сравнению с такой же областью в северном Атлантическом океане, и самая высокая температура в южном Атлантическом океане составляет только 17.2° , тогда как в северном

есть большая область с температурой выше 17.2° , содержащая две небольших области с температурой до 21.1° каждая. Этот контраст обуславливается тем, что в Атлантическом океане так называемый пояс тишины между северным и южным пассатами во все времена года лежит севернее экватора, доходя до своей северной границы под 13° с. ш. в июле и до южной границы под 2° с. ш. в январе. Поэтому юго-восточные пассаты во все времена года заходят в северное полушарие, гоня перед собой теплые поверхностные воды южного Атлантического океана. Таким образом, в северный Атлантический океан переносятся целиком огромные количества теплой поверхностной воды, в результате чего эти две части океанического водоема северной и южной части Атлантического океана в температурном отношении представляют самый резкий контраст друг с другом не только на глубине 100 м. сажен, но и на всех глубинах до самого дна. Среднее годовое положение пояса тишины совпадает с барометрическим минимумом в этой области, положение которого и дает северному и южному Атлантическому океанам их резко контрастирующие особенности.

Распределение температур в Тихом океане на глубине 100 м. сажен представляет как раз обратное тому, что имеется в Атлантическом океане: южный Тихий океан гораздо теплее северного. В северном Тихом океане самая высокая температура (21.1°) ограничивается двумя очень небольшими областями, тогда как в южном Тихом океане область с температурой свыше 21.1° велика и включает еще широкую область с температурой свыше 22.2° . Это обуславливается тем, что линия барометрического минимума между долготами 160° E и 130° W лежит к югу от экватора. Это положение вещей в существенном сохраняется в течение восьми месяцев в году, выражаясь резче всего в декабре, январе и феврале, когда барометрическое давление в Австралии очень низко и когда северо-восточные пассаты и океанические течения западного Тихого океана проникают в его южную часть приблизительно до 15° ю. ш.

Резкую особенность температуры 100-саженной глубины во всех океанах представляет отчетливое повышение ее в восточной экваториальной области каждого океана с приближением к материку. Так, в Тихом океане около Галапагосских островов температура составляет 16.7° или на семь градусов выше, чем

на той же широте немного дальше к западу; в Атлантическом океане, в Гвинейском заливе, температура поднимается до $15\cdot0^{\circ}$, т. е. на три градуса выше, чем дальше к западу. В Индийском океане, в Бенгальском заливе, температура подымается до $15\cdot6^{\circ}$, т. е. на $2\cdot2^{\circ}$ выше, чем к югу и к западу от него. Это отчетливое повышение температуры приписывают двум причинам: 1) муссонному отклонению пассатов от их западного направления, вследствие чего они дуют по направлению к нагретой суше материков и над ней, неся теплые воды к берегу; эта причина действует сильнее всего в те месяцы, когда атмосферное давление внутри материка ниже, чем на берегу¹; 2) встречному экваториальному течению, идущему на восток, которое особенно заметно в восточной части пояса тишины между северными и южными пассатами.

Замечательно, что в экваториальной области восточного Тихого океана, на глубине 100 м. сажен к северу от экватора, мы находим чрезвычайно низкую температуру ($10\cdot0^{\circ}$), тогда как к югу от экватора, на расстоянии всего восемнадцати градусов широты, температура на той же глубине очень высока ($22\cdot2^{\circ}$). Этот резкий пример является типическим для распределения температуры в большей части междутропической области Тихого океана, — разница температур на поверхности невелика, но растет вглубь приблизительно до глубины 100 м. сажен, где она может превзойти 11° , а затем вновь убывает до глубины около 200 м. сажен.

Подобные же области низкой температуры мы находим в экваториальной части Индийского океана к югу от Цейлона и в экваториальной части Атлантического океана, к западу от Нижней Гвинеи. Атлантическая область лежит к югу от экватора, а области Индийского и Тихого океанов расположены к северу от него, иначе говоря, по ту сторону экватора, где теплые воды поверхности, благодаря уменьшению плотности, не диффундируют и не переносятся так быстро вниз на большие глубины.

Область низкой температуры на 100-саженной глубине в Тихом океане с обеих сторон ограничена теми поясами океана, где пассаты наиболее сильны. Эти пассаты гонят к западу те-

¹ Т. е. в теплое время года (с апреля по октябрь).

плые поверхностные течения, которые в силу трения захватывают воду на довольно значительную глубину. В результате эти течения, собственно пассатные, захватывают значительную долю своей воды непосредственно из области пояса тишины между северным и южным пассатами; отсюда здесь неизбежно возникает восходящий ток воды. Эти области низкой температуры во всех океанах лежат к западу от материков на некотором расстоянии, которые, повидимому, пропорциональны ширине океана.

На глубине 300 м. сажень наиболее высокая температура в северной части Атлантического океана дает еще более резкое отличие от южной части, чем на меньших глубинах: самая высокая температура этой глубины южного Атлантического океана (8.9°) занимает очень небольшую площадь, тогда как в северной части Атлантического океана мы находим эту температуру приблизительно на половине всей его площади; сюда же входят две области с температурой до 15.6° слишком, — в западной она подымается даже до 17.2° , т. е. на 8.3° выше, чем где бы то ни было в южном Атлантическом океане. Самая высокая температура на этой глубине в других океанах составляет 11.7° , т. е. на 5.5° ниже, чем в северной части Атлантического океана, резко выделяя таким образом этот океан среди всех других в указанном отношении. В Тихом океане температуры выше средней идут непрерывно на восемьдесят градусов по широте в западной части и на сорок градусов по широте в восточной; самая высокая температура составляет 10.6° , приблизительно десятью градусами южнее Японии, и 10.0° на том же расстоянии к северу от Новой Зеландии. Низкая температура (ниже 7.2°) преобладает в средней части океана, непосредственно к югу от экватора. В Индийском океане на этой глубине мы находим температуру выше средней, причем самая низкая температура (7.2°) встречается в море между Австралией и Явой, а самая высокая (выше 11.5°) в открытом океане, к востоку и к югу от Мадагаскара, а также в Красном море и при входе в него.

На глубине 500 м. сажень мы замечаем отчетливые перемены в распределении температур в Атлантическом океане по сравнению с меньшими глубинами; почти во всем южном Атлантическом океане мы находим температуру ниже средней, тогда как почти везде в северном Атлантическом океане она выше

средней; самая высокая температура (12.2°) встречается непосредственно к западу от Гибралтара и является следствием глубинного течения из Средиземного моря. В северной части Тихого океана нет областей высокой температуры, но в южной есть отчетливо заметная область между Австралией и Новой Зеландией, где температура подымается до 6.7° . В Индийском океане температурные условия подобны условиям на глубине 300 м. сажен, а самая высокая температура в открытом океане (7.8°) встречается к юго-востоку от Мадагаскара.

На глубине 700 м. сажен резкую особенность представляет опять-таки высокая температура в северной части Атлантического океана от Гибралтарского пролива (где температура составляет 11.5°) в сторону океана. Самая высокая температура в Тихом океане, к северу от Новой Зеландии и близ Галапагосских островов, составляет 4.4° , а в Индийском океане 6.7° , в западной части Аравийского моря.

На глубине 900 м. сажен самую высокую температуру (5.6°) мы все еще находим в северной части Атлантического океана к западу от Гибралтара, откуда температура непрерывно понижается к западу, как это наблюдается в температуре меньших глубин, но в пределах только около 1° . В южной части Атлантического океана температуры сравнительно выше, а в Тихом океане замечается тенденция к уравнию температур, выраженная более, чем во всех других океанах.

На глубине 1500 м. сажен самые высокие температуры таковы: в северной части Атлантического океана 3.3° , в южной 3.0° , в Индийском океане 2.8° , в северной части Тихого океана 2.5° , в южной 2.2° . В северной и южной частях Атлантического океана мы имеем почти одинаковую температуру, тогда как Индийский является в данном случае самым холодным и значительная часть его имеет температуру ниже средней, — очевидно, под влиянием глубинных течений из Антарктической области.

На глубине 2200 м. сажен в северной части Атлантического океана мы везде имеем температуру выше средней, и наблюдения в пятидесяти пяти пунктах дают в среднем 2.4° , или на 0.6° выше среднего. Во всей южной части Атлантического океана к югу от 10° ю. ш. температура ниже средней, — немного на востоке и очень много на юго-западе; в трех пунктах к вос-

току от Буэнос-Айреса температура составляет только 0.3° , — самая низкая температура, какая только наблюдалась в океанах на этой глубине. В Индийском океане температура везде ниже средней, и наблюдения в двадцати пунктах дали в среднем 1.3° или на 0.5° ниже средней. В значительной части Тихого океана температура ниже средней для этой глубины, с минимумом в 0.7° к югу от Камчатки, но всюду в холодной области Тихого океана вообще отклонение от средней температуры невелико, так что в общем можно сказать, что в Тихом океане на глубине 2200 м. сажен температура близка к средней для всех океанов на этой глубине, а именно 1.8° .

Донные температуры. Поверхность океана можно считать горизонтальной равниной, тогда как дно океана представляет собою волнообразную равнину, и потому карта донных температур, т. е. температур воды, непосредственно касающейся морского дна, сильно отличается от карты поверхностных температур. На поверхности земного шара, и на суше, и на море, линии равных температур идут более или менее параллельно экватору, т. е. с востока на запад, тогда как по дну океана они в общем идут с севера на юг, следуя общему очертанию материков. Более теплые воды, покрывающие ложе океана, образуют узкие полосы в мелких водах вдоль берегов материка и вокруг океанических островов вне полярных областей. Эти полосы теплой воды отделяются друг от друга широкими полосами более холодных вод глубокого моря.

Площадь донной температуры ниже -1.1° ограничивается областью, покрытой льдом Антарктического и Арктического океанов, простираясь в последнем к югу до Фарерских островов. Донную температуру от -1.1° до -1.6° мы находим в области, захватывающей почти все морское ложе Антарктического и Великого (Южного) океанов, на протяжении почти всего Индийского океана, с отростками в Атлантический и Тихий. Наблюдения показывают, что на глубинах свыше 2000 м. сажен средняя температура на дне в северной части Атлантического океана приблизительно на 1° выше средней температуры на дне южной части Атлантического и Индийского океанов, тогда как температура на дне Тихого океана является средней между ними. Донная температура между 4.4° и 10.0° встречается, главным образом, в сравнительно мелких водах тропических об-

ластей, иногда переходя, однако, на значительное расстояние за пределы тропиков, как, например, в северо-восточной части Атлантического океана, где она наблюдается вдоль всего Норвежского берега. Донная температура от 10.0° до 15.6° занимает узкую полосу вдоль берегов материка и вокруг островов между тропиками и вблизи них и захватывает Средиземное море, тогда как донная температура свыше 15.6° ограничивается почти исключительно тропиками и, кроме того, заполняет Красное море и занимает восточный конец Средиземного. Донная температура может достигать 21.1° на глубинах свыше 100 м. сажен вокруг групп коралловых островов в Тихом океане, в западной части Индийского и в Красном море.

Общие замечания. Мы уже указывали, что только 16 процентов всей поверхности мирового океана имеют среднюю температуру ниже 4.4° , тогда как площадь ложа океана на 92 процента покрыта водой, имеющей температуру ниже 4.4° . Было указано также, что теплые поверхностные воды тропических районов образуют сравнительно тонкий слой, и поэтому огромная масса воды в океане должна быть сравнительно холодной. Грубое вычисление показало, что 80 слишком процентов объема воды в океане имеет температуру ниже 4.4° , так что температуру выше 4.4° имеют лишь 20 процентов всей его массы. Средняя температура из всех измерений, сделанных на глубине 500 м. сажен, составляет около 4.4° , так что, обобщая, можно сказать, что вся вода в океане на глубине свыше 500 м. сажен имеет температуру ниже 4.4° ; а это составляет около 87 процентов массы всего океана.

Наиболее поразительным фактом, который открыли наблюдения глубинных температур во всех широтах, является чрезвычайно низкая температура в океане на больших глубинах, примерно, свыше 2000 м. сажен, даже под экватором. Во всей этой действительно глубоководной области, температура лишь очень немного поднимается над точкой замерзания пресной воды, а амплитуда ее, за исключением немногих ограниченных областей, не превосходит 1.1° . Ил, добытый со дна океана под тропиками, настолько холоден, что трудно работать с ним. Самые низкие глубинные температуры наблюдаются в тех частях океана, которые лежат в южном полушарии, и, в общем, с удалением от антарктических областей мы встречаем более

высокие температуры; на тех глубинах в океане, которые, по-видимому, соединены без перерывов с югом, т. е. не отрезаны какими-нибудь подводными хребтами от холодных вод антарктической области, более низкие глубинные температуры заходят дальше к северу.

Нет никаких сомнений в том, что происхождение этих чрезвычайно низких глубинных температур в очень значительной степени нужно относить к Антарктическому океану, ледяные воды которого медленно продвигаются к северу; скорость их продвижения так ничтожна, что его можно назвать скорее медленным расползанием, чем отчетливо заметным движением воды. В то же время очевидно, что повышение температур от дна океана к поверхности обуславливается опусканием вглубь более плотных вод поверхности, несущих вниз свои более высокие температуры, вместе с соленостью, вплоть до самого дна.

Температурные условия Черного моря. Ради контраста с температурными условиями открытого океана интересно бросить взгляд на положение дел в замкнутом море, как Черное; оно является резервуаром огромной массы плотной воды, поступающей из Средиземного моря в его более глубокие части, где она почти застаивается, покрытая поверхностным слоем сравнительно опресненной воды. Вертикальная циркуляция здесь ограничивается только этим поверхностным слоем. Это создает своеобразные физические условия, с почти полным отсутствием жизни на больших глубинах, где в изобилии образуется сернистый водород.

В июле 1890 года температура на поверхности колебалась между 21.9° и 25.9° . Быстро понижаясь с глубиной, она достигала, на глубине 25—50 м. сажен, самого холодного слоя всего моря с температурой между 6.5° и 7.6° , причем наименьшая температура в центральных частях моря, вообще, лежит ближе к поверхности, чем в окраинных. На глубине 100 м. сажен температура колебалась от 7.9° до 9.0° , в среднем 8.7° , тогда как на глубине 200 м. сажен среднее составляло 8.9° и колебание не превосходило четверти градуса. На еще больших глубинах температура была почти везде одна и та же: 9.0° , с максимумом 9.3° в самой глубокой части моря, на 1200 м. саженях; таким образом, на дне вода имела температуру приблизительно двумя градусами выше, чем самая низкая температура 50-ти-саженной глубины.

ГЛАВА V

Воды океана: сжимаемость, давление, цвет, вязкость, прозрачность, приливы, волны, сейши

В предшествующих главах мы рассмотрели соленость и температурные условия мирового океана, и теперь нам следует сказать несколько слов о других физических особенностях, а также о движениях океанических вод, которые нужно принимать в соображение при изучении океанической циркуляции и проблем биологии.

Сжимаемость воды. В 1661 году несколько флорентийских академиков, желая испытать сжимаемость воды, наполнили ею тонкий полый золотой шар и, герметически закрыв, подвергли его давлению с целью изменить его форму, так как им было хорошо известно, что всякое изменение формы шара должно сопровождаться уменьшением его объема. В результате они получили, что вода прошла сквозь поры золота и появилась, в виде росы, на внешней поверхности шара. С тех пор этот опыт повторяли много раз на шарах из других металлов с тем же результатом, и в течение долгого времени все жидкости считали абсолютно несжимаемыми. Однако, дальнейшие исследования показали, что на самом деле жидкости слегка сжимаемы. Согласно некоторым, до 65 атмосфер это сжатие пропорционально давлению, но Тэт и Бёкнанн показали, что с повышением давления сжимаемость слегка уменьшается. Вода под давлением одной атмосферы сжимается на одну двадцатитысячную своего объема. На глубине 4000 м. сажен давление должно уменьшать объем 10 500 литров поверхностной воды приблизительно до 10 000 литров, и Тэт вычислил, что при внезапном прекращении действия тяжести, поверхность океана мгновенно повысилась бы на 60 м.

Давление на различных глубинах. Давление атмосферы на уровне моря можно принять равным одному килограмму на

квадратный сантиметр, что равно давлению 76 см. ртути. 10·36 м. пресной воды или 10·06 м. соленой равны 76 см. ртути, так что на глубине 10 м. в море давление, если включить давление и действительной атмосферы, должно составлять две атмосферы, на глубине 20 м. три атмосферы, на глубине 30 м. четыре атмосферы или 4 кг. на квадратный сантиметр, и так далее, как показано в следующей таблице, где действительная атмосфера не принята в расчет.

ТАБЛИЦА ДАВЛЕНИЙ

Глубина	Давление на квадратный сантиметр		
	Атмосферы	Килограммы	М. тонны
10 метр.	1	1	—
20 »	2	2	—
30 »	3	3	—
100 м. сажень	18	19	—
500 »	90	95	—
1000 »	180	190	0·19
2000 »	360	380	0·38
3000 »	540	570	0·57
4000 »	720	760	0·76
5000 »	900	950	0·95
5348 »	960	998	1·00

Влияние давления. Существует широко распространенное мнение, что под большим давлением вода становится гораздо плотнее и может достигать состояния патоки, так что тонущие в море корабли и люди «достигают своего уровня», не доходя, однако, до дна. Саргассово море иногда представляли, как огромный водоворот, в котором люди и корабли плавают по кругам на различных глубинах. Недавно автору много раз задавали вопрос, действительно ли «Титаник» достиг дна на глубине 5 км.

Во время экспедиции «Чалленджера» люди экипажа после одного случая похорон в море послали депутацию с вопросом, опустится ли имярек прямо на дно с грузом, привязанным к его ногам, или же он «найдет свою глубину» и будет плавать на ней вечно? Спрашивали также, что станется

с имяреком, если он действительно опустится на дно, когда он достигнет этого дна на глубине 7-8 километров.

Однажды по линии спустили на глубину свыше 500 м. сажен живого кролика. Его тело возвратилось наружно очень мало измененным; все кости оказались целы и из всех внутренностей пострадали от давления, повидимому, только легкие. Даже на глубине 3000 м. сажен человеческое тело мало изменилось бы по внешнему виду.

«Титаник», вероятно, лежит теперь на дне, изменившись очень мало; только те части его корпуса должны быть вогнуты внутрь (вдавлены), в которые вода не могла входить достаточно быстро, чтобы уравнивать давления — например, с обеих сторон железного листа. С погружением корабля пробки всех винных и пивных бутылок, не совсем полных, должны были вгоняться в них, и в конце концов должна была сдать каждая герметически закрытая камера и вообще всякое такое помещение.

На деле все, что упадет на дно в стакане воды, должно опуститься на дно и в самых глубоких местах океана. Это верно, по крайней мере, для всех веществ, сжимаемых больше воды. Мы имеем доказательство этого в том, что все дно океана усеяно хрупкими известковыми и кремнекислыми покровами организмов, когда-то живших в поверхностных водах.

В марте 1873 года, во время экспедиции «Чалленджера» два термометра, опущенные на глубину 3875 м. сажен, были раздавлены огромным давлением. Тогда Бёкнанан взял три стеклянных трубки различного поперечника, закрыл их с обоих концов, затем обернул материей и поместил в цилиндрический медный футляр, концы которого были просверлены в нескольких местах для свободного прохода воды. Этот футляр был опущен на глубину 2800 м. сажен и, вытянутый вновь наверх, имел такой вид, как будто по нем ударили посередине молотком. Когда его открыли, оказалось, что внутри материи было что-то вроде снега, но что на самом деле было обращенным в мелкий порошок стеклом; две более широкие трубки были раздавлены, но самая узкая осталась неповрежденной.

Этот опыт был повторен еще раз, но на этот раз была опущена на глубину 3000 м. сажен только одна стеклянная трубка. Медный футляр снова был вдавлен в той части, где находилась закрытая стеклянная трубка, обращенная в порошок.

Повидимому, закрытая стеклянная трубка при погружении долго выдерживала давление, но наконец последнее стало слишком большим для стекла и трубка сразу раздробилась, раздавленная силой давления в мелкий порошок. Ее разрушение произошло так быстро и полно, что вода не успела войти в медный цилиндр через отверстия на его концах и заполнить пустоту, образовавшуюся при раздроблении стеклянной трубки, а вместо того сдавила медные стенки, чем равновесие и было восстановлено. Этот процесс, который является, совершенно строго, обратным взрыву, можно назвать „взрывом внутрь“.

Во время экспедиции „Михаила Сарса“ в 1910 году было опущено на большую глубину много стеклянных поплавков, обернутых в материю и помещенных в большой цинковый цилиндр; все они также раздробились и были обращены в тонкий белый порошок, а цилиндр был вдавлен в месте нахождения каждого из разрушенных поплавков. Посылались также на большую глубину куски дерева, прикрепленные к драге «Чалленджера»; вытянутые наверх они тонули, как кирпичи, в бочке воды: все тканевые клетки дерева на глубине были „взорваны внутрь“.

Действие ослабленного давления. Под большим давлением объем воды слегка уменьшается и благодаря освобождению некоторого количества тепла, температура жидкости повышается. Наоборот, если жидкость освобождается от большого давления, ее объем увеличивается; благодаря этому расходуется некоторое количество тепла, которое берется из самой жидкости и, следовательно, ее температура понижается. Поэтому, когда извлекают образец воды закрытым батометром с глубины, например, 1000 м. сажен, то температура его понижается, причем величина этого охлаждения для разных температур различна. Так, образец воды, вытянутой наверх с глубины 550 м. сажен в холодном Норвежском море, охлаждается на 0.06° , а образец с той же самой глубины в теплом Средиземном море охлаждается на 0.18° .

Интересное действие уменьшения давления больших глубин океана можно иногда наблюдать на рыбах, живущих на этих глубинах. Когда они, по той или другой причине, поднимаются много выше того слоя, к которому приспособлены, уменьшение давления расширяет их плавательный пузырь; от этого их удельный вес сильно уменьшается. Усилиями мускулов они до извест-

ного предела могут противодействовать произвольному стремлению всплыть, но за этим пределом они беспомощны и выскакивают на поверхность, постепенно убиваемые тем растяжением органов, которое происходит от уменьшения давления.

Влияние больших давлений в океане на его обитателей можно наблюдать на опыте при помощи остроумного прибора, построенного Полем Реньяром. Животные, при помощи этого прибора быстро помещенные в условия большого давления, становятся неподвижными и кажутся мертвыми; при постепенном уменьшении затем давления к ним постепенно возвращаются их нормальные функции и силы движения, если межклеточные жидкости в их теле успели притти в равновесие с давлением сжимающей среды. Если же внезапное увеличение давления превзойдет известный предел, то разрыв тканевых клеток, пропитанных водой, производит смерть.

Цвет морской воды. В. Спринг делал много опытов по вопросу о цвете пресной воды и нашел, что обыкновенная дистиллированная вода имеет зеленоватый цвет, который он приписывал примесям, остающимся в воде после перегонки; образцы абсолютно чистой воды имели прекрасный чистый голубой цвет. В открытом океане вода обыкновенно имеет голубоватую окраску, а вблизи суши и у устьев рек зеленую или желтовато-зеленую; между тридцатыми южной и северной параллелями вода имеет яркий ультрамариновый цвет, а к югу от 30° ю. ш. он быстро изменяется в темносиний, который наблюдается до южного полярного круга, где он переходит в оливково-зеленый. Синий цвет воды объясняется тем, что лучи света поглощаются водой в различной степени, — синие вдесятеро меньше красных. Изменения окраски могут обуславливаться взвешенными и растворенными в воде веществами; так, в соседстве коралловых рифов вода обыкновенно имеет темноголубой оттенок, который приписывают растворенному в ней карбонату кальция, тогда как зеленый цвет воды на далеком юге объясняется обилием в ней диатомей и других мелких растений.

Вязкость. Вязкость, или внутреннее трение, морской воды имеет важное значение для плавательной способности организмов и для других биологических явлений. Вязкость меняется почти исключительно в зависимости от температуры, так как в обычных пределах солености моря (от 30 до 35 на тысячу)

изменение вязкости от различий концентраций совершенно ничтожно. Вязкость уменьшается с повышением температуры, как показывает следующая таблица :

Температура	Вязкость Чистая вода при 0°=100	
	Соленость 30 на 1000	Соленость 35 на 1000
0°	102	103
5	87	88
10	75	76
15	66	66
20	58	59
25	52	53
30	47	47

Отсюда видно, что вязкость морской воды при температуре в 25° составляет лишь половину ее вязкости при 0°, иными словами, одно и то же тело в воде при температуре 25° должно тонуть вдвое быстрее, чем в воде при 0°. При высокой температуре морскую воду можно назвать сравнительно «редкой» по сравнению с нею же при низкой температуре. О значении этого для развития органов, способствующих поддержанию плавающих организмов в холодной и теплой воде, мы будем говорить ниже.

Прозрачность. Когда лучи солнца попадают на поверхность моря, часть их отражается, а часть проникает в воду, постепенно поглощаясь ею на различной глубине, соответственно длине волны лучей и прозрачности воды. Быстрее всего—в самых верхних слоях — поглощаются темные тепловые лучи, лучи же световые проникают глубже, а из них глубже всех проникают синие.

Для определения напряженности света на различных глубинах было сделано много наблюдений при помощи фотографических пластинок. В Средиземном море действие света было ощутимо до глубины 260 м. сажен, возле Ривьеры, и до 300 м. сажен у Капри. Новейшие наблюдения, сделанные при ярком солнечном свете в июне 1910 года в Саргассовом море Гелланд-Ганzenом во время экспедиции «Михаила Сарса», показали, что на глубине 550 м. сажен света было еще достаточно, чтобы подействовать на чувствительную пластинку после экспозиции в 80 минут. Другая пластинка была экспонирована в течение двух часов на

глубине около 900 м. сажень, но не обнаружила никаких признаков действия света. Таким образом видно, что предел, до которого проникает свет, в открытом океане лежит между 600 и 900 м. саженьями, — значительно глубже, чем думали раньше. Дальнейшие наблюдения с световыми фильтрами для лучей различного цвета показали, что на глубине 275 м. сажень имеется много синих лучей, но едва ли есть красные, тогда как на глубине 55 м. сажень имелись все лучи, хотя красных было меньше, чем других. В морях более высоких широт и ближе к суше световые лучи не проникают так глубоко, главным образом, благодаря присутствию в воде взвешенных частичек.

Волны. Хотя нам кажется, что волнообразное движение в открытом море повидимому идет вперед, однако при этом не происходит перемещения массы воды, — перемещается лишь форма волны, частицы же воды описывают криволинейные пути и успокаиваются приблизительно в тех точках, в которых они находились сначала. Сильный ветер может сорвать верхушку волны, заставляя волну разбиться, и сообщает ей движение, независимое от собственно волнового движения; если волна даже и не разбивается, все же поверхностная вода, в известной степени, скользит вперед под действием ветра. При переходе из открытого моря на мелководье, где волновое движение заметно уже до самого дна, волна у дна замедляется, ее скорость и длина уменьшаются, высота увеличивается и верхушка волны опрокидывается вперед (прибой). Таким образом, при сильном ветре на мелководьи получается поступательное движение части воды в волне, называемой в таком случае поступательной волной. Ударяясь в косом направлении о берег, волны могут породить береговое течение. Сильные штормы дают волны, которые далеко уходят от места своего зарождения, уменьшаясь в высоте, но при отсутствии препятствий сохраняя свою длину и скорость и образуя так называемую «мертвую зыбь». Поверхность открытого океана редко бывает совершенно гладкой, вероятно, благодаря этой мертвой зыби, вызываемой бурями в различных местах, иногда на очень далеком расстоянии.

Высота и длина волн и глубина, до которой чувствуется их действие, зависят от глубины и простора океана, где они движутся. Самые высокие волны, как думают, встречаются в северной части Атлантического океана и в Великом океане, где

были отмечены волны в 171 м. длиной и от 15 до 18 м. высотой. У северных берегов Шотландии, при жестоких штормах с юго-запада, мелкие частицы песку подымаются со дна на глубине около 200 м. саж. Некоторые аномальные волны, наблюдавшиеся в океане, как мы знаем, были порождены землетрясениями и вулканическими извержениями.

Приливы. Приливами называются периодические повышения и понижения уровня воды в океане, производимые притяжением солнца и луны. Периодические изменения в направлении ветров и в давлении атмосферы также могут производить колебания уровня моря, но настоящие приливы объясняются астрономическими причинами. Предполагают, что притяжения солнца и луны могут воздействовать не только на воды океана, но и на твердую кору земли, производя периодическое изменение ее формы, столь малое, однако, что его трудно заметить.

Всякому прибрежному жителю приходилось наблюдать постепенное наступание и отступление моря приблизительно дважды в каждые 24 часа или, точнее, в 24 часа 50 минут, так что средний промежуток между двумя последовательными наивысшими поднятиями уровня составляет 12 часов 25 минут. Таким образом, время прилива изменяется от дня к дню и очевидно связано с положением луны, которая проходит через меридиан с каждым днем в среднем на 50 минут позднее. Высота подъема воды также меняется от дня ко дню, причем разница между уровнями высокой и низкой воды бывает больше всего близ полнолуния и новолуния, — эти приливы носят название сизигийных, — и меньше всего около первой и третьей четвертей, — так называемые квадратурные приливы. Приливная сила луны в два слишком раза больше приливной силы солнца, благодаря тому, что расстояние солнца гораздо больше и несмотря на преобладание его массы. Когда солнце и луна оба находятся по одну сторону земли, как это бывает при новолунии, и когда они диаметрально противоположны друг другу, как при полнолунии, их приливные действия складываются, когда же они находятся в направлениях под прямым углом друг к другу, как в четвертях, при нарастании и убывании луны, эти воздействия вычитаются одно из другого, и сизигийные приливы имеют втрое большую высоту, чем квадратурные.

Обыкновенно считают, что солнце и луна производят приливную волну, которая в южной части Великого океана, где вокруг всей земли идет непрерывный пояс воды, развивается свободно. Эта волна имеет огромную длину, — высокая вода представляет ее гребень, а низкая ее долину. Проходя в промежутке между Африкой и Южной Америкой, эта волна дает побочную волну, которая движется с юга на север через весь Атлантический океан, производя приливные явления в северной Европе и в Америке. Помимо этой волны, в Атлантическом океане образуется другая приливная волна, которая следует за движением солнца и луны с востока на запад. Все это явление осложняется еще больше открытыми недавно в океане стоячими и внутренними¹ волнами, аналогичными «сейшам», давно уже известным в пресных озерах Швейцарии и Шотландии. Как мы увидим ниже, приливные явления пытались объяснить по аналогии с сейшмами.

Повышение и понижение уровня при приливах сопровождается течениями, особенно там, где встречаются препятствия, и высота, до которой может подниматься прилив, определяется очертаниями суши; в связи с этим можно упомянуть об очень высоких приливах Северна и залива Фунди. Приливные течения мешают образованию отложений ила на вершине хребта Вайвилля Томсона, на глубине 250 м. сажен. Дж. И. Бёкканан измерил приливные течения на банке Дации², а Р. Н. Вольфенден открыл такие же приливные течения на Геттисбургской банке. Наконец, экспедиция «Михаила Сарса» в 1910 году произвела измерения приливных течений в открытом океане до глубины 400 м. сажен. Оказалось, что на глубине 274 м. сажен течение шло в направлении, обратном течению верхних слоев, которое, в свою очередь, совпадало с течением на гораздо большей глубине. В известные моменты течения, повидимому, распределяются

¹ Внутренние волны, — boundary-waves английских авторов, «подводные волны» — других. Krümmel их называет „innere oder interne Weilen“. Экспедиция «Михаила Сарса» подтвердила их существование. Простое и полное объяснение этого интересного явления, так же, как подробный разбор сложных приливных течений, мы находим в труде Мёррей-Иорта: «The Depths of the Ocean», в очерке Helland-Hansen'a: «Физическая океанография».

Прим. ред.

² Банка Дации — у западного берега Марокко; банка Геттисбургская — несколько севернее ее, на линии Лиссабон-Мадейра, почти против Гибралтара.

Прим. ред.

в форме винтовой лестницы, и вся эта система от верху до низу вращается в направлении стрелки часов.

Сейши. В настоящее время мы знаем уже о существовании в океане колебаний долгого периода, хотя пока их еще мало наблюдали. Как и в озерах, они могут быть двух родов: обыкновенный и температурный сейш.

1) Сейш представляет собою стоячее колебание всей массы воды в определенном водоеме. Наиболее простой формой этого колебания является та, в которой нет вертикального движения в центральной точке озера, а вертикальные движения на противоположных концах озера имеют противоположную фазу. Та

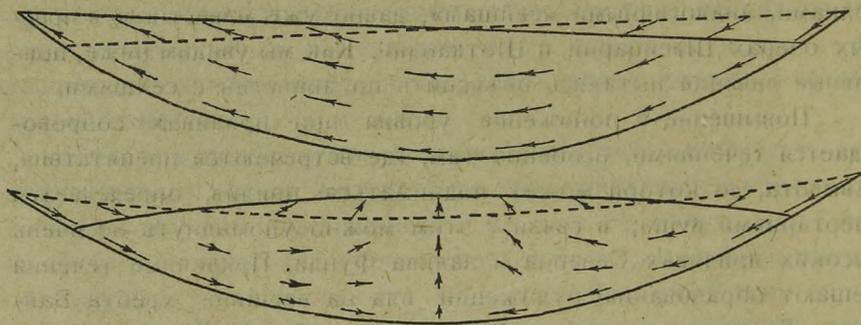


Рис. 5

Схемы одноузловой (верхняя) и двухузловой (нижняя) сейшей. (Стрелки дают направление и амплитуду движения частиц воды, а пунктирная и сплошная линии указывают положение поверхности в противоположных фазах).

точка, в которой нет вертикального движения, называется узлом. Поверхность озера при крайних фазах колебания можно представить сплошной и пунктирной линиями рис. 5. Мы можем иметь и два узла, и тогда фаза движения на двух концах озера будет одна и та же, но будет противоположна фазе движения в центре озера. Таких узлов может быть много. Некоторые водоемы лучше, так сказать, настроены для сейшей, чем другие, и в одном озере самое обычное колебание может иметь два или больше узлов, а в другом самым обычным может быть колебание основного типа, с одним узлом. Период этого колебания зависит от формы бассейна. Грубо говоря, он изменяется пропорционально длине водоема и обратно пропорционально ква-

дратному корню из его глубины. Одним из следствий сейша является попеременное движение всех частиц воды в водоеме в одну и в другую сторону. В узле это движение в одну или в другую сторону является чисто горизонтальным, а на краях, главным образом, вертикальным. Если длина волны этого колебания велика по сравнению с глубиной водоема, как это имеет место во всех озерах любого размера, то составляющая горизонтального движения в любой точке дна озера будет такая же, как и вертикальная на поверхности. Везде на дне это движение будет касательным к уклону дна. Поэтому, наблюдая течение, произведенное сейшем на поверхности, мы можем найти и то течение, которое будет происходить у дна озера. Зная форму озера, можно вычислить и скорость этих течений.

Эти колебания уровня в пресноводных озерах имеют аналогию в океане, и Ф. А. Форель объяснил происхождение течений в проливе Эврисуса близ Халкиды существованием сейша в проливе Таланти. Японские наблюдатели показали, что сейши существуют во всех отчетливо ограниченных заливах океана, с узлом у устья залива и со вздутием у начала его. Периоды этих сейшей тоже можно вычислить, зная форму залива.

Вероятно, многие приливные явления можно объяснить таким путем. Несомненно, что мелкие осложнения записей мареографов в заливах или в закрытых частях океана часто обуславливаются сейшами. Но, быть может, и гораздо более долгие колебания также допускают аналогичное объяснение; допущение, что те пункты, где амплитуда прилива очень мала, находятся вблизи узла каких-нибудь колебаний, объяснило бы многое. Но взгляд, что эти явления стоят в связи со стоячими волнами, производимыми в закрытых океанах лунным притяжением, значительно осложняется колебаниями силы лунного притяжения в каждой данной точке земной поверхности и вращением земли. Если отбросить все эти осложнения, то мы найдем, что период сейша в Атлантическом океане между Испанией и Флоридой может составлять около двадцати четырех часов, а для двух-узлового сейша около двенадцати часов. Записи приливов не были еще внимательно разобраны с этой точки зрения.

2) В последнее время существование температурных колебаний в океане и в озерах обратило на себя значительное внимание. В пресных озерах осенью образуется слой температур-

ного скачка, или «слой разрыва», в котором температура падает гораздо быстрее, чем на других глубинах. Дело происходит так, как будто озеро состоит из двух слоев несмешивающихся жидкостей различной плотности; это различие в плотности обуславливается различием температуры поверхностных и донных вод. Заметно различна и вязкость этих двух слоев. Когда температура распределяется в озере таким образом, то ветер, дующий над поверхностью озера, сгоняет теплую поверхностную воду к подветренному концу озера. Слой скачка, таким образом, оказывается глубже с подветренной стороны озера, чем с наветренной, но с прекращением ветра слой скачка опускается ниже нормального горизонтального положения, и начинаются колебания нижнего слоя холодной воды. На поверхности озера незаметно движения, но колебания слоя скачка часто имеют большую амплитуду. Эти колебания имеют узел в центре озера, но возможны также двухузловые и многоузловые колебания. Период этих колебаний, или температурных сейшей, определяется двумя условиями: 1) формой озерного водоема и 2) распределением температур. Чем меньше разность между температурами верхнего и донного слоев, тем длиннее этот период. Найдены математические формулы, которые принимают в расчет различие в ширине и глубине водоема и в распределении температуры; по этим формулам можно вычислить период температурных колебаний.

Такие колебания возможны также и в океане, если только существует резкая разница плотностей на некоторой глубине под поверхностью. Трудность отметить их, однако, так велика, что мы не имеем наблюдений, которые определенно говорили бы о существовании в океанах колебаний долгого периода. Период таких колебаний часто должен измеряться днями или неделями, и для доказательства их существования нужны были бы непрерывные наблюдения в одном месте в течение долгого периода.

Отто Петтерсону удалось наблюдать в Скагерраке колебание с периодом в 14 дней, и допустив, что это был температурный сейш, аналогичный сейшам, какие наблюдались японцами в бухтах, Э. М. Веддербёрн вычислил период для Скагеррака, оказавшийся равным четырнадцати дням. Возможно, таким образом, что Петтерсон и наблюдал этот температурный сейш.

Везде, где мы имеем две жидкости различной плотности, лежащие одна над другой, причем различия плотности обусло-

влены соленостью или температурой, мы можем иметь медленно распространяющиеся на поверхности раздела волны. Наблюдения в океане говорят о существовании таких поступательных волн, но опять-таки и здесь возникает та же трудность: нужно иметь много наблюдений, непрерывно производимых в течение долгого времени, при одном и том же положении наблюдателя, чтобы получить уверенность относительно природы этих волн. Их период зависит также от разности плотностей жидкости выше и ниже поверхности раздела и, чем меньше эта разность, тем меньше будет и скорость этих волн, а для данной возмущающей силы тем больше и амплитуда. Такие волны могут производиться течениями в донных или поверхностных водах совершенно так же, как волны на поверхности моря производятся движением воздуха в атмосфере.

Мертвая вода. Когда слой сравнительно пресной воды в несколько метров толщиной лежит на слое более соленой воды, прохождение судна вызывает внутреннюю волну, как упомянутая выше, которая может замедлить или даже остановить судно, попадающее, как говорят, на «мертвую воду».

ГЛАВА VI

Океаническая циркуляция

В предыдущих главах было указано, что плотность воды изменяется вместе с ее соленостью и температурой. Во всех вопросах, касающихся океанической циркуляции, нужно обращать большое внимание на зависимость плотности воды от ее солености и температуры.

Теоретически следовало бы ожидать, что наибольшую плотность вода будет иметь на дне океана, что и наблюдается в действительности, как видно из следующей таблицы, дающей среднюю плотность для мирового океана на различных глубинах.

	Средняя плотность
Поверхность	1·0252
100 м. сажен	1·0261
200 »	1·0268
300 »	1·0271
400 »	1·0273
800 »	1·0276
1500 » до дна	1·0279
2000 » » »	1·0280

Это возрастание средней плотности с глубиной обуславливается до глубины, по крайней мере, 800 м. сажен, почти всецело понижением температуры, но на глубинах от 1500 м. сажен и ниже увеличение плотности обуславливается и медленным понижением температуры, и действительным повышением солености на этих больших глубинах. Нет сомнения, что увеличение солености на этих больших глубинах, где температура с глубиной меняется очень мало, указывает на то, что донные воды ложа океана происходят, главным образом, из антарктической и под-антарктической областей и, в меньшей степени, из арктической и под-арктической областей земного шара.

Рассматривая распределение плотностей в различных океанах, мы с несомненностью убеждаемся в том, что плотность

имеет чрезвычайно важное значение в океанической циркуляции. Тот простой факт, что морская вода не везде одинаково тяжела, нужно считать одной из главных причин океанических течений. При чрезвычайной подвижности воды небольшие разности плотностей производят заметное движение.

Плотность на различных глубинах. На глубине 100 м. сажен существует заметная разность плотностей воды в северной и южной частях Тихого океана, причем в этой последней половине она гораздо больше на западе, чем в северной его половине. В восточной части юга Тихого океана, у южноамериканского берега, плотность невелика, — очевидно, здесь, благодаря юговосточному пассату, имеет место восходящий ток воды. Северная часть Атлантического океана особенно отличается высокой плотностью на глубине 100 м. сажен, — наивысшей, какая только наблюдалась в этом океане. В южной части Атлантического океана, у берегов южной Америки плотность велика, но понижается к востоку, по направлению к центрально-атлантическому подводному хребту; дальше к востоку плотность еще гораздо ниже, что несомненно стоит в связи тоже с восходящим течением глубинных вод у берега Африки.

На глубине 200 м. сажен плотность в северном Атлантическом океане гораздо выше, чем в южном, а в Тихом океане она больше на юге, чем на севере; для Тихого океана данные наблюдений сближаются в широтах от 30° с. ш. до 40° ю. ш., и среднее здесь гораздо ниже той же величины для северной части Атлантического океана.

На глубине 400 м. сажен в северной части Атлантического океана плотность значительно больше, чем в южной, что обуславливается тем, что теплая соленая вода верхних слоев на севере Атлантического океана опускается до большей глубины, чем на юге. По тем же причинам плотность в югозападной части Тихого океана больше, чем в какой бы то ни было другой его части.

На глубине 500 м. сажен плотность воды в северной части Атлантического океана гораздо больше, чем где бы то ни было, как и на глубине 600 м. сажен, особенно к западу от Канарских островов, что несомненно указывает на глубинное течение из Средиземного моря, как на источник замечательно высокой температуры и солености в северной части Атланти-

ческого океана. То же самое влияние можно проследить на глубинах 700 и 800 м. сажен,—в тех высоких плотностях, которые отмечены к востоку от Асорских островов и к западу от Гибралтара.

Господствующие ветры. Наиболее могучими деятелями, в смысле зарождения, направления и поддержания циркуляции океанических вод, являются прямые и косвенные влияния господствующих ветров земного шара в связи с конфигурацией масс его суши. Они несомненно порождают и поддерживают поверхностные течения в океане, влияние которых, благодаря трению, определено чувствуется до глубины нескольких сот м. сажен. В тропических областях господствующие пассаты гонят поверхностные течения на запад, к восточным берегам материков, где, соответственно этому, мы находим на поверхности более мощный слой теплой воды, чем в других местах. Если исключить те места, где осадков выпадает ненормально много, эта вода не только очень тепла, но и, благодаря испарению, приобрела соленость гораздо большую, чем общее среднее для всего океана. Эти области высокой поверхностной температуры и высокой солености мы находим на всех глубинах вплоть до самого дна, причем эти области с увеличением глубины расширяются. Отсюда вытекает, что в огромной массе океана, между верхними слоями и дном мы наблюдаем в широких размерах движения по вертикали. С другой стороны, на восточных сторонах океана, где зарождаются пассаты, наблюдается поднятие более холодной воды с больших глубин к поверхности. Эти холодные области с более низкими температурами и соленостью у поверхности также идут вплоть до дна, причем и здесь замечается расширение этих областей по мере погружения в глубину. Присутствие ледяной и почти ледяной воды на дне мирового океана во всех широтах говорит о постоянном поступлении воды очень низкой температуры с поверхности Южного и Антарктического океанов и в меньшей степени и из Арктического. Этому медленному опусканию холодной воды и ее медленному расползанию в более глубоких слоях и по дну всех частей мирового океана содействуют, с одной стороны, уменьшение массы поверхностной воды в тропическом поясе путем испарения и то, что господствующие вне тропиков ветры гонят поверхностные воды по направлению к полюсам; а с другой стороны, этому же

содействуют повышенной плотности океана в высоких широтах и масса воды, накапливаемая здесь господствующими югозападными ветрами северного полушария и северозападными южного.

Следующие добавочные причины сильно влияют на циркуляцию в океане: 1) ненормально большое количество осадков, какое мы имеем, например, в западной части Тихого океана; 2) подводные течения высокой температуры и плотности, идущие из Средиземного и Красного морей; 3) причины, приводящие к широкому поднятию глубинных вод, наблюдаемому в восточной части Тихого океана и в аналогичных местах Атлантического и Индийского океанов,—поднятию, тесно связанному с тем, что часть воды больших поверхностных течений заимствуется из более глубоких слоев этих океанов, и 4) междутропическое положение линии слабого барометрического давления, создающего гораздо более высокую температуру в северной части Атлантического океана, чем в южной, и в югозападной части Тихого океана, чем в его северной.

В свою очередь, ветры находятся в зависимости от разностей атмосферного давления и дуют из областей высокого давления в области низкого; нужно остановиться на минуту на этой стороне вопроса. Над экватором богатый водяными парами воздух нагревается, вследствие чего расширяется и восходит вверх, так что в этой области получается пояс постоянного низкого давления в течение всего года. В умеренных областях к югу и к северу от тропиков находятся большие области высокого барометрического давления (области антициклонов), лежащие над океанами почти круглый год; из них ветры дуют по всем направлениям в окружающие области с более низким атмосферным давлением; например, пассаты дуют к экваториальной области низкого давления, идя сюда с обеих сторон от экватора.

В этих антициклонных областях океанов преобладают штили и легкие переменные ветры; поэтому неизбежно возникает широкое течение воздуха, направляющееся к ним в виде верхних воздушных течений, которые медленно спускаются к поверхности моря, чтобы заместить воздух, уходящий в виде ветров у поверхности. В результате получается, что в этих областях воздух сравнительно очень сух, испарение очень велико и плотность поверхностной воды высока. В этих антициклонных обла-

стях обычно не только барометрическое давление очень велико, но и колебания барометра очень малы. Так, наблюдения в Чалленджера в антициклонных областях больших океанов показали, что в южной части Тихого океана на 35° юшд. разница между утренним максимумом и послеполуденным минимумом составляет только 0.09 см.; в северной части Тихого океана, под 36° сш. эта разность была только 0.06 см., или меньше трети того, что наблюдается у экватора; в южной части Атлантического океана разность составляла также 0.06 см., тогда как в северной его части она была лишь 0.035 см. Воздух, заполняющий центральные части антициклонов, сравнительно неподвижен и, вероятно, содержит меньше частиц пыли, чем где-либо в другом месте; поэтому он меньше охлаждается ночным лучеиспусканием и меньше нагревается солнечным излучением: переход водяных паров из газообразного в жидкое состояние и обратно здесь должен быть также меньше, чем где-либо в другом месте.

Вращение земли заставляет тело, движущееся по ее поверхности, отклоняться вправо в северном полушарии и влево в южном. Вследствие этого ветры отклоняются в сторону: пассаты северного полушария идут к экватору по направлению с северо-востока, а в южном с юго-востока; тогда как ветры, направляющиеся к полюсам из антициклонных областей умеренных поясов, становятся западными и в северном, и в южном полушариях. В результате попеременного нагревания и охлаждения материковых масс летом и зимой над внутренними частями больших материков образуются области низкого давления летом и высокого зимой. В северном полушарии давление над внутренними частями Азии низко (циклон), и ветры дуют из окружающих океанов сюда; юго-восточный пассат Индийского океана отклоняется и становится югозападным ветром, получающим название югозападного муссона; зимой давление над той же областью внутренней Азии велико (антициклон), и ветры дуют с суши, усиливая северо-восточные пассат, получающий название северо-восточного муссона. Постоянные ветры подчиняются этим влияниям, и их направление в северной части Индийского океана изменяется; аналогичные изменения, хотя не столь заметные, наблюдаются в соседстве всех материков. В Великом (Южном) океане пояс воды почти не прерывается материками, и западные ветры

правильно дуют круглый год, подобно пассатам; пояс между 40° и 50° ю. ш. моряки называют «сорокаградусными ревунами» (roaring forties); благодаря силе и постоянству этих «удалых западных ветров» барометр во всей этой области всегда низок, а, согласно всем наблюдениям, над Антарктическим материком на юге находится постоянный антициклон.

В антициклонных областях движение воздуха происходит в направлении движения часовых стрелок в северном полушарии и в обратном направлении (навстречу часовой стрелке) в южном.

Поверхностные течения. В общем, движения поверхностных вод совпадают с общим движением лежащей над ними атмосферы, только что описанным, и отдельные течения, указанные на приложенной карте (табл. V), составляют часть всей системы.

В Атлантическом океане Южное Экваториальное течение идет через океан по направлению к западу, под действием юговосточного пассата разделяясь на две ветви у мыса св. Рока в Бразилии; одна из них направляется к югу вдоль южноамериканского берега под названием Бразильского течения, другая идет на северозапад, входит в Караибское море и содействует образованию Гольфстрима. Когда Бразильское течение попадает под действие западных ветров, его вода уносится к востоку через южную часть Атлантического океана, частью сливаясь с Бенгуэльским течением и направляясь к северу вдоль западного берега Африки, и замыкая круговорот в южной части Атлантического океана. Бенгуэльское течение также косвенно обуславливается юговосточным пассатом, который гонит поверхностную воду вдоль западного берега Африки, производя этим поднятие более холодной воды снизу взамен угоняемой с поверхности. Под действием северовосточного пассата Северное Экваториальное течение движется через океан на запад, вплоть до Наветренных островов, где оно частью вступает в Караибское море, а частью, с внешней стороны Вест-Индских островов, направляется к берегу северной Америки. Между Северным и Южным Экваториальными течениями идет Встречное Экваториальное течение, направляющееся к востоку в Гвинейский залив. Приток воды от двух экваториальных течений в Караибское море, а отсюда в Мексиканский залив,

поднимает уровень воды в этом заливе значительно выше уровня открытого океана, и эта вода через Флоридский пролив уходит в виде теплого соленого течения, известного под именем Гольф-стрима. К нему присоединяются воды, прошедшие мимо Вест-Индии, и оно идет вдоль берега Соединенных Штатов, становясь все шире, мельче, холоднее и менее соленым, пока на широте мыса Гаттераса оно не отклоняется по направлению к северо-востоку и, после встречи с холодным Лабрадорским течением с севера, вблизи Ньюфаундлендских отмелей, пересекает Атлантический океан, постепенно переходя в Северное Атлантическое течение. Приближаясь к берегам Европы, это поверхностное течение разделяется: одна из ветвей, под действием ветров антициклонной области северной части Атлантического океана, идет в юго-восточном, а затем в южном направлении, в виде Канарского течения, замыкая таким образом северный Атлантический водоворот; другая ветвь его продолжает идти в северо-восточном направлении мимо Британских островов, через подводный хребет Вайвилля Томсона и вдоль берега Норвегии. Холодные арктические течения направляются к югу: 1) вдоль восточного берега Гренландии (Восточное Гренландское течение), создавая таким образом дополнительный водоворот в Норвежском море, и 2) вдоль берегов Лабрадора и Ньюфаундленда (Лабрадорское течение). В южной части Атлантического океана мы находим аналогию Лабрадорскому течению в Фалькландском течении, составляющем ветвь большого восточного Антарктического течения Южного океана, которая направляется на север.

В общем, поверхностная циркуляция в Тихом океане сходна с циркуляцией Атлантического океана, но она значительно усложняется множеством групп островов. Круговорот северной части Тихого океана около области высокого давления образуется Северным Экваториальным течением, Куро-Сиво или Японским течением, которое соответствует Гольф-стриму Атлантического, Северным Тихоокеанским течениям и Калифорнским и Мексиканским течениям. Холодное арктическое течение (Камчатское течение) идет по направлению к югу от Берингова пролива до встречи с Японским течением. Перейдя Встречное Экваториальное течение, мы находим в южной части Тихого

океана круговорот, образуемый идущим на запад Южным Экваториальным течением, Восточным Австралийским течением, соответствующим Бразильскому течению Атлантического океана, и Восточным Антарктическим течением, которое посылает одно ответвление в промежутке между Тасманией и Новой Зеландией, соответственно Атлантическому Фалькландскому течению, а другое ответвление на дополнение Перуанского или Гумбольдтова течения, которое соответствует Бенгуэльскому течению Атлантического океана.

В Индийском океане круговорот замыкается только в южной части его, где его образуют идущее на запад Южное Экваториальное течение, Мозамбикское течение, соответствующее Бразильскому течению Атлантического океана, восточное Антарктическое течение и Западно-австралийское течение, соответствующее Бенгуэльскому течению Атлантического океана. В северной части Индийского океана во время северовосточного муссона мы находим идущее на запад Северное Экваториальное течение и идущее на восток Встречное Экваториальное течение, но летом югозападный муссон уничтожает эти течения.

Вертикальная циркуляция. Рассмотрев, таким образом, горизонтальную циркуляцию в поверхностных водах океана, мы перейдем теперь к рассмотрению циркуляции в более глубоких водах великих океанических водоемов. В Великий океан Бразильское, Мозамбикское и Восточно-Австралийское течения несут огромные количества теплой соленой воды из более низких широт, которые, при своем переходе на юг, попадают под действие сильных западных или северозападных ветров, «сороковых ревунов», и неизбежно становятся постепенно холоднее, потому и плотнее, и опускаются на большую глубину. Этому содействуют и соленость, и температура этой воды. Опускающаяся вниз вода несет с собой атмосферные газы, освежающие более глубокие воды океана. По направлению к югу эти воды, погружаясь вниз, увлекаются еще южнее и покрываются сверху холодными и менее солеными водами, которые получают от таяния снега и ледяных гор антарктических областей. Они также медленно движутся по направлению к экватору, занимая место воды теплых поверхностных течений, уносимых ветрами к югу. Благодаря

огромному количеству теплой воды, сгоняемой ими в Южный океан, эти сильные северозападные ветры нужно рассматривать, как наиболее важные между всеми господствующими ветрами в образовании циркуляции вод океана. Поразительную особенность вод Южного океана составляет чередование течений, резко отличающихся друг от друга температурой и соленостью, причем более холодные из этих течений несомненно зарождаются в антарктических областях. Огромные течения теплой и соленой воды имеют важное значение, смягчая весьма заметным образом холод антарктических областей, особенно на больших глубинах и ограничивая этим размеры покрытой льдом области их нынешними пределами.

В северной части Атлантического океана, а в меньшей степени и на севере Тихого, мы находим сходную вертикальную циркуляцию, созданную теми же причинами, что и циркуляция южной части Тихого океана; однако, благодаря меньшим размерам водной поверхности и стесненному сообщению с Арктическим океаном, ее влияние на более глубокие воды этих океанических водоемов не так резко.

Вертикальные движения воды океана происходят от 1) действия ветров на поверхностные воды, производящего восходящие токи, 2) различия в солености разных слоев, производящего от выпадения осадков и от испарения и 3) от разности плотностей, вызываемой изменениями температуры.

Восходящие токи воды заметнее всего там, где ветры дуют с суши в открытое море; вода с большей глубины, обыкновенно менее соленая и более холодная, чем вода, угоняемая ветром, выступает, таким образом, на поверхность. С другой стороны, вода, гонимая к наветренному берегу, здесь удерживается и стремится опускаться вниз (см. рис. 6).

Когда количество осадков велико, как это имеет место в экваториальных областях, опресненная вода на поверхности задерживает вертикальную циркуляцию. С другой стороны, там, где ветры дуют из более холодных в теплые страны или где над водой проносятся сухие ветры пустыни, как это мы наблюдаем в Красном и Средиземном морях, они могут уносить большое количество водяных паров из поверхностных слоев, которые, таким образом, становятся более солеными, а следовательно, и более плотными, и приобретают стремление опускаться в ниже лежащие слои.

Таким образом, вода в океане опускается и поднимается; при ее опускании атмосферные газы, поглощенные ею на поверхности, переносятся вниз на большие глубины и ее температура и соленость сильно изменяются.

Предыдущие замечания можно иллюстрировать при помощи прилагаемой карты поверхностных плотностей в океане (таб. VI), из которой можно видеть, что плотность достигает максимальной величины в высоких широтах северного и южного полушарий, что обуславливается, главным образом, низкой температурой, но больше, чем где-либо, она там, где происходит смешение с соленой водой из тропических областей. В тропических областях мы имеем широкий непрерывный пояс вокруг всего

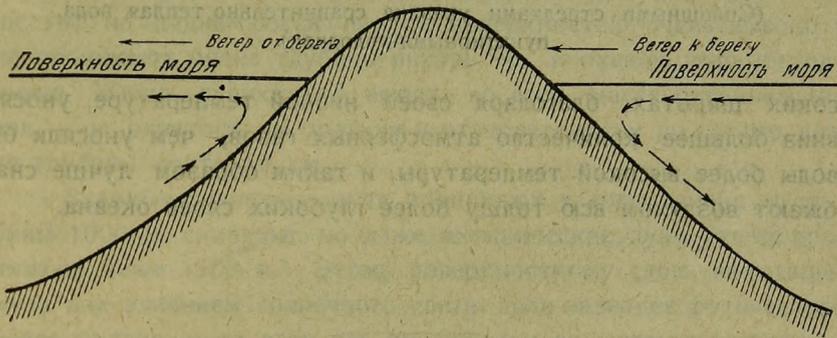


Рис. 6

Схема действия ветра на подветренный и наветренный берег.

земного шара, с плотностью меньше 1.024 , включая сюда и обширную площадь Индийского и Тихого океанов, с плотностью меньше 1.023 . В умеренных областях плотность возрастает и между сороковыми параллелями южной и северной широт плотность обыкновенно превосходит 1.026 с резкими максимумами в Великом (южном) океане, в северной части Атлантического и в Норвежском море, где плотности свыше 1.027 занимают большое пространство от 58° ю. ш. на юге и до 78° с. ш. на севере, в соседстве Шпицбергена. Именно в этих областях высокой плотности относительно теплые и соленые воды тропических областей, в значительной своей части охлаждаясь, опускаются ниже поверхности и возвращаются по направлению к экватору, в виде медленно ползущих глубинных течений, а в меньшей части направляются к полюсам, замещая ту воду, которую уно-

сят полярные поверхностные течения, как это указано на прилагаемом чертеже, схематически иллюстрирующем общую систему циркуляции в Атлантическом океане (см. рис. 7). Можно также отметить, что воды, уходящие с поверхности в этих вы-



Рис. 7

Схема общей циркуляции вод Атлантического океана.
(Сплошными стрелками указана сравнительно теплая вода,
пунктирными-холодная).

соких широтах, благодаря своей низкой температуре, уносят вниз большее количество атмосферных газов, чем уносили бы воды более высокой температуры, и таким образом лучше снабжают воздухом всю толщу более глубоких слоев океана.

ГЛАВА VII

Жизнь в океане: растения

В настоящее время естествоиспытатели означают термином «биосфера» тот покров из живого вещества, который одевает земной шар всюду, где соприкасаются и смешиваются между собой атмосфера, гидросфера и литосфера. На суше живые существа не поднимаются над ее поверхностью очень высоко и не проникают очень глубоко внутрь ее. В океане дело обстоит иначе. Жизнь существует всюду, во всей массе океанических вод, — от экватора до полюсов и от поверхности до самого дна, до глубины почти 10 км.

Видимые солнечные лучи проникают в воды океана до глубины 1000 м. слишком, но даже актинические лучи уже не проникают ниже 1500 м.¹ Этому поверхностному слою, находящемуся под влиянием солнечного света, дали название фотического пояса океана, и на всем его протяжении существует растительная жизнь, часто очень богатая, в форме огромных плавучих лугов из одноклеточных водорослей. Травоядные животные питаются этими мелкими водорослями и другими растениями, и, в свою очередь, являются добычей плотоядных животных совер-

¹ Более принято и более тонко деление в отношении света то, которое предложено германским зоологом Куном (Chun): верхний ярус, до глубины 80 метров, — эуфотический, или ясный, с пышным развитием низших растительных организмов; средний, залегающий между 80 и 350 метрами глубины, — дисфотический или смутный: лишь немногие растительные организмы (преимущественно некоторые диатомовые и шарообразная зеленая водоросль *Halosphaera*) способны развиваться здесь. Ботаник Шимпер назвал этот ярус «теневого флорой». Ниже 350 м. спускается 3-й ярус — афотический или беспросветный, где мы почти вовсе не встречаем живых растительных организмов. Новейшие данные Гелланд-Ганзена о нижнем пределе проникновения солнечного света заставляют лишь несколько углубить нижнюю границу дисфотического и начало афотического ярусов.

Прим. ред.

шенно так же, как это происходит и на суше. Ниже фотического пояса живых растений нет. Однако, мертвые остатки водорослей, обитающих фотический пояс, падая на дно, служат пищей для животных промежуточных слоев, для прикрепленных ко дну организмов, которые хватают мелкие органические частицы, оседающие на дно, и для иглокожих и других беспозвоночных, ползающих по дну и глотающих ил и глину. В свою очередь, они являются добычей плотоядных, также имеющих здесь. Первоисточником пищи для всех морских животных, в конце концов, являются, следовательно, морские водоросли, к которым нужно прибавить еще питательный материал, приносимый в океан реками.

Если припомнить огромную глубину океана, а также и то, что растения могут жить на глубине 900 или 1200 м. и что животные существуют во всех частях и слоях океана, то мы должны заключить, что общее количество живого вещества в океане далеко превосходит его количество на суше. то — до

Как было указано в предыдущих главах, физические условия в океане, к которым приспособились организмы, чрезвычайно разнообразны. Некоторые морские организмы арктических и антарктических областей живут круглый год в воде, температура которой ниже точки замерзания пресной воды, тогда как очень близко родственные им виды в тропиках проводят свою жизнь в воде с температурой 27°. Метаболизм — скорость роста, усвоения пищи и размножения — в холодных полярных водах замедляется, а в теплых экваториальных водах ускоряется весьма значительно. В мелких водах морские организмы должны приспособляться к сильным течениям, к обильному солнечному свету, к быстрым изменениям температуры и солености и должны состязаться с многоразличными конкурентами и врагами, тогда как в глубинах океана нет солнечного света, температура почти постоянно низка и быстрые течения отсутствуют, а общие условия в течение всего года весьма однообразны. В промежуточных слоях между поверхностью и дном мы находим любопытные приспособления к сумеркам, к изменениям вязкости, глубины, давления и к переменам других физических и биологических условий.

Океанические области фауны и флоры схематически указаны на рис. 8. Их можно вкратце описать следующим образом:

I. Фотический пояс есть поверхностная область океана, освещаемая солнечным светом; в открытом океане и в экваториальных областях она простирается глубже, чем близ суши и в высоких широтах. Этот пояс подразделяется на неритическую и океаническую области. Неритическая окружает все материки и острова от поверхности до дна, в пределах линии стосаженной глубины. Воды этой области находятся под сильным воздействием ветров, волн и течений и представляют

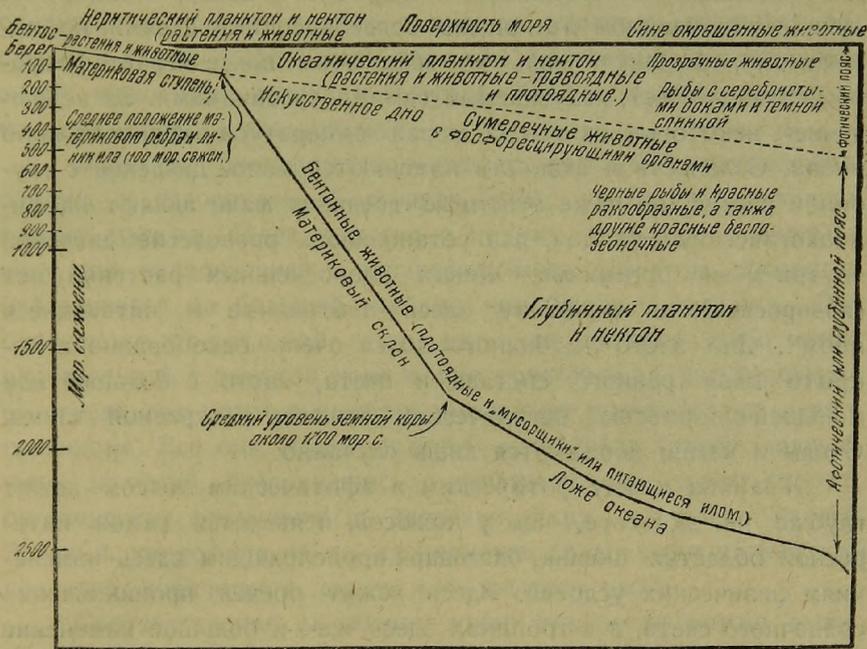


Рис. 8

Схема фаунистических и флористических областей океана.

много разнообразия в своем биологическом составе, солёности, температуре и вязкости; здесь находятся растения и животные, а также значительная часть пелагических личинок тех бентонных животных, которые живут на материковой отмели. Равным образом значительно меняется и природа дна этой неритической области,— оно может состоять из скал, валунов, песков, мергелистых отложений и ила. Океаническая область фотического пояса, далекая от непосредственного влияния суши и дна океана, представляет большое однообразие физических условий

по сравнению с неритической. Температура, соленость и вязкость воды в ней изменяются с широтой, но пелагические типы организмов здесь шире распределены, чем в неритической области. Всюду, по всему фотическому поясу, мы находим обилие хлорофильных растений, по преимуществу водорослей, а животные здесь и травоядны, и плотоядны.

II. Афотический, или глубинный пояс идет от нижней границы фотического пояса до дна самых глубоких «впадин». Дневной свет не проникает в воду этого пояса, и солнечные лучи почти целиком поглощены более высокими слоями, но, по видимому, большую роль во всем этом поясе играет фосфоресцирующий свет, испускаемый самими организмами. За исключением некоторых закрытых морей температура здесь постоянно низка. Соленость и вязкость изменяются мало. Давление с глубиной растет, но даже огромные давления мало влияют на физиологические функции, раз установилось равновесие давлений внутри и вне организма. Живых хлорофильных растений нет (водорослей), а животные здесь плотоядные и питающиеся илом¹. Дно этого глубинного пояса очень однообразно и покрыто илом разного состава и цвета, часто с большей или меньшей примесью органических веществ и красной глины. Скалы и камни попадают лишь случайно.

Граница между фотическим и афотическим поясом лежит глубже на экваторе, чем у полюсов, и является самой интересной областью океана, благодаря происходящим здесь изменениям физических условий. Здесь лежит предел проникновения солнечного света, а в тропиках здесь же—и большое изменение температуры.

Течения и волны мало влияют на дно, и организмы обнаруживают приспособления к этим измененным условиям в окраске тела, устройстве глаз, своими фосфоресцирующими органами и щупальцами. У границы ила² дно океана, очевидно, представляет собою огромное питательное поле, так как мелкие органические частицы на этой глубине садятся на дно, а в середине океана падение таких частиц сильно задерживается

¹ Автор называет их «scavenger»—мусорщиками.

² Для обозначения белого органического ила, состоящего преимущественно из раковинок фораминифер, принято в русском и отчасти в других языках английское слово «уз» (ooze). *Прим. ред.*

большим увеличением вязкости воды, благодаря чему получается как бы «второе искусственное дно», которое, повидимому, также представляет собою огромное питательное поле (см. рис. 8).

Говоря о формах жизни в океанических водах, нам будет удобно в настоящей главе рассмотреть растения, а в следующей животных.

Растения в океане. Высшие (явнобрачные) растения представлены в океане только семейством *Zosteraceae*. *Zostera marina* (морская трава) очень обычна вдоль берегов Атлантического океана, в закрытых местах с мягким илистым дном; это растение в таких местах дает убежище некоторым характерным видам животных, живущих главным образом, а, быть может, и исключительно, в его соседстве.

Огромное большинство морских растений принадлежит, однако, к водорослям. Благодаря тому, что в тропиках лучи солнца падают более отвесно и потому глубже проникают в воду, по направлению к экваториальным областям водоросли наблюдаются на большей глубине, чем ближе к полюсам. Они отличаются от растений суши тем, что находят свою пищу растворенной в морской воде и, при равномерном распределении ее в среде, они могут принимать пищу всю поверхность своего организма. Все они имеют зеленый хлорофилл, этого волшебника, который, соединившись с лучами солнца, может строить органические соединения из неорганических составных частей. Зеленый хлорофилл часто маскируется различными пигментами красного, коричневого, синего или желтого цвета.

Соответственно их образу жизни водоросли можно разделить на две главных группы: 1) прикрепленные ко дну водоросли (бентос) и 2) проходящие весь цикл своей жизни в плавающем состоянии (фитопланктон), а соответственно преобладающей окраске их разделили на четыре группы:

- 1) *Chlorophyceae*, или зеленые водоросли;
- 2) *Cyanophyceae*, или сине-зеленые водоросли;
- 3) *Phaeophyceae*, или бурые водоросли;
- 4) *Rhodophyceae*, или красные (багряные) водоросли.

Зеленые и сине-зеленые виды живут в более мелких водах, чем коричневые и красные, но сине-зеленые водоросли, живущие в глубокой воде, могут стать красными, а красные водоросли могут становиться пурпуровыми, зелеными или желтыми, со-

ответственно количеству и времени воздействия на них солнечного света¹.

Прикрепленные водоросли. К прикрепленным водорослям относятся бурые и красные и их находят почти вдоль всех берегов за исключением полярных морей, где стирающее действие льда уничтожает на скалах всякую жизнь. Бурые водоросли являются наиболее обычными и характерными морскими растениями и иногда достигают больших размеров: *Macrocystis pyrifera* Великого океана временами достигает длины в 250—300 м. Обыкновенные бурые водоросли береговой полосы принадлежат к роду *Fucus*, а непосредственно за этой полосой, до линии низкой воды преобладает род *Laminaria*. С этими растениями в каждом случае связана особая, отличная от других группа животных.

Знаменитые «луга океана», характерные для Саргассова моря, в северной части Атлантического океана, принадлежат к бурым водорослям. Научное название водоросли—*Sargassum bacciferum*; ее легко узнать по небольшим пузырькам, похожим на ягоды. Плавающие части этого растения всегда лишены органов воспроизведения и думают, что оно развивается вегетативно, хотя это оспаривалось. Предполагают, что более старые части постепенно теряют свою плавучесть и гибнут, погружаясь в глубь. Прикрепляющиеся формы *Sargassum*, с органами размножения, были найдены на Бермудах, в Вест-Индии и на берегу центральной Америки. Плавающие массы этой водоросли, как думают, постоянно пополняются кусками, отрывающимися от берегов волнами, и уносятся течениями, пока не соберутся в большом Атлантическом водовороте, окружающем Саргассово море. Они покрываются белыми пятнами мшанок и трубчатых червей (серпул), а также большим числом других животных (мелкие рыбы, крабы, креветки, моллюски и т. д.), которые живут на этих массах водорослей в Саргассовом море, обнаруживая удивительно приспособленную окраску, хотя ни одно из них не принадлежит собственно открытому океану.

Красные водоросли представлены двумя весьма различными типами: один из них, мягкий и нежный, с чрезвычайно тонкими

¹ Здесь речь идет, очевидно, только о развитии дополнительного пигмента, но не о полном морфологическом превращении одних систематических групп в другие, сопровождающемся изменением всех характерных признаков.

ветвлениями, как *Polysiphonia* английских берегов; другой растет округлыми массами или ветвится, но всегда пропитан в большом количестве известковыми отложениями. Сюда относятся кораллины (нуллипоры), играющие важную роль в тропических водах, так как некоторые формы, как *Lithothamnium*, составляют значительную часть коралловых рифов, а другие виды покрывают корою скалы, защищая их от размывания. Их можно проследить вглубь времен по меньшей мере до юрского периода, а в третичную эпоху они строят значительную часть некоторых геологических формаций.

Свободно плавающие водоросли. Обращаясь теперь к пелагическим водорослям, из которых состоит фитопланктон, мы находим, что они, в отличие от прикрепляющихся водорослей, у берегов, все малых размеров, а большинство даже микроскопически малы. Всюду в пределах фотического пояса они плавают в несчетных количествах, всего обильнее, однако, в приповерхностном слое этого пояса, и играют важнейшую роль в экономии моря, ибо, если исключить неподвижные водоросли и вещества, сносимые с суши реками, то именно из них строится вся та органическая материя, от которой зависит питание морских животных. И для моря остается в силе то же правило, как и для суши, что, прямо или косвенно, вся животная жизнь зависит от жизни растительной.

Морской фитопланктон включает зеленые, сине-зеленые и бурые водоросли. Из них огромное большинство составляют бурые; сине-зеленые водоросли представлены только *Oscillatoriaceae*, а зеленые только *Halosphaera*.

Бурые водоросли (*Phaeophyceae*) включают диатомей, пиридиней, кокколитофорид и ксантелл.

1. **Диатомеи.** Эти одноклеточные организмы распространены по всему свету, во всех пресных и соленых водах и в сырых местах. Они встречаются не только свободно плавающими в океане, но и бывают прикреплены к другим водорослям и животным, почти во всех областях. Они отличаются от других водорослей тем, что обладают тонкими кремнекислыми стенками (часто прекрасного рисунка), которые состоят из двух одинаковых створок, приходящихся одна к другой, как крышка к коробочке. Новые клетки возникают путем деления старой. Некоторые виды могут двигаться и скользят по песку или по илу, либо в воде.

У других видов отдельные створки скользят одна по другой, вперед и назад.

Пелагические виды (см. табл. VII), о которых только мы и говорим здесь, вообще имеют более тонкие стенки, чем прикрепляющиеся береговые или неритические виды, и часто обладают высоко развитыми органами парения, удерживающими их в взвешенном положении. Их делят на четыре группы:

а) Пузырчатый тип, где наибольшим является *Coscinodiscus* *tex* (свыше миллиметра в диаметре).

б) Ленточный тип, с уплощенными клетками, причем несколько клеток соединяются в лентообразную колонию, как у *Fragillaria oceanica*.

в) Нитевидный тип с клетками, очень удлиненными в одном направлении или соединяющимися в удлиненные колонии. Удлиненная форма помогает удерживаться им в воде в горизонтальном направлении и, таким образом, мешает им опускаться. Примером этого типа может быть *Rhizosolenia*.

г) Ветвистый тип, у которого поверхность клетки увеличивается различного рода нитевидными отростками. Хорошо известный пример этого типа представляет *Chaetoceras*, обычно соединенный в виде цепочки.

Многим из них приходится изменять свою форму для того, чтобы приспособить плавучесть к изменяющимся условиям вязкости воды в океане. Стремление опускаться увеличивается, когда вязкость, с повышением температуры, убывает; тогда диатомей развивают особые задерживающие органы, чтобы оставаться близ поверхности. В умеренном поясе летние и зимние формы некоторых видов могут отличаться до такой степени, что их принимали за различные виды. В тропиках есть виды, соответствующие летним формам, а в полярных водах—соответствующие зимним. Летние формы обыкновенно имеют более тонкие клеточные стенки и более гибкое строение.

В прибрежных водах, где физические условия изменяются гораздо больше, чем в открытом море, большинство диатомей имеет специальное приспособление (неизвестное у настоящих океанических видов),—так называемые покоящиеся споры, позволяющие им переживать неблагоприятное время года. При этом содержимое клетки сжимается в густую массу, в ее середине, и затем внутри старой клетки образуется новая толстая обо-

лочка, разрушающаяся, как только покоящаяся спора окончательно разовьется. Эти споры, с большим удельным весом, погружаются в глубокие воды или на дно, в прибрежных областях, где и лежат целые месяцы, пока условия вновь не станут благоприятными для новой жизни. Оплодотворение этих покоящихся спор нам все еще неизвестно.

В открытом океане диатомеи встречаются обильнее всего там, где имеется примесь загрязненной воды с суши и где соленость сравнительно мала, например, у устьев рек, в Индо-Тихоокеанской области, где выпадает наибольшее на всей земле количество осадков, а также у арктического и антарктического льдов. Их обилие в этих областях, по видимому, связано с присутствием коллоидальных гидратов кремнезема и глинозема скорее, чем с температурой, ибо их много встречается и в тропиках, и близко к полюсу. В северной и тропической частях Тихого океана, где соленость поверхностной воды сравнительно низка, все организмы, выделяющие кремнезем, встречаются в большем количестве, чем в более соленых водах Атлантического океана. Хорошо известно, что прибавление к грязной воде небольшого количества соли сразу очищает ее, осажая глинистое вещество. В океанических водах высокой солености есть очевидно недостаток кремнезема в растворенном или взвешенном состоянии, так что это распределение выделяющих кремнезем организмов соответствует закону минимума в земледелии. В Великом (Южном) океане и в некоторых других областях, ограниченных размерами, створки мертвых диатомей скопляются на дне в таком количестве, что это отложение называют диатомовым илом.

2. Перидинеи. Это — подвижные одноклеточные водоросли, или организмы с функциями водорослей, имеющие клеточные стенки из органического вещества, близкого целлюлозе, которые растворяются после смерти организма. Вследствие этого, в морских отложениях никогда не встречаются остатки этих организмов. Сами они живут в огромных количествах и во многих видах: многие из них великолепно фосфоресцируют. Типическим видом является *Peridinium depressum*. Между передней и задней половинами, а также между дорсальной и вентральной поверхностями есть отчетливые различия, а спереди и сзади имеются характерные борозды; еще одна борозда, известная

под названием кольцевой, опоясывает клетку. Одна ресничка выходит из поры в задней борозде и производит спиральные движения; другая ресничка лежит в кольцевой борозде и движется волнообразно. Гран утверждает, что у *Peridinium* размножение происходит не путем деления клетки, а путем превращения содержимого клетки в одну, две или четыре голых споры, отделяющихся от первоначальной клетки и постепенно образующих свои новые клеточные стенки. У *Ceratium* размножение происходит путем деления, как у диатомей. Очень часто клетки висят цепью и можно видеть, что рогаобразные отростки клетки значительно меняют свою форму от одного поколения к другому. От *Ceratium tripos* может получиться промежуточное поколение совершенно иного типа,—гораздо меньшее, с короткими прямыми рогами. У того же вида вместо нормального деления клеток может получаться почкование. Значение этих изменений полностью все еще не выяснено.

Pyrocystis, открытый во время экспедиции «Чалленджера», принадлежит к перидиниям и встречается в большом количестве во всех тропических и притропических водах, где температура превышает 20° и где соленость не понижается от действия прибрежных вод. *Pyrocystis noctiluca* имеет сферическую форму, диаметром от 0.6 до 0.8 мм. и с коричневыми зернышками пигмента. Он имеет приблизительно те же размеры, как и *Noctiluca* из класса *Cystoflagellata*, которая не имеет пигментных зерен и процветает в прибрежных водах, тогда как *Pyrocystis* живет в открытом море далеко от суши, главным образом, в тропических странах. И *Pyrocystis*, и *Noctiluca* прекрасно фосфоресцируют.

3. Кокколитофорида,—содержащие коричневый пигмент шарообразные *flagellata*, которые покрыты на своей поверхности известковыми щитками, похожими на пуговицы, иногда несущими острие по середине; обыкновенно они ограничиваются более теплыми областями океана. Эти известковые щитки называются кокколитами и рабдолитами; они были известны в глубоководных отложениях задолго до того, как «Чалленджер» открыл в поверхностных водах живые организмы,—коккосферы и рабдосферы. Они встречались в геологических отложениях такой древности, как кембрийский период, и сохранили свою форму почти неизменной в течение многих веков. Эти рабдосферы и коккосферы могут проходить через самые мелкие ячейки планктонных

сеток, и в течение долгого времени некоторые естествоиспытатели не верили в их существование. Они были впервые открыты, во время экспедиции «Чалленджера», запутавшись в протоплазменных нитях пелагических фораминифер и радиоларий, а также в желудках сальп и птеропод, а в настоящее время получают в изобилии при центрофугировании воды, захватываемой батометром с различных глубин.

В арктических и антарктических морях коккосферы вытесняются видами без известковых щитков, как *Tetraspora* (*Phaeocystis*) *poucheti*, встречающиеся в виде сравнительно огромных плавучих масс, видимых невооруженным глазом.

4. Ксантеллы. В поверхностных водах тропических стран, наряду с кокколитофоридами, мы находим другие мелкие бурые водоросли, еще мало изученные, хотя, вероятно, играющие большую роль в экономике океана. Таковы ксантеллы¹ или «желтые клетки» радиоларий,—находящиеся с ними в симбиозе. Этот союз растительных и животных клеток, очевидно, благоприятен и для тех, и для других, так как крахмал, образуемый «желтыми клетками», с выделением кислорода, может служить пищей животным, тогда как выделяемая животным угольная кислота полезна растительной клетке. Эти «желтые клетки» встречаются также у фораминифер (*Globigerina* и *Orbitolites*), а также у кораллов и других беспозвоночных, равно как находятся и в свободно плавающем состоянии в океане.

В подотряде радиоларий, известных под именем феодарий, населяющих глубины моря, «желтые клетки» других радиоларий, повидимому, заменяются феоделлами, клетками темной окраски,—быть может, более низкой формой водорослей, чем «желтые клетки», и способных выделять кислород под влиянием свечения глубоководных животных.

Сине-зеленые водоросли (*Cyanophyceae*) преобладают над всеми другими водорослями в пресной воде, но в морской воде они представлены только немногими видами и родами. Хорошо известное «цветение» озер в некоторые времена года объясняется громадным развитием некоторых видов *Oscillatoriaceae*; нечто подобное происходит и в океане. Из океанических родов наиболее известен *Trichodesmium*, состоящий из коричнеавтых,

¹ Более принято наименование «зооксантеллы»,—водоросли с желтыми хроматофорами.

желтых или красных клеток, собранных в воде в небольшие пучки, имеющие вид скошенного сена. В тихую погоду эти пучки всплывают на поверхность при помощи своих воздушных вакуолей и временами образуют большие скопления желтовато-коричневой пены, известной у моряков под названием «китовой икры». При большом количестве этой пены чувствуется неприятный резкий запах, иногда вредно действующий на глаза и нос. О некоторых других видах *Oscillatoriaceae* мы также знаем, что они обладают вредными свойствами. Эти сине-зеленые водоросли, кроме хлорофилла, содержат фикоцианин и другие красящие вещества, которые изменяют их спектр поглощения и таким образом влияют на ассимиляцию углерода из угольной кислоты при наличии солнечного света и на выделение кислорода. Этот фикоцианин, вероятно, освобождается в процессах гниения и, может быть, является причиной указанных выше неприятных явлений.

Внутри клеток *Rhizosolenia* встречается чрезвычайно мелкая сине-зеленая водоросль (*Richelia intracellularis*), которая, повидимому, размножается внутри клетки диатомеи. Мы еще не знаем, как она проникает в диатомею, — предполагали, что она делает это в ранней стадии жизненного цикла *Rhizosolenia*, прежде чем у последней разовьется вполне кремнистая клеточная стенка.

Зеленые водоросли (*Chlorophyceae*) вообще бедно представлены в океане, а в фитопланктоне почти только родом *Halosphaera*, небольшой сферической водорослью яркозеленого цвета, известной у итальянских рыбаков под именем «*punti verdi*» («зеленые точки»). Зеленый цвет, столь характерный для большинства наземных растений, таким образом, наблюдается лишь у немногих морских растений. *Halosphaera* встречается почти всюду в поверхностных и в приповерхностных водах исключая арктические и антарктические области, но всегда в небольшом количестве. В отличие от большинства водорослей она размножается зооспорами. Ее извлекали также запирающимися сетками у нижнего предела проникновения солнечного света, в открытом океане, но в этих случаях она, вероятно, была мертва и просто падала на дно.

Бактерии. Эти растительные организмы часто считают низшей формой жизни. Это не значит, что они были первыми

живыми организмами на земле,—жизнь на ней появилась, вероятно, задолго до бактерий. Они несомненно прошли известную эволюцию и не всегда имели свой нынешний вид. Они родственны грибам (Fungi) и являются наиболее многочисленными и наиболее широко распространенными из всех живых существ, находясь всюду в земле, воздухе и воде, и встречаясь в виде паразитов, в растениях и животных. Под микроскопом они представляются в виде круглых точек, палочек или нитей; они бесцветны, не содержат хлорофилла и имеют оболочку или капсулу из целлюлозы или сходного вещества. Они размножаются делением или спорами. Жизнь в её целом не могла бы протекать без бактерий: они не порождают жизни, но снабжают ее необходимым материалом. Растения без хлорофилла и животные рассеивают энергию, которую накапливают хлорофилльные растения, получая эту энергию целиком от лучей солнца.

Бактерии всегда имеются в разлагающемся органически веществе, так что присутствие бактерий всюду, во всей массе океана, даже на самых больших глубинах и в самой холодной воде, допускалось задолго до того, как оно было установлено действительным наблюдением.

Огромное большинство бактерий не может жить, не имея в своем распоряжении органических веществ,—и углеродистых, и азотистых. Сюда относятся те виды, которые производят брожение (разложение безазотистых веществ) и те, которые производят гниение (разложение азотистых веществ). Выделения и мертвые тела животных, обрывки тканей и клеток, хозяйственные и промышленные отбросы,— все это так или иначе попадает в почву и в океан. Вообще химическое состояние этих веществ не делает их пригодными для немедленной утилизации растениями в пищу; раньше они должны испытать такое преобразование, при котором изменился бы их химический состав. Бактерии и играют величайшую роль в мире жизни, как агенты этого изменения или преобразования. Короче сказать, конечным назначением всех живых веществ, раньше или позже, прямо или косвенно, является стать пищей бактерий.

Благодаря деятельности энзима, производимого некоторыми бактериями, простой продукт выделения может быть обращен в карбонат аммония. В то время, однако, как зеленые растения или водоросли могут получать некоторое количество азота из

аммиачных соединений, растения, как мы хорошо знаем, могут получать азот гораздо легче из нитратов. Но существуют также другие бактерии,—нитрифицирующие, которые окисляют азот аммиака в более усвояемую форму нитритов и нитратов; одна группа их захватывает соединения аммония, изменяя их в нитриты, другая заканчивает их окисление в нитраты. Денитрифицирующие бактерии делают обратное и восстанавливают нитраты в нитриты, нитриты в аммиак, а аммиак в свободный азот.

Таким образом, мы получаем бесконечный круг: благодаря действию хлорофилла на солнечном свете возникает прогрессивная осложненность строящегося, живого органического вещества, причем образуются растительные протеины; животные могут поглощать эти растительные продукты и подымать живые вещества до еще более высокого усложнения, причем образуются животные протеины. Однако, со смертью всякого животного и растения эти сложные органические вещества, благодаря деятельности бактерий распадаются на углекислоту и азот, или на их простейшие составные части, которые обладают сравнительно небольшим запасом потенциальной энергии.

Повидимому, нитрифицирующие бактерии не требуют для своего питания органических соединений, и бактерии корневых клубеньков при самом незначительном количестве органического углерода могут добывать весь свой азот из атмосферы. С ними можно поставить рядом те формы, которые при весьма небольшом количестве органического вещества могут разрушать определенные неорганические тела и добывать из этого процесса свою энергию (серные и железные бактерии). Мы еще не вполне понимаем эти химические изменения, но они указывают, что эти организмы без хлорофилла и без солнечного света могут усваивать двуокись углерода из атмосферы, а равным образом ассимилировать и накапливать свободный азот. Таким образом, эти бактерии дают некоторые указания на то, как первые формы жизни, которые должны были появиться на земле, находили свою пищу; быть может, они составляют исключение из общего положения, что только зеленые хлорофиллоносные растения могут, с помощью солнечного света, ассимилировать двуокись углерода из атмосферы и строить углеводы.

Из того, что было изложено выше, вытекает, что в океане бактерии находятся в наибольшем обилии у берегов и в мелких

водах,—там, где имеется много мертвого органического вещества; с удалением в открытое море и в глубокие и холодные воды количество их становится все меньше. Повидимому, их особенно много там, где мы имеем так называемую «линию ила», т. е. в том месте, где все мелкие органические и неорганические частицы осаждаются на дно и образуют ил,—гумус океана, вместо песка или гравия. Они опять-таки чрезвычайно многочисленны и активны в поверхностных водах там, где встречаются холодное и теплое течения. Здесь, благодаря повышению температуры, бактерии, бывшие в сонном и летаргическом состоянии¹ в холодной воде, становятся активными и превращают в нитриты и нитраты альбуминат аммония, разложению которого в полярных течениях и в холодной, поднимающейся из глубин моря, воде мешала низкая температура; таким образом, создается обильная пища для растений. Много раз уже было отмечено, что пелагические водоросли особенно многочисленны в таких областях, например, всюду в Великом (Южном) океане и к юго-западу от Исландии, в северной части Атлантического океана.

В то время как температура в $+60^{\circ}$ обыкновенно убивает бактерии, повторные понижения ее до нуля только приводят их в состояние покоя; они могут переживать очень низкие температуры. При понижении температуры дальше известной точки органические вещества не могут гнить: когда в Сибири были найдены замерзшие мамонты, их мясо оказалось изменившимся так мало, что его ели охотничьи собаки. Если бы бактерии не существовали в холодной воде морских глубин, было бы трудно понять, как могли бы подвергаться разложению мягкие части китов и рыб.

Фосфоресцирующих бактерий в океане много; повидимому, они даже живут только в океанических водах, так как в пресной воде их никогда не наблюдали. Эти бактерии встречаются на мертвых рыбах и на других морских организмах, при всяких температурах, в особенности же при сравнительно высоких.

¹ Сонное или летаргическое состояние—лишь образное выражение. Низшие организмы способны в неблагоприятных условиях впасть в состояние временной приостановки всех жизненных функций, без анатомических разрушений; такое состояние получило название а н а б и о з а.

Прим. ред.

ГЛАВА VIII

Жизнь в океане: животные

Морских животных можно разделить на теплокровных и холоднокровных или, еще лучше, на таких животных, кровь которых сохраняет более или менее постоянную температуру, независимо от внешней, и на таких, температура крови которых одинакова с температурой воды, в которой они живут, или лишь немногим выше ее. К теплокровным принадлежат все морские дышащие воздухом млекопитающие, как киты, дельфины, тюлени, моржи и т. д., причем современные киты являются наибольшими созданиями, какие когда-либо были на нашей земле. Все эти млекопитающие произошли от сухопутных видов, приспособившихся к водяному образу жизни. У этих морских животных температура тела колеблется от 37° до 40° и не изменяется заметно от того, находятся ли они в ледяных водах полярных областей или в теплых водах экваториальных морей. Если считать некоторых птиц, как пингвины, морскими животными, то в них мы имеем животных с кровью еще более высокой температуры, которая остается почти постоянной, несмотря на весьма значительные изменения внешних условий.

Подавляющее большинство морских животных принадлежит ко второй группе, — у которой температура крови одинакова с температурой окружающей воды или очень немногим выше ее. Эта группа включает рыб и всех беспозвоночных. У тунца иногда наблюдалось превышение температуры крови над температурой окружающей воды до 3° , но это бывало после сильных движений и является исключением. В полярных областях есть много видов, принадлежащих почти ко всем морским группам, которые проводят всю свою жизнь в воде, имеющей температуру ниже точки замерзания пресной воды. Однако, в тропиках животные, принадлежащие к тем же группам, например, морские звезды, всю свою жизнь проводят в воде с температурой

около 27°. Как нам хорошо известно, температура в такой степени влияет на химические реакции, что при увеличении ее на 10° скорость реакции удваивается или утраивается. Это так называемый закон ван т'Гоффа, строго приложимый к биохимическим реакциям у растений. Имеющиеся у нас указания говорят, что то же можно отнести и к метаболизму у животных, и этот факт может объяснить много головоломных задач морской биологии.

Прежде всего мы остановимся на животных, обитающих в поверхностных, приповерхностных и промежуточных водах океана (планктон), а затем перейдем к тем, которые прикреплены к дну океана или ползают на нем (бентос).

Планктонная фауна. В начале предшествующей главы мы уже говорили о большом разнообразии растительной жизни в поверхностных и приповерхностных водах океана и о тех изменениях, которые вызываются изменениями температуры, вязкости и других физических условий воды. Животная жизнь, в такой же степени обильна и даже еще разнообразнее, в поверхностных и приповерхностных водах; ее можно разделить на: 1) планктон, неритический и океанический, представляющий собой животных, переносимых пассивно течениями, и 2) нектон, который составляют животные, могущие плавать против течений.

Почти все классы морских животных представлены в планктонной фауне холодных или теплых областей: пресмыкающиеся, рыбы, оболочники, ракообразные, моллюски, черви, кишечнополостные и простейшие. Нет представителей губок. Большой тип иглокожих, повидимому, представляется только пелагической голотурией *Pelagothuria*, хотя этих животных в личиночной стадии много, особенно там, где море мелко; а огромный класс насекомых представлен только немногими видами *Halobates*.

Простейшие (фораминиферы и радиоларии) составляют наиболее важную часть планктона, так как, хотя и микроскопических размеров, они кишат несчетными мириадами в тропическом и умеренных поясах (относительно радиоларий смотри таб. VII, а относительно фораминифер—таб. IX), а донные отложения в значительной части состоят из их раковин и скелетов умерших животных и покрывают обширные области морского дна в различных частях земного шара.

Ракообразные, вероятно, — самые многочисленные из всех пелагических животных, особенно более мелкие формы, как копеподы и амфиподы, небольшие размеры которых возмещаются громадной численностью особей.

Пелагические моллюски (птероподы и гетероподы) особенно характерны для более теплых областей океана (см. таб. VIII), где их раковины падают на дно в таком изобилии, что на умеренных глубинах составляют значительную часть отложения, получившего название птероподового ила.

Пелагические оболочники (*Salpa*, *Doliolum*, *Pyrosoma*, *Appendicularia*) являются важными членами планктона, а в нектоне мы находим много видов рыб и головоногих, которые оказываются прекрасными пловцами.

Пелагические личинки бентонных животных встречаются в изобилии в мелких водах у берега, но дальше в открытом море число их уменьшается. В тропических и субтропических областях встречается много переросших личиночных форм (*Plagusia*, *Phyllosoma*, *Alima*, *Erichthus* и т. п.), которые, как предполагают, уносятся течениями из мелких вод у берега в открытый океан, где они не могут найти условий, необходимых для их полового развития, и потому вырастают до больших размеров. Некоторые авторы все еще утверждают, что *Leptocephalus* обыкновенного угря представляет собою личинку такого рода. Если это совершенно нормально, то она обладает той особенностью, что ее размеры уменьшаются с переходом от стадии лептоцефальной к стадии молодого угря. Лосось поднимается в реки и озера для метания икры, а пресноводный угорь надевает серебристую одежду и спускается для метания икры в океан, хотя его икра еще не найдена. Самые молодые личиночные стадии угря, какие мы знаем, были найдены в Саргассовом море «Михаилом Сарсом» в 1910 году.

Сочетание пелагических или планктонных организмов в фотическом поясе океана является самодовлеющим и самоподдерживающим. Мелкие растения, как перидинеи и диатомеи, при помощи хлорофилла и солнечного света строят органические вещества и доставляют пищу для таких созданий, как копеподы и амфиподы, которые, в свою очередь, являются пищей для рыб, птиц и китов. Здесь мы имеем пример одной из многих цепей, какие представляют в океане соотношения питания; все орга-

ническое вещество, вырабатываемое в телах этих организмов, после их смерти подвергается нападению бактерий и распадается на аммиак, нитриты и нитраты, образуя пищу для пелагических водорослей и замыкая, таким образом, этот цикл анаболизма и катаболизма.

Влияние температуры. Если протащить планктонную сетку в воде, то в арктических и антарктических областях океана она захватит огромное число ракообразных — схизопод, копепод и амфипод, — принадлежащих к сравнительно небольшому числу родов и видов; в тропических водах такая же сетка обыкновенно захватывает эти же пелагические создания, но тогда как общая сумма органического вещества в этих последних уловах гораздо меньше, чем в полярных морях, число родов и видов зато значительно превосходит число находимых в холодных водах на севере и юге. Повидимому, этот контраст нужно объяснить скоростью метаболизма в организмах, о которой мы только что говорили. Представляется очевидным, что захваченные в холодных полярных водах организмы имеют весьма различный возраст, яйца, молодежь и взрослые формы, во все времена года, захватываются одной и той же сетью; многие из этих взрослых форм могут иметь возраст десяти, двадцати и более лет. В условиях низкой температуры замедляются действия энзимов, бактерий и процессов гниения. С другой стороны, в тропических водах все эти процессы ускоряются, и различные фазы жизненного цикла проходятся этими организмами быстро; вряд ли какой-нибудь из этих мелких организмов в тропических морях старше нескольких дней, недель или месяцев. Именно этим можно объяснить большое количество органического вещества в холодных полярных водах, доставляющего обильную пищу для таких чудовищных животных, как обыкновенный кит. Желудки китов, когда их убивают, оказываются иногда до такой степени набитыми копеподами и другими ракообразными, что их можно перекапывать лопатой. Кашалоты в экваториальных водах питаются не мелкими планктонными организмами, а каракатицами, рыбами и другими крупными животными. Весьма вероятно также, что это температурное соотношение находится в связи с тем фактом, что в холодных полярных водах особей много, а родов и видов мало, в тропических же наоборот, — особей сравнительно мало, а родов и видов много.

Другую особенность, повидимому, связанную с температурой, представляет тот факт, что развитие значительного числа полярных морских животных происходит прямым путем. Во время экспедиции «Knight Errant» в Фарерском канале, при забрасывании трала на глубину 555 м. сажен было захвачено в один прием много сотен голотурий (*Laetmogone violacea*), а в другом месте, таким же образом—много сотен пикногонид (*Nymphon robustum*) с глубины 540 м. сажен. Это чрезвычайное скопление особей, принадлежащих к одному виду, в одном месте более холодной области океана, как думают, является следствием прямого развития, так что молодь распространяется по морскому дну, не проходя пелагической стадии.

В уловах планктонных сетей, в арктических и антарктических водах, находят сравнительно мало пелагических личинок бентонных видов. В Антарктическом океане, в трудах «Чалленджера» отмечена, в поверхностных водах только одна личинка иглокожих. То же затем было сделано Британской Национальной Антарктической экспедицией и Германской экспедицией к южному полюсу. Ее описали под именем *Auricularia antarctica* и Мортенсен считает ее личинкой какой-нибудь голотурии. С другой стороны, много иглокожих (морские звезды, офиуры, морские ежи и голотурии) вытягивались вместе с яйцами и с молодь, которая в различных стадиях развития оказывалась приставшей к телу родителей. В умеренных областях много встречается пелагических личинок в более теплое время года, но их почти нет зимою, тогда как в экваториальных областях их можно всегда найти в уловах планктонных сетей, особенно в прибрежных водах.

Далее, выделение углекислой извести организмами очень сильно замедляется в холодной воде по сравнению с теплой. Как думают, в холодной воде отлагается кальцит, а в теплой арагонит. В виде иллюстрации можно упомянуть, что в тропических водах имеется около 35 видов раковинных птеропод и 32 вида гетеропод. При переходе от экватора к полюсам они постепенно исчезают и в собственно-полярных водах встречается уже только один небольшой раковинный вид *Limacina* в Арктическом океане и другой сродный вид в антарктическом районе. Мейзенгеймер утверждает, что птеропода *Limacina helicina* встречается и в арктических и в антарктических водах, тогда как

Limacina retroversa попадает в северной и южной умеренных областях, хотя совершенно отсутствует в более теплом тропическом поясе. С другой стороны, некоторые авторы считают эти северные и южные формы не тождественными, а различными видами.

Совершенно аналогично этому распределяются и пелагические фораминиферы. Ближе к экватору в уловах можно найти свыше 20 видов, которые при переходе в более холодные воды полярных стран постепенно исчезают; в поверхностных водах Арктического океана мы находим только один вид *Globigerina* (*G. pachyderma*), а в Антарктических водах другой вид (*G. duertrei*). Некоторые авторы считают эти два вида тождественными.

Гигантские коралловые рифы и острова океана, так же, как и раковины, из которых состоит глобигериновый и птероподовый ил океанического дна, являются превосходным свидетельством энергичной метаболической деятельности животных и растений в наиболее теплых водах земного шара. Живой покров органического вещества на поверхности коралловых рифов может быть не очень большим в каждый данный момент, но присутствие целых рифов и скорость роста известкового скелета из углекислого кальция ясно говорит о гораздо более значительной метаболической деятельности, чем та, которую можно найти где бы то ни было в арктических и антарктических морях. С другой стороны, в холодной глубинной воде между бентонными организмами не встречается больших известковых раковин моллюсков или других животных. Наибольшая раковина моллюска, поднятая «Чалленджером» с глубины, имела около 16 см. в длину и была тонкой и прозрачной.

Вязкость. От температуры зависит и другой фактор—вязкость морской воды (см. главу V), которая играет важную роль в развитии поддерживающих органов как у планктонных животных, так и у растений. Поверхностные воды тропических стран имеют температуру в 27° и, как мы видели, ее вязкость составляет только половину той, которую мы имеем на нижнем пределе фотического пояса, где температура равна 4.5° . Отсюда вытекает, что организмы в более теплой воде погружаются вдвое быстрее, чем в более глубоких холодных водах, и им неизбежно приходится развивать у себя различного рода плавучие приспособления, служащие для того, чтобы увеличивать или

уменьшать их поверхностное сопротивление. Среди этих плавучих приспособлений мы имеем выделение жиров и масел, развитие воздушных пузырьков, уменьшение размеров, изменение формы и приобретение различных по форме придатков. Как и в случае морских растений, живущих в холодной воде, полярные морские животные не нуждаются в развитии поддерживающих органов в виду незначительных различий в вязкости поверхностной и глубинной воды.

Отношение пелагической фауны к прониканию света. Животные, взятые у нижнего предела проникания света, т. е. в тропических странах на глубинах около 500 м. сажен, были названы батипелагическими или сумеречными животными. На этой глубине происходит довольно резкое изменение температуры, солености и вязкости, и соответственно этому, мы находим здесь много приспособлений к этим своеобразным физическим условиям в отношении, например, цвета и интенсивности окраски (количества пигмента), в развитии плавучих приспособлений, глаз и световых органов.

На поверхности океана мы находим ряд животных, имеющих синюю окраску, как *Porpita*, *Verella*, *Physalia* и *Lanthea*, которые снизу должны быть почти невидимыми, а потому и защищенными от врагов.

Непосредственно под поверхностью моря большинство животных прозрачны и бесцветны, как лептоцефалиды¹ и многие другие личинки, которые, когда их извлекают планктонной сеткой, можно отличить часто только по маленьким черным глазам, так как их кровь лишена гемоглобина и все тело совершенно прозрачно. Другие животные серебристы с голубоватой спиной, как сельди и летучие рыбы. Животные, обитающие вблизи плавучих предметов,—древесных обломков или скопления саргассов, обнаруживают в своей окраске поразительное сходство с предметами, которые они сопровождают; как типические примеры такой защитной окраски, мы можем привести маленького краба (*Planes minutus*) и маленькую рыбу (*Antennarius marmoratus*), живущих среди плавающих водорослей Саргассова моря.

¹ *Leptocephalus*—личинка угря. Экспедиция «Михаила Сарса» открыла около 20 новых форм этих личинок, из которых большинство, повидимому, принадлежат к еще неизвестным угрям. Прим. ред.

На глубинах в 100 или 200 м. сажень рыбы обыкновенно сжаты с боков, серого цвета, либо с серебристым блеском, нередко радужным на боках, и имеют темно-синюю или коричневую спинку. Такого рода приспособления представляются чрезвычайно выгодными с той точки зрения, что делают этих животных невидимыми снизу и сверху; хорошим примером этого является рыба *Argyropselcus*.

Глубже 300 м. сажень животные характеризуются красноватыми и темными цветами; так, у медуз мы находим темно-коричневую и красную окраску, у птеропод темно-фиолетовую, у рыб черную или темно-фиолетовую, у червей и ракообразных красную.

Эти изменения окраски, повидимому, находятся в соотношении с количеством солнечного света, проникающего на различные глубины, так как батипелагические формы темной окраски мы находим в тропиках на большей глубине, чем в умеренных странах, где свет проникает не так глубоко. Экспедиция «Михаила Сарса» показала, что рыбы темной окраски ночью производят перемещения по вертикали и потому имеют весьма значительные приспособления к изменениям температуры и давления. Интенсивность окраски (количество пигмента) у некоторых форм, как медузы и ракообразные, повидимому, также регулируется количеством света, причем она растет с увеличением глубины.

Фосфоресцирующий свет. Мы уже упоминали о том поразительном факте, что в пресной воде не найдено фосфоресцирующих организмов; даже фосфоресцирующие бактерии требуют присутствия хлористого натрия в той среде, где они растут. Способность испускать фосфоресцирующий свет широко распространена почти у всех групп морских животных, включая бактерий, перидиней, жгутиковых, кишечнорастворимых, ракообразных, головоногих, оболочников и рыб. Тот факт, что некоторые животные обладают этой способностью, а другие не обладают, а также распределение фосфоресцирующих организмов по глубинам, принадлежат к числу загадочных явлений, с которыми приходится иметь дело биологии моря. Повидимому, фосфоресцирующие органы развиваются больше всего в теплой воде, но они наблюдаются и в холодных водах, как, например, у *Peridinium* и *Nyctiphanes*.

Иногда это свечение обуславливается выделением слизистого светящегося вещества, которое может покрывать все тело животного; иногда оно исходит от ядра; иногда его испускают специальные световые органы более или менее сложного строения, то в виде простой светящейся клетки эпителия, то в виде сложных железистых тел, имеющих линзу и рефлектор и действующих несколько аналогично потайному фонарю.

Развитие световых органов. Световые органы встречаются, главным образом, у пелагических животных, а из рыб они характерны для форм, живущих до глубин 300 м. сажен. Размеры этих световых органов, повидимому, соответствуют различию глубин, причем более значительной величины эти органы достигают у рыб, живущих в приповерхностных водах. Так из шести видов *Cyclothone* пять живут в глубокой воде, имеют черную окраску и маленькие световые органы, тогда как один вид (*C. signata*) живет на гораздо меньшей глубине, имеет серую окраску и большие световые органы. Поверхностные формы рода скопелид *Mystophum* имеют большие световые органы, тогда как у глубоководных форм того же рода световые органы очень малы. Во время экспедиции «Михаила Сарса» в северной части Атлантического океана рыбы, взятые с глубин, превышающих 400 м. сажен, обычно не имели световых органов или имели очень небольшие, тогда как у взятых с глубин от 100 до 300 м. сажен световые органы были велики.

Развитие глаз. Очевидно, размеры глаз у глубоководных животных связаны с силой имеющегося там фосфоресцирующего света и интенсивностью солнечного освещения, так как среди пелагических рыб большое изменение размера глаз по сравнению с живущими на меньших глубинах замечается у тех из них, которые живут у нижнего предела фотического пояса. Так, у многих из рыб, взятых с глубин от 100 до 300 м. сажен, диаметр глаза составляет от половины до четверти длины головы, тогда как у взятых ниже 300 м. сажен глаза могут составлять только одну двенадцатую или одну пятнадцатую головы, либо могут совершенно отсутствовать. Интересно, что единственный слепой головоногий моллюск, какого мы знаем, был извлечен из глубины 800 м. сажен. Уменьшение размера глаз с увеличением глубины также замечено и у ракообразных; у многих амфипод, живущих в поверхностных водах, вся голова занята двумя боль-

шими глазами; у некоторых декапод, живущих на глубинах меньше 100 м. сажен, диаметр глаза составляет около одной шестой длины их головогрудного панцыря, тогда как у взятых с 300 м. сажен это соотношение составляет около одной десятой, а у взятых с 500 или 600 м. сажен оно может понижаться до одной двадцатой. Стебельчатые глаза наблюдались у многих пелагических личинок рыб, но, вероятно, в позднейших стадиях они превращаются в нормальные глаза. Каракатица со стебельчатыми глазами была также добыта на глубине 100 м. сажен. Телескопические глаза известны у рыб с глубин менее 300 м. сажен, это, — обыкновенно рыбы, которые, скорее, пассивно переносятся движением воды, чем самостоятельно плавают в ней и, так как такие глаза направлены вверх, то, повидимому, они хорошо приспособлены для получения слабых, отвесно падающих лучей света.

Нужно отметить, что иногда глаза бентонных животных увеличиваются с возрастанием глубины; возможно, что целью этого приспособления является повышение чувствительности к фосфоресцирующему свету.

Промежуточная водяная фауна. И до настоящего времени нельзя говорить вполне уверенно о распределении животных, населяющих огромную промежуточную область между нижним фотическим поясом и дном. Хотя многие животные, подобно некоторым из чалленджерид¹ между радиолариями и некоторым другим, более высоким организмам, повидимому, живут исключительно в этой области, однако до сих пор еще не установлены точно пределы их батиметрического распределения. Поскольку проникли наши исследования, они, повидимому, говорят о том, что организмы этого промежуточного пояса воды не так многочисленны, как живущие в слоях ближе к поверхности и ближе ко дну.

Бентос. Когда мы переходим от пелагических к бентонным животным, то получается, как общее правило, что в наибольшем обилии придонные животные встречаются в прибрежных водах и что число их постепенно уменьшается с удалением от суши в более глубокие воды, а в областях красной глины абиссальной равнины мы имеем некоторый минимум их (не нуль,

¹ Challengeridae — одно из семейств радиоларий, установленное Мёрреем.

однако). Повидимому, как правило, более важным фактором в распределении бентонных животных, является расстояние от берега материка, а не действительная глубина, так как уловы на одинаковых глубинах ближе, чем в 500 км. от суши, давали больше особей и видов, чем находилось в уловах далее 500 км. от суши, за исключением быть может южной части Великого океана, где, благодаря ледяным горам, континентальные условия заходят далеко к северу от антарктического материка.

Наибольшее разнообразие животной жизни мы находим, повидимому, в мелких водах тропических областей, особенно вблизи материков и коралловых рифов, но хотя общее число видов в умеренных и полярных прибрежных водах, может быть, меньше, чем в тропических, однако, оно уравнивается необычайным обилием особей в холодных водах у полюсов.

Прибрежный и мелководный бентос. Морскую фауну прибрежных областей, обычно делят на зоны, соответственно физическим условиям и петрографическим материалам, покрывающим дно. Так, в северных водах мы можем отличить литторальную, или прибрежную зону, идущую от уровня высокой воды¹ до глубины приблизительно 20 м. сажен, и сублитторальную, или мелководную зону, от 20 м. сажен до 100 м. сажен приблизительно. Ниже 100 м. сажен мы приближаемся к глубоководным условиям, — температура и соленость становятся все более и более равномерными, течения менее заметными, а в то же время фауна делается все более однообразной и более широко распространяется как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Прибрежный пояс разделяется, в свою очередь, соответственно характеру дна в различных местах, на области и пояса; как, например, область прилива - отлива², пояс баланусов, пояс фукусов, пояс ламинарий, пояс зостеры, твердое дно, песчаное дно, илистое дно; каждое из этих подразделений имеет характерный для него особый подбор рыб и беспозвоночных животных. На голых скалах, например, мы находим баланусов, из моллюсков — мидии, *Patella*, *Littorina*; на морских водорослях распо-

¹ Уровень высокой воды — максимальный уровень прилива.

Прим. ред.

² Эта полоса обнажается во время отлива и остается сухой в течение нескольких часов в сутки.

Прим. ред.

лагаются сидячие формы, как губки, гидроиды, мшанки, трубчатые черви, серпулиды, актинии и асцидии, а вместе с ними капеллиды (из ракообразных), пикногоны, голожаберные моллюски, черви, морские звезды и офиуры; на песчаном дне мы находим зарывающиеся формы, как мидий, астеридов, спатангидов¹, червей, ракообразных, ланцетника и из рыб—песчанку (*Ammodytes*); на твердом грунте²—прикрепляющиеся и неприкрепляющиеся формы, как губки, мшанки, гидроиды, кораллы, горгониды, альционарии, асцидии, хитоны и другие моллюски, брахиоподы, ракообразные, офиуры, морские звезды, эхиниды, криноиды, голотурии и черви; на илистом дне встречаются, главным образом, роющие формы, корненожки, мидии, скафоподы (*Dentalium*), пеннатулиды, голотурии, ракообразные, актинии, черви и губки.

В поясе мелководья, или сублитторальной зоне, мы находим голотурий, морских звезд, офиур, червей, брахиопод, мидий и других моллюсков, ракообразных, горгонид, актиний, эхинид, гидроидов, мшанок, асцидий и губок. В том месте, где мелкий размывной материал с суши и с мелководья оседает на дне моря, получается огромное питательное поле, на котором ракообразные и другие животные выбирают съедобные частицы органического вещества из этих донных осадков. Это так называемая линия ила, и на берегах открытого океана она, в среднем, лежит на глубине 100 м. сажен. Она связана с некоторого рода искусственным дном в открытом океане, там где образуется резкий скачек в вязкости и вытекающее отсюда изменение в скорости падения частиц органических остатков³ (см. главу VII, стр. 83).

¹ Из неправильных морских ежей.

Прим. ред.

² Твердый грунт образован обломками раковин.

Прим. ред.

³ В свое время Мёррей предложил называть границу действия волн на дно, у берегов континентов,—«линией ила», «mud-line». Уносимые в океан, с суши, речными водами частицы, вследствие действия волн и течений, не тотчас оседают на дно, но лишь достигши нижней границы их действия. Во внутренних морях это происходит уже на глубине нескольких сажен, но в открытом океане, действие волн заметно еще даже на глубине нескольких сот сажен. В среднем, Мёррей определяет границу отложения ила на дне открытого океана в 100 м. сажен. И органическая жизнь оказывается связанной в своем развитии с этой границей: ближе к берегу она сравнительно однообразна, а на несколько сот сажен ниже отмеченной границы она необыкновенно пышно развивается, и

Бентос материкового склона. Фауну материковых склонов¹ на глубине свыше 100 м. сажен иногда называют архибентонной фауной, но между архибентонной и абиссальной областями нет ясно очерченной границы. Эта архибентонная фауна в северной части Атлантического океана характеризуется морскими ежами из семейства эхиноурид, с гибкими, вроде кожаных, пластинками скелета, и другими эхиноидами, криноидами, морскими звездами, офиурами, голотуриями, актиниями, пеннатулидами, кораллами, альционариями, ракообразными, червями, моллюсками, брахиоподами и губками. Как показала экспедиция «Михаила Сарса», фауна рыб, живущих на материковом склоне в восточной части Атлантического океана очень однообразна, на всем пути от Фарерских островов до Канарских, к югу; здесь встречается шесть видов, общих этим северным и южным местностям (Мога тога, например), что составляет резкое отличие от фауны рыб материковой отмели, где распространение видов гораздо более ограничено.

Важнейшие экономически рыбные ловли северной Европы ограничены материковой отмелью и материковым склоном, и причины колебаний в уловах этих мест были предметом множества новых исследований, в особенности в Норвегии. Имеются указания на то, что в иные годы обилие пищи к моменту вылупления мальков из яиц ведет к большому повышению качества и количества рыбы в известный год и рыбы этого благоприятного года предопределяют характер улова на длинный ряд последующих лет.

Мёррей называет этот пояс, окаймляющий континентальные берега, «великим питательным полем» океана (great feeding ground). Органические частицы, приносимые с материков и из мелкой полосы моря, оседая на дно, доставляют обильный пищевой материал преимущественно огромному количеству ракообразных.

Прим. ред.

¹ Полоса океанического дна, от берега до 100 саж. глубины, называется береговым, или континентальным плато, континентальной ступенью, или отмелью, материковым пьедесталом. Рыбаки называют ее «банкой». Спускаясь сравнительно медленно и плавно, она затем переходит в более крупный наклон, который называется континентальным склоном, а линия, разделяющая эти две плоскости, называется «ребром». Рыбаки европейских побережий давно привыкли различать эти места, и экспедиция «Михаила Сарса» уделила специальное внимание исследованию фаун и грунта этих важных в практическом рыболовстве частей моря.

Прим. ред.

Весьма вероятно, что сообщества животных в тропических областях, как и в северных водах, распределяются по нескольким аналогичным глубинным поясам.

Глубоководный бентос. Мы указывали, что растения могут жить только в пределах фотического пояса, но их мертвые остатки, погружаясь через промежуточные слои воды, могут на своем пути ко дну и на дне доставлять пищу животным. Было указано уже, что большое изменение физических условий, температуры, вязкости, проникновения света, происходит, особенно в тропиках, на глубине около 400 или 500 м. сажен, и здесь многие из этих падающих частиц могут замедлять свое падение и тогда представляют в этом слое богатую почву для батипелагических животных; так создается как бы искусственное дно или продолжение линии ила материковых склонов. В холодных водах глубокого моря разложение и гниение являются медленными процессами, так что в мертвых телах организмов есть еще пища для «мусорщиков», как голотурии, которые едят ил и, в свою очередь, являются пищей для глубоководных хищников.

Многие характерные глубоководные формы сидят на длинных стебельках, поднимаясь из ила, как некоторые криноиды, пеннатулиды, альционарии, гидроидные полипы и мшанки; у других, как у пикногонид и ракообразных, длинные ноги; иные обладают хорошо развитыми осязательными органами, как некоторые ракообразные и рыбы. Большинство этих форм по строению очень нежны, но по размерам огромны в сравнении со своими сородичами из мелководья. Те виды, которые требуют углекислого кальция для образования своих скелетов,—таковы моллюски и кораллы,—слабо развиты в абиссальной области. Ряд бентонных известковых фораминифер изображен на табл. X.

Фосфоресцирующий свет играет, очевидно, очень важную роль в глубинной жизни; кишечнополостные, а также альционарии часто вытягивались с больших глубин в светящемся состоянии. Окраска глубинных животных (в большинстве однократно красная и коричневая, без каких бы то ни было ярких пятен) несомненно, связана со слабым свертканием фосфоресцирующего света. Светящиеся животные, вероятно, распределены в глубинах не равномерно, а более или менее скученно, и в некоторых местах более многочисленны, чем в других, тогда как некоторые области совершенно лишены света. Но это не может

объяснить огромных различий в развитии глаз у глубоководных форм, из которых у некоторых они очень велики, а у других малы или даже совершенно отсутствуют. Иногда в одном и том же улове трала наряду с совершенно слепыми вытягивались животные с большими глазами.

Установлено, что действие пищеварительных энзимов при низких температурах замедляется, так что это действие в глубинах моря должно происходить очень медленно и, следовательно, потребность в пище у глубоководных животных меньше, чем у более активных животных, живущих в более теплых водах океана.

Колонизация глубокого моря происходила, повидимому, путем последовательных переселений из более мелководных частей океана, особенно из области линии ила, где, как предполагают, впервые появились, в до-кембрийские времена, простейшие формы жизни; но, повидимому, — чаще из холодных областей, чем из теплых. Если над всем мировым океаном был когда-то почти однообразно теплый климат, нам приходится предполагать, что глубины моря должны были быть неблагоприятны для животной жизни вследствие отсутствия циркуляции воды и атмосферного кислорода, но, вероятно, одни и те же или близко родственные виды бентонных животных имелись почти всюду в областях мелководья. Когда началось охлаждение у полюсов, эти животные с пелагическими личинками должны были погибать или переселяться к более теплым тропикам, а те, которые оказались способны ограничить процесс воспроизведения летним временем, имея притом свободно плавающие личинки, смогли жить в умеренных областях, но в животных тропических областей и областей коралловых рифов мы должны видеть остатки фауны мелководья, некогда распространенной равномерно и всюду. С исчезновением этой мелководной фауны из полярных областей, ее место занимали организмы более глубокой линии ила, из которых лишь очень немногие имеют пелагические личинки. Этим путем можно объяснить сходство между морскими фаунами и флорами полюсов, огромное число особей и сравнительно малое число видов в полярных областях по сравнению с тропическими, а также и большее сходство мелководных полярных животных с глубинными видами. С другой точки зрения, можно допустить, что холодная вода распространялась повсеместно, что полярные

Формы были широко распределены и эмбриональное развитие животных шло обыкновенно прямым путем (без метаморфоза); с увеличением же тепла на экваторе возникло в пределах тропиков много новых родов и видов, имеющих пелагические личинки, тогда как полярные организмы совершали свою эволюцию гораздо медленней.

Глубинное распределение бентоса. Рассматривая вкратце распределение бентоса, мы можем в своих замечаниях основываться на результатах экспедиции «Чалленджера», выведенных из драгировок и тралений, которые производились в глубоких и мелких водах во всех частях света почти в одинаковых условиях. Эти результаты даны в приводимой ниже таблице, где указано число видов и родов рыб и беспозвоночных (исключая простейших), выловленных в один прием, и отмечены, согласно отчетам «Чалленджера», пункты драгировок и тралений, расположенных по поясам глубин.

Пояса глубин	Число пунктов	Число особей	Число видов	Число родов	Отношение видов к родам	Видов, взятых только в указ. поясе	
						Число	%
Менее 100 м. сажен	70	—	4250	1440	2·93:1	3900	92
От 100 до 500 м. саж.	40	6000	1893	776	2·37:1	1408	74
» 500 » 1000 » »	23	2000	631	363	1·67:1	406	64
» 1000 » 1500 » »	25	2000	508	327	1·50:1	277	55
» 1500 » 2000 » »	32	1250	412	272	1·45:1	249	60
» 2000 » 2500 » »	32	820	262	184	1·36:1	165	63
Свыше . . 2500 » »	25	600	161	127	1·17:1	96	60

В этой таблице число индивидов из мелководного пояса, на глубинах менее 100 м. сажен, не указано, ввиду трудности подсчета числа захваченных особей. В резком контрасте с обилием особей в мелких водах стоит тот факт, что на глубинах свыше 1000 м. сажен на «Чалленджере» редко захватывали больше трех или четырех представителей какого-нибудь вида в каждом улове, и число видов также замечательно.

Шестой столбец этой таблицы показывает, как велико число родов по отношению к числу видов в уловах из более

глубоких областей: отношение числа родов к числу видов повышается самым правильным образом при переходе в более глубокие воды и при удалении от суши. В самой глубокой области число видов относится к числу родов, как 5 к 4, тогда как для самой мелководной области это отношение равно отношению 3 к 1. Такое соотношение можно объяснить предположением, что глубины моря заселялись путем постоянных переселений от линии ила вглубь и в сторону моря, в различные времена и из различных частей света.

В некоторых случаях разнообразие животных, выловленных тралом и драгой с больших глубин, было гораздо больше того, что давали аналогичные уловы на мелкой воде. Таков был в особенности случай в глубоких водах области Кергелена в южной части Великого океана, где «Чалленджер» произвел восемь операций на глубинах между 1260 и 2600 м. сажен, в общем добыв 272 вида, т. е. 34 вида, в среднем, на каждый улов; в одном пункте на глубине 1600 м. сажен было добыто около 200 особей, принадлежавших к 89 видам. Это обилие жизни в южных частях Великого океана можно объяснить тем, что материковые условия здесь распространяются далеко от суши, к северу, благодаря плавучим льдам и, вероятно, также благодаря большому обилию пищи, падающей на дно в этой области, где пелагические организмы часто погибают в большом количестве вследствие смешения поверхностных течений, происходящих из разных мест и потому сильно различающихся своими температурой и соленостью; наконец, быть может, это также в известной мере связано с переселением бентонных животных в сторону тропиков.

Для иллюстрации ограниченности распределения глубоководных форм можно указать, что из 272 видов, взятых в 8 необычайно удачных уловах в области Кергелена, только что упомянутых, не было ни одного общего всем восьми или даже семи пунктам; один вид был найден в шести пунктах, один в пяти, два вида были общи четырем пунктам, тринадцать—трем и сорок—двум. В двух соседних пунктах, на расстоянии около 200 км., было найдено 145 видов многоклеточных животных, из которых только двадцать два вида были общи этим двум пунктам.

Если сравнить траления и драгировки на различных видах дна, то видно, что относительно большее изобилие и

особей, и видов наблюдается на терригенных отложениях, смежных с материковой сушей, нежели на пелагических отложениях, залегающих дальше от суши; добыча тралов была почти всегда продуктивнее добычи драг.

Формы, найденные в двадцати пяти уловах «Чалленджера» на глубинах свыше 2500 м., сажен (отмеченных в таблице), включают губок, роговых кораллов, актиний, кораллов, гидроидов, криноид, астерид, офиурид, эхинид, голотурий, аннелид, циррипедий, пикногонид, пластинчатожаберных и брюхоногих моллюсков, скафопод, мшанок, брахиопод и оболочников (кроме того, ракообразных и рыб, которых нельзя с несомненностью отнести к обитателям дна, хотя можно думать, что большинство макрурид являются донными рыбами).

Большинство этих глубоководных форм питается верхними слоями донных отложений и мелкими организмами или органическими частицами, падающими с поверхности моря, причем борьба за пищу, повидимому, столь же жестока в глубинах, как и в мелких водах океана. Мысль о том, что на глубинном ложе океана распространена универсальная своеобразная фауна большой древности, не была подтверждена систематическими исследованиями глубоких вод. Некоторые глубоководные виды имеют гигантские размеры по сравнению со своими мелководными родичами; виды, живущие в очень глубоких водах вдали от суши, представляют некоторые архаические особенности, но остаточная (реликтовая) фауна из далеких геологических периодов, которую некоторые естествоиспытатели ожидали найти в глубоких водах, еще не найдена. Правда, *Discina* и другие брахиоподы, некоторые из неправильных эхинид и некоторые из кремнистых губок принадлежат к древним группам, но, вероятно, среди береговых и пресноводных форм есть представители более старых фаун, чем те, которых можно еще найти в глубинах моря.

Биполярность. Еще в 1847 году Джемс Кларк Росс заметил, что некоторые арктические виды встречаются также и в антарктических водах. Чарльз Дарвин в своем «Происхождении видов» упоминает о том, что Дана, Ричардсон и Джозеф Гукер наблюдали сходство между родами обеих полярных областей, а Эдуард Форбс приводит несколько примеров родовых форм с двумя центрами распространения, лежащими в том и другом полушарии и отделенными друг от друга тропиками.

При первых драгировках в мелких водах южного умеренного пояса естествоиспытатели «Чалленджера» были поражены сходством этой фауны с тем, что они обычно вытягивали с таких же глубин у берегов Европы. Вайвилль Томсон пишет: «Эти драгировки на мелководьи вокруг Тристан-да-Кунья дали большое количество материала, причем фауна была почти такого же характера, как и фауна несколько более мелких вод на севере. В некоторых случаях виды повидимому тождественны».

Аналогичные упомянутым выше наблюдения послужили основанием для учения о том, что было названо биполярностью в распределении морских организмов.

Китообразные. Из китообразных два семейства (*Balaenidae* и *Balaenopteridae*), повидимому, ограничиваются холодными и умеренными морями обоих полушарий, и Вильям Тернер указывает, что *Balaena biscayensis* на севере и *B. australis* на юге тождественны, а в промежуточном тропическом поясе отсутствуют.

Плотноядные. Среди ушастых тюленей родственные виды найдены в Антарктическом океане и в северной части Тихого, но не в тропических водах; в Атлантическом океане, однако, ушастые тюлени в северном полушарии не встречаются.

Рыбы. А. Гюнтер указывает, что наиболее характерную особенность береговой фауны рыб южного умеренного пояса составляет то, что мы снова встречаем типы, обитающие в соответственных широтах северного полушария и не встречающиеся в промежуточном тропическом поясе, и для иллюстрации этого положения он приводит одиннадцать видов и двадцать девять родов. Лососевые представлены в южном полушарии пресноводным семейством гаплохитонид, а даллииды представлены галаксиидами. *Lycodes* встречается и в южном, и в северном полушарии, и Гюнтер считает появление столь специализованного рода в Антарктическом океане замечательным. *Stomias boa* и *Halosaurus macrochir* являются повидимому тоже полярными формами.

Оболочники. Г. Ломан отмечает поразительное родство между арктическими и антарктическими формами аппендикулярий в сравнении с соотношениями полярных форм и тропических. На обоих полюсах есть близко родственные виды рода *Oikopleura* и один тождественный вид рода *Fritillaria* (*F. borealis*).

Иглокожие. Яльмар Теель пишет, что мелководные голотурии далекого севера и далекого юга во многом представляют те же особенности, а отличительные признаки часто незначительны и, быть может, не имеют видового значения. *Elpidia glacialis*, общая северному Атлантическому и Арктическому океанам, была найдена «Чалленджером» к югу от Австралий. *Euphronides depressa* также биполярна, и Эдмон Перрье говорит, что *Psolus squamatus* имеется и в северной, и в южной областях, тогда как Клеман Ване находит, что антарктический вид (*Psolus segregatus*) совершенно отличен. Александр Агассис не был в состоянии отличить экземпляры *Echinocardium flavescens*, найденные у мыса Доброй Надежды, от северных, а *Echinus norvegicus*, повидимому, биполярен. Между астеридами *Stichaster*, *Lophaster* и *Cribrella*, вероятно, биполярны, равно как и *Pontaster forcipatus* и *Dytaster exilis*, и между офиуридами—*Ophioglypha bullata*, *Ophiocten hastatum* и *Ophiurus vancouverianus*. По мнению Мортенсена, между прибрежными эхиноидами нет ни одного биполярного вида, даже ни одного биполярного рода.

Мшанки. Эдифь Пратт считает *Beania magellanica* и *Cellepora pustulata* биполярными видами; биполярной является и гигантская форма *Kinetoskias cyathus*.

Моллюски. Г. Пфеффер находит много биполярных видов среди моллюсков, а В. Гойль упоминает о роде *Bathyteuthis*, добытом «Чалленджером» в южных частях Великого океана и отмеченном А. Веррилом для северных частей Атлантического океана. Птероподы *Limacina retroversa* и *L. helicina* уже были упомянуты.

Пантоподы. По мнению Карла Мёбиуса, биполярных видов пантопод нет, но Вилли Кюкенталь указывает, что большинство видов южных частей Великого океана отличаются от видов северного Атлантического не больше, чем различаются между собой северно-атлантические виды того же рода.

Ракообразные. Дж. Гендерсон указывает, что во всем классе ракообразных нет лучшей иллюстрации биполярности, чем та, какую дают *Lithodidae*. *Munidopsis antonii* отмечен в южной и в юговосточной частях Тихого океана, как и у северо-западного берега Африки. *Palaemon squilla* Немецкого моря близко подходит к *P. affinis*, хотя обитают они, как антиподы один другому. Род *Crangon*, повидимому, биполярный. Биполярны также *Lophogaster typicus*, *Voreomysis scyphops* и *Amblyops*

crozetii и Циммер указывает, что все роды схизопод южного, умеренного и холодного поясов, за исключением двух, представлены также на севере. Между *Cumacea* Циммер находит шесть или семь биполярных родов. По мнению Д'Арси Томпсона, биполярных изопод или амфипод нет, тогда как по мнению Пфеффера есть много биполярных видов амфипод, как *Eurytenes gryllus* (= *Lysianassa magellanica*). Согласно В. Вельтнеру из циррипедий *Balanus porcatus* биполярен. В. Гисбрехт перечисляет шесть биполярных копепод, а Г. Бради приводит *Harpacticus fulvus* для берегов Европы и Кергелена, отмечая, что Кергелен представляет собою место, которое из всех обнаруживает наиболее тесное сходство в своей фауне низших ракообразных (*entomostraca*) с Европой. *Calanus finmarchicus*, столь обычный на далеком севере, встречается также в антарктических водах, а близко родственный ему *C. hyperboreus* попадает близ Канарских островов и также вблизи австралийских берегов.

Черви. Немертина *Capinoma* биполярна, как и прибрежная аннелида *Terebellides straemi*. Э. Элерс говорит, что у берегов Магелланова пролива есть 21 вид полихет, принадлежащих к северному полушарию, включая сюда *Nephtys longisetosa*, *Glycera americana*, *Scolecolepis vulgaris*, *Arenicola assimilis* и *Notomastus latericeus*, а Пратт дает около 14 биполярных видов. Среди гефирей *Priapulus caudatus* и *Phascolosoma margaritaceum* биполярны. Два других южных вида гефирей имеют близких родичей на севере, а три вида южного рода *Echiurus* являются также арктическими. Пелагическая хетогната *Sagitta* (*Krohnia*) *hamata*, характерная для Норвежского моря, известна также и на далеком юге.

Аннелиды. Виды рода *Alcyonium* являются обитателями умеренных областей всех трех океанов. Из глубоководных альционарий подрод *Ceratocaulon* рода *Xenia* биполярен, как и пеннатулида *Umbellula encrinus*. Несколько родов актиний, как *Bunodes*, *Edwardsia*, *Sagartia* биполярны.

Медузы. По словам Отто Мааса среди медуз некоторое число родов, находимых в арктических и антарктических водах, не имеют представителей в промежуточных областях, но в названных двух областях они обнаруживают поразительное сходство. Сифонофора *Diphyes arctica* биполярна.

Гидроиды. Алльман утверждает, что не менее трех британских видов гидроидов встречается и в северной, и в южной

областях. *Perisiphonia filicula* попадалась у Азорских островов и в австралийской области; северная *Grammagia* представлена тремя видами в сравнительно узком поясе, в южных широтах. *Sertularia operculata* биполярна, как и *Obelia geniculata*, британский гидроид, найденный в соседстве Кергелена и Фалькландских островов. Кл. Гартлауб указывает 17 биполярных видов гидроидов. Все приантарктические роды, за исключением трех, представлены и в Арктическом океане.

Губки. *Thenea grayi* из южно-австралийской области очень сходна с *Thenea muricata* арктических областей.

Фитопланктон. Согласно Г. Грану, из 17 видов диатомей Арктического океана 8 встречаются в Антарктическом и отсутствуют в промежуточных областях. В частном письме Гран пишет, что по сохранившемуся материалу очень трудно решить, тождествен ли антарктический *Phaeocystis* с арктическим *Phaeocystis poucheti*. Далее он указывает, как интересный вывод из обильного материала перидиней и диатомей, что некоторые виды их представлены в Арктическом и Антарктическом океанах очень сходными, хотя не вполне тождественными формами.

Все вышеизложенное надо дополнить еще следующим.

1. Виды с крайних севера и юга, которые некоторые естествоиспытатели считают тождественными, другими рассматриваются, как совершенно различные, даже когда различия ничтожны.

2. Некоторые авторы ограничивают понятие биполярности лишь тождественными видами, тогда как другие прилагают этот термин к родам, семействам и отрядам.

3. По мнению некоторых естествоиспытателей, существует непосредственный обмен так называемых биполярных видов через посредство холодных глубинных вод тропиков, либо вдоль западных берегов материков, где температура понижается холодными течениями и восходящими токами глубокой воды.

4. По мнению некоторых авторов, создающаяся биполярность в химических и физических свойствах арктических и антарктических морей обуславливает появление того, что называют викарными или параллельными формами, которые возникают вследствие конвергенции¹.

¹ Конвергенцией называют в биологии возникновение сходных форм, не как следствие родства их организации, а лишь в силу сходства условий жизни, как результат одинаковых приспособлений. *Прим. ред.*

ГЛАВА IX

Морские отложения

Со дна океана на всех глубинах и во всех широтах было добыто много тысяч образцов отложений. Их тщательно исследовали и сравнивали, и в результате в настоящее время мы имеем очень хорошее общее представление о составе и распределении различных типов этих отложений в горизонтальном и вертикальном направлениях. Правда, образцы, доставляемые лотом, обыкновенно малы по количеству, но очень часто они пополнялись большими количествами материала из драг и тралов. Наши сведения об этих отложениях ограничиваются лишь верхними слоями, так как лоты, тралы и драги входят в грунт не глубже, чем на один метр, а чаще только на несколько сантиметров.

Горные породы суши постоянно подвергаются разложению под действием атмосферных и других агентов. Продукты этих процессов выветривания в конце концов уносятся реками и ветрами в океан. В реках эти вещества находятся в растворе или во взвешенном состоянии, и взвешенные частицы осаждаются на морское дно, преимущественно там, где смешивается соленая и пресная вода. Хорошо известно, что мелкие частицы глины в пресной воде сразу осаждаются, если прибавить немного соли. Таким образом, детритный материал, приносимый океану реками, отлагается у берега, причем песок и гравий осаждаются в мелкой воде, а более мелкие глинистые частицы—в более глубокой.

Ветры часто уносят пыль пустынь и вулканических извержений на очень большие расстояния, и их можно открыть в глубоководных отложениях. Другой вулканический продукт, а именно пемза, заслуживает особого упоминания. Это пористое вещество, попадая в океан либо из рек, либо при вулканических извержениях, долгое время плавает на поверхности. Волны сбивают его куски один о другой, и таким образом небольшие частички, обламываясь, падают на дно, и пемза рассеивается по

всему ложу океана. Плавающие куски ее иногда бывают покрыты циррипедиями и другими морскими животными, но затем они пропитываются водою и опускаются на дно, где в конце концов разлагаются в глину. Множество образцов этих пемзовых камней было вытнуто со всех глубин и во всех стадиях разложения. Несомненно, имеются также продукты подводных извержений, но когда они имеют малые размеры, их трудно отличить от того, что приносится с поверхности суши. За исключением некоторых вторичных продуктов, образующихся на месте *in situ*, все это является главным источником минеральных составных частей морских отложений.

Следующими по важности являются остатки организмов, главным образом, раковины и скелеты из углекислого кальция. На мелководье остатки известковых водорослей, фораминифер, кораллов, моллюсков и других морских беспозвоночных образуют огромные отложения, как, например, в коралловых рифах, где количество карбоната кальция, содержащегося в отложении, часто превышает 90 процентов. Эти известковые осадки особенно характерны для тропических областей, но раковинные створки из углекислого кальция имеются в донных осадках всех широт.

В отложениях, образующихся на дне океана, вдали от суши, преобладают не раковины живущих у дна (бентонных) организмов, а раковины пелагических (планктонных) организмов, как коккосферы, рабдосферы, пелагические фораминиферы, птероподы и другие моллюски. Эти раковины и скелеты накапливаются на всех глубинах, за исключением самых больших, и отложения птероподового или глобигеринового ила могут содержать свыше 80 процентов карбоната кальция, происходящего от этих пелагических раковин.

Далее, в отложениях на далеком расстоянии от суши могут преобладать кремневые створки диатомей, либо кремневые иглы и скелеты радиоларий. Они падают на дно по смерти организма, как это происходит и с птероподами и пелагическими фораминиферами. Но в морских отложениях можно также найти кремневые иглы губок, живущих на дне.

Таковы главные составные части морских отложений. Но есть в них и другие, не столь обильные, как мелкие шарики внеземного (космического) происхождения и вторичные продукты,

образовавшиеся в отложениях на месте; таковы желваки марганцового железа, фосфоритовые, баритовые и известковые желвачки, глауконитовые зерна и цеолитовые кристаллы.

Некоторые образования, которых следовало бы ожидать, встречаются чрезвычайно редко. Так в отложениях дна редко наблюдаются обыкновенные кости рыб, за исключением зубов и отолитов¹, а зубы акул, слуховые косточки китов и зубы зубастых китов вытаскивались драгами местами в значительном количестве, но обыкновенно сильно изъеденные; более пористые кости китов представлены только немногими разлагающимися обломками.

Мы находим в образцах морских отложений эти различные неорганические и органические составные части в очень различных пропорциях, смотря по расстоянию от берега, глубине воды, широте и наконец в зависимости от физических и химических условий поверхностных вод. Есть огромная разница между типическим образцом глобигеринового ила и ила красной глины, или между птероподовым илом и диатомовым, или между синим илом или зеленым песком и радиолариевым илом, но эти виды отложений могут переходить один в другой постепенно, через многочисленные промежуточные образования.

Морские отложения можно классифицировать различным образом, но после многих исследований было найдено, что наилучшие результаты дает совместный химический и микроскопический анализ, наиболее полезный для геолога и физико-географа. Микроскоп показывает нам, что карбонат кальция в морских отложениях состоит, главным образом, из раковин мертвых организмов, и мы имеем возможность сказать, жили ли эти организмы на поверхности моря или на дне, а также указать отряды, роды и виды, к которым они принадлежат. Этим же путем может быть установлен и источник кремневых остатков организмов и минеральных частиц. Не трудно определить в отложениях, при помощи химического анализа, процентное содержание карбоната кальция и указать природу организмов, дающих его,—стоит лишь остаток, после удаления извести слабой кислотой, подвергнуть микроскопическому анализу. Вот образец исследования:

¹ Отолиты—слуховые камешки.

ПАРОХОД «BRITANNIA». Промер лотом № 75. 23-го мая 1899 года
39° 37' сев. шир., 35° 23' зап. долг., 2330 м. сажен.

Глобигериновый ил, светло-коричневого или бурого цвета, слипшийся, зернистый.

КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ (62·5 процентов), главным образом состоящий из раковин пелагических фораминифер (*Orbulina universa*, *Globigerina inflata*, *bulloides*, *aequilaterallis*, *rubra*, *conglobata*, *Pulvinulina micheliniana*, *canariensis*, *menardii*) с небольшим количеством живущих на дне фораминифер, игол эхинид, остракод, кокколитов, рабдолитов, немногих коккосфер.

ОСТАТОК (37·5 процентов), коричневый.

Минералы (5 процентов), средний диаметр 0·1 мм., угловатые, пемза, вулканическое стекло, полевой шпат и т. д.

Кремнеземные организмы (2 процента), спикулы губок, радиоларии, песчаные фораминиферы.

Тонкий намыв (30·5 процентов), аморфное глинистое вещество и мелкие минеральные и кремнеземные частицы.

«Тонкий намыв» в значительной части состоит из гидратных продуктов разложения, типа глины, но содержит также, в различной пропорции, чрезвычайно измельченные и не разложенные минералы, которые нельзя отделить от глины иным путем, кроме химического.

По их происхождению морские отложения можно разделить на два больших класса,—терригенные и пелагические¹.

1. Терригенные отложения. Они состоят главным образом из обломочного материала, сносимого с поверхности суши или отрываемого у береговой линии и на мелководье вместе с остатками организмов, живущих на дне, в мелких водах; весьма характерными для этих отложений являются кварцевые частицы.

2. Пелагические отложения. Они в значительной части состоят из известковых и кремнистых остатков организмов, живших в поверхностных водах океана и по смерти упавших на дно, а также из неорганического остатка, по

¹ Приводимая здесь классификация донных отложений принадлежит автору. В 1891 году в сотрудничестве с А. Renard'ом он опубликовал, в серии трудов экспедиции «Чалленджера», большое исследование, представляющее первый опыт всестороннего изучения этих образований, и до сих пор этот труд составляет основу вопроса, хотя предложенная классификация как всякая классификация, не вполне удовлетворяет всех запросов, и таким образом были сделаны попытки в этом направлении и другими учеными, о чем и упоминает здесь автор.

преимуществу гидро-силикатов железа и алюминия, происшедших главным образом от разложения пемзы и других вулканических обломков; частицы кварцевого песка попадают редко, если не совсем отсутствуют, за исключением тех областей, где встречаются плавучие льды.

Схема классификации указана в следующей таблице, а прилагаемая карта (таб. XI) показывает общее распределение отложений по дну океана.

Предлагались и другие классификации, но ни одна из них, по видимому, не представляет улучшений и не вносит большей ясности в принятую здесь.

Морские отложения

Прибрежные отложения между уровнями высокой и низкой воды	Валуны, гальки, гравий, песок, ил и т. п., сносимые с близлежащей суши	
Мелководные отложения между уровнем низкой воды и глубиной 100 м. сажен	Песок, гравий, ил, мергель, происходящие от прилегающей суши, берегов и из мелководья	Терригенные отложения, образующиеся в глубоких и в мелких водах вблизи масс суши
Глубинные отложения ниже 100 м. сажен	Голубой ил Красный ил Зеленый ил Вулканический ил Коралловый ил	
	Глобигериновый ил Птероподовый ил Диатомовый ил Красная глина Радиолариевый ил	Пелагические отложения, образующиеся в глубоких водах вдали от суши

Прибрежные отложения, находящиеся между пределами прилива и отлива, и мелководные отложения, находящиеся между уровнем низкой воды и 100-саженной линией, покрывают около двадцати шести миллионов квадратных километров. У берега эти отложения состоят из валунов, галек, гравия, песков, а в укрытых местах случайно попадает ил; дальше от берега они состоят из гравия, песка, залежей живых и мертвых раковин; в эстуариях и в углублениях находится ил. Природа и состав этих береговых и мелководных отложений в значительной

части определяется строением и составом прилегающих масс суши и характером бентонных организмов, живущих в этой области: у вулканических островов мы находим вулканический гравий, песок и ил; у коралловых островов и рифов мы находим коралловые гравий, песок и ил; у берегов материка встречается обыкновенно кварцевый гравий, кварцевый песок и мергель.

На глубине около 100 м. сажен находится предел действия волн и быстрых переносных течений, и весь мелкий обломочный материал окончательно успокаивается на дне в том месте, которое было названо линией ила (mud-line). Ниже этой глубины отложения становятся гораздо более однообразны по своим физическим особенностям и составу, хотя в общем все еще характеризуются в зависимости от строения прилегающей суши и берегов, но к ним в значительной степени примешиваются остатки пелагических организмов. Все отложения, оседающие в воде на глубине свыше 100 м. сажен, называются глубинными отложениями, и только ими мы и ограничим здесь свои описания.

Терригенные отложения. 1. Голубой ил. Этот тип чаще всего встречается в более глубоких водах, окружающих материка, и во всех замкнутых, вполне или отчасти, морях. Свое название это отложение получило потому, что оно обыкновенно имеет голубую или аспидную окраску с тонким красным или коричневым слоем сверху, где ил соприкасается с лежащей выше водой. Окраска верхнего слоя обуславливается присутствием гидрата окиси железа, который по мере накопления отложения, частью преобразуется (в присутствии органического вещества ниже лежащих слоев) в сульфид и окись железа; при высушивании этого ила его голубая окраска изменяется в серую или бурую вследствие окисления сульфида железа. Иногда голубой ил представляется однородным и может иметь пластичность настоящей глины, но обыкновенно он оказывается разнородным от примеси более или менее крупных осколочков горных пород и раковин и скорее напоминает землю, чем глину. Известковые и кремневые остатки, принадлежащие планктонным организмам, в зависимости от положения бывают в весьма различном количестве. В некоторых случаях осколки горных пород и минеральные частицы могут составлять до 75 процентов, причем наиболее характерным из них является кварц; обычная доля минеральных частиц равна

приблизительно одной четверти всего состава отложения. Аморфных глинистых и илистых веществ всегда много, и их среднее процентное содержание составляет около 60, вообще увеличиваясь с удалением от суши.

2. Красный ил представляет просто местную разновидность голубого ила, находимую у берегов Бразилии в Атлантическом океане и у берегов Китая в Желтом море; давшая ему название краснобурая окраска обуславливается характером отложений, приносимых соседними большими реками. Окиси железа так много, что, повидимому, она не вся редуцируется в закись железа, и сернистое железо здесь не накапливается,—отсюда отсутствие голубой окраски, столь преобладающей в отложениях вдоль берегов других материков.

3. Зеленый ил. И это отложение можно считать разновидностью голубого ила, характеризующейся обилием зерен глауконита и глауконитовых отпечатков известковых организмов, которые обычно имеют зеленоватый цвет и сообщают отложению зеленый оттенок, давший ему его имя. Вдоль высоких и обрывистых берегов, где нет больших рек, мелкого обломочного материала с суши отлагается меньше, чем в других местах, и осколки материковых горных пород и минеральные частицы здесь дольше подвергаются растворяющему действию морской воды, а продукты их разложения доставляют материалы для образования глауконита. В более мелких водах ближе к суше эти отложения содержат меньше глины и имеют более зернистое строение; в этом случае они получают название зеленого песка. Этот тип представлен характерными осадками у атлантических и тихоокеанских берегов Северной Америки, у Японии, Австралии, мыса Доброй Надежды и особенно там, где в верхних слоях воды происходит встреча холодных и теплых течений.

4. Вулканический ил встречается вокруг океанических островов вулканического происхождения и вдоль берегов, где имеются выходы вулканических горных пород; его главную особенность составляет относительное обилие обломков вулканических горных пород и минеральных частиц. В более мелких водах близ берегов эти отложения состоят из более крупных частиц и содержат меньше тонкого глинистого вещества, почему и получают название вулканического песка.

5. Коралловый ил. Это отложение мы находим вокруг океанических островов кораллового происхождения и вдоль берегов, окаймленных коралловыми рифами; оно характеризуется обилием обломков кораллов и других известковых остатков организмов, живущих в мелких водах и на рифах. Вблизи рифов эти обломки образуют грубый песок или гравий и отложение здесь получает название кораллового песка, но с увеличением глубины и с удалением от рифов эти известковые материалы становятся все более мелкозернистыми и часто образуют неосязаемый коралловый ил, который далее к морю переходит в птероподовый или глобигериновый ил (уз).

Пелагические отложения. 6. Глобигериновый ил. Этот тип отложений по важности уступает только красной глине и занимает огромную площадь во всех великих океанических водоемах. Он характеризуется обилием раковин пелагических фораминифер, в особенности, принадлежащих к роду *Globigerina*. В тропических областях раковины этих фораминифер могут быть видимы невооруженным глазом, но обыкновенно это отложение кажется однородным, имеющим желтобурую или сероватую окраску и при высушивании иногда рассыпается в порошок. В глобигериновом иле можно найти, помимо фораминифер, много других известковых остатков. Некоторые из них, как пелагические моллюски и пелагические водоросли, принадлежат поверхностным водам; другие являются остатками форм, живущих на дне, как иглокожие, черви, моллюски, кораллы и мшанки. Процентное содержание карбоната кальция в глобигериновом иле всегда превышает 30, а в самых чистых образцах подымается выше 90; в среднем 60—70%. Остатки пелагических фораминифер обыкновенно составляют около половины этого отложения, но и количество, и виды их меняются в зависимости от широты места и от глубины. Между тропиками, на глубинах 1500 и 2000 м. сажен, процентность карбоната кальция, обусловливаемого раковинами пелагических фораминифер, может достигать 90, и в остатках можно найти представителей почти всех известных видов, но с приближением к полярным странам процентность и число видов в отложениях тех же глубин постепенно уменьшаются; крупные тропические формы с толстыми раковинами исчезают, пока наконец в холодных полярных водах не остается только одна или

две карликовых формы. Содержание других известковых остатков, помимо пелагических фораминифер, в глобигериновом иле также сильно меняется, составляя в среднем около 10 или 12 процентов, тогда как остатки кремневых организмов составляют обыкновенно 1 или 2 процента, а минеральные частицы 3 или 4 процента. Неорганическая часть глобигеринового ила во всех отношениях сходна с красной глиной и, очевидно, имеет одинаковое с нею происхождение. Этот тип отложений покрывает площадь приблизительно в сто двадцать миллионов квадратных километров и идет от 60° южной широты в южной части Тихого океана за пределы 70° северной широты в Норвежском море; он особенно характерен для Атлантического океана, где встречается на больших глубинах, чем в других океанических бассейнах.

7. Птероподовый ил можно рассматривать, как разновидность глобигеринового ила, характеризуемую относительно большим количеством раковин птеропод и гетеропод, падающих из поверхностных слоев. Так как эти пелагические моллюски, в значительной мере, принадлежат более теплым водам океана, то и птероподовый ил мы находим только в тропических и при тропических странах, где он встречается на меньших глубинах, чем глобигериновый. Поверхность, покрываемая этим отложением, определяется приблизительно в один с четвертью миллион квадратных километров; особенно часто этот ил встречается в соседстве коралловых рифов и на вершинах и склонах подводных возвышений вдали от суши.

8. Диатомовый ил. Этот тип отложения отличается обилием створок диатомей, падающих из поверхностных слоев, и встречается в тех областях океана, где очень много диатомей, особенно в южной части Великого океана и в антарктических водах, а также вдоль северного края Тихого океана. Будучи высушен, диатомовый ил напоминает грязную муку и кажется однородным, но в тех местах, куда заходят плавучие ледяные горы, в нем находится примесь более или менее крупных минеральных частиц, иногда даже галек и осколков горных пород, с небольшим количеством остатков известковых организмов, главным образом, пелагических фораминифер, принадлежащих к одному или двум видам холодных вод. Отложением этого типа покрыта поверхность около двадцати пяти миллионов квадратных километров,

которая образует почти непрерывный пояс вокруг южных полярных областей и имеет меньшие размеры в северной части Тихого океана.

9. Красная глина. Из всех глубинных отложений этот тип является, вероятно, самым характерным и наиболее широко распространенным. Основу его составляет гидратизированные силикаты алюминия и железа, которые обыкновенно составляют больше половины всей массы; к нему примешиваются иногда известковые, а иногда кремневые остатки, более или менее разложенные вулканические минеральные частицы, частицы пемзы, зерна или желвачки перекиси марганца, слуховые косточки китов, зубы акул, цеолитовые кристаллы и т. д. Известковых остатков нет в красной глине, взятой с очень больших глубин, но на меньших глубинах они появляются в возрастающем количестве, пока это отложение не перейдет постепенно в глобигериновый ил. Таким же образом в красных глинах некоторых областей может не быть кремневых остатков, но в других местностях радиолариевые скелеты или диатомовые створки могут быть так обильны, что отложение переходит то в радиолариевый ил, то в диатомовый. Из неорганических примесей в красных глинах наиболее постоянной и широко распространенной является пемза; она попадает в кусках различных размеров, — от величины, превышающей голову человека, до самых мелких частиц, когда ее можно узнать только при самом сильном увеличении микроскопа, и во всех стадиях разложения; некоторые куски почти не тронуты, другие окружены поясом разложения, а третьи разрушены так сильно, что потеряли почти все следы своего первоначального строения и часто покрыты толстым слоем перекиси марганца. Кристаллические минералы, находимые в пемзе, как санидин, плагиоклаз, авгит и т. д., характерны также и для красных глин (равно как и для глобигеринового и птероподового илов), на ряду с обломками вулканического стекла, более или менее полно разложившимися в палагонит. О происхождении красных глин много спорили, но в настоящее время допускают, что глинистое вещество ее получается главным образом от разложения вулканических частиц *in situ*. Всюду в красных глинах мы находим перекиси железа и марганца, в форме более или менее крупных зерен либо конкреций, в которых названные окислы образуют лишь оболочку или корку концентрических слоев вокруг какого-либо внутрен-

него ядра. Реже встречаются, как составные части красных глин, мелкие шарики магнитного железа, то в виде металлического порошка, то в виде хондрита, кото рые, как думают, когда-то были частицами метеоритов и упали из межзвездного пространства; далее цеолитовые кристаллы, образующиеся *in situ* путем разложения основных вулканических обломков; приносимые ветром частицы из пустынь, а в некоторых случаях заносимые льдами обломки горных пород и минералы из полярных областей; наконец вулканический пепел, происходящий от вулканических извержений на воздухе и под водой. В марганцевых конкрециях из красной глины были открыты следы многих более редких металлов. Количество минеральных частиц в красных глинах и размеры их в значительной мере меняются, но как общее правило (если исключить зерна, образующиеся *in situ*), они очень невелики, а более крупные из них обыкновенно носят следы глубокого разложения. Значительная доля красных глин состоит из так называемого «тонкого намыва», в большой мере состоящего из глины, совершенно перемешанной с окисью железа и марганца и с тонко измельченными обломками других составных частей, находимых в тех же отложениях. Поверхность, покрытую красной глиной, можно считать приблизительно в сто двадцать пять миллионов квадратных километров. Наибольшего развития она достигает в Тихом океане, но она имеется также в Индийском и Атлантическом океанах. В Атлантическом океане красные глины имеют обыкновенно более светлый красный оттенок, чем в Индийском и Тихом, где они нередко принимают темную шоколадно-коричневую окраску, происходящую от значительного количества зерен перекиси марганца.

10. Радиолариевый ил представляет простую разновидность красной глины, в которой скелеты радиоларий и створки большой диатомеи *Coscinodiscus rex*, упавшие из поверхностных вод, становятся настолько обильными, что составляют уже заметную долю отложения. В остальном минеральные частицы (пемза и вулканическое стекло, более или менее преобразованные в палагонит и связанные с перекисью марганца в виде зерен и конкреций) и другие составные части—таковы же, как и в красных глинах. Из карты видно, что этот тип отложения ограничен теми областями океана, в которых поверхностные условия благоприятствуют богатому развитию радиоларий, как

в некоторых частях Тихого и Индийского океана, где радиолариевый ил покрывает поверхность около пяти миллионов квадратных километров; в Атлантическом океане этот тип неизвестен.

Мёррей и Ирвин показали опытным путем, что остатки кремневых организмов растворяются, как и остатки известковых организмов, и причина, почему их находят в некоторых отложениях на большей глубине и в большем количестве, чем в других, является большее или меньшее обилие этих организмов в поверхностных водах.

Говоря вообще, в самых глубоких областях океана карбонат кальция либо отсутствует совершенно, либо имеется в чрезвычайно малом количестве, между тем иногда попадают в значительном числе остатки радиоларий и диатомей (красная глина и радиолариевый ил). В средних глубинах океана, в особенности вдали от суши, мертвые раковины пелагических известковых организмов (а в некоторых областях и кремневых) играют преобладающую роль в образовании отложений (птероподовый, глобигериновый и диатомовый ил). На континентальных склонах и во всех замкнутых морях, в донных отложениях обыкновенно встречается смесь пелагических организмов с более мелким обломочным материалом суши и мелководья, но в некоторых из илов почти совершенно отсутствуют остатки пелагических известковых организмов (ил голубой, красный, зеленый, вулканический и коралловый). На подводной материковой отмели отложения состоят, главным образом, из более крупных частиц, приносимых, с суши, наряду с остатками организмов, живущих на дне (кварцевый и коралловый пески, гравий, мергель и т. д.).

Стратификация. Во многих образцах отложений, поднятых лотом, трубка которого глубоко проникла в грунт, можно найти определенные указания на слоистое строение, особенно в терригенных отложениях; высказывалось даже мнение, что слоистость донных осадков является правилом и что там, где она не наблюдалась, лот не прошел далее самого верхнего слоя. Иногда глобигериновый ил залегают на голубом иле, диатомовом или на красной глине; иногда диатомовый ил располагается на голубом, а иногда красная глина лежит на глобигериновом иле; последнее распределение указывает, повидимому, на понижение морского дна. Чаще в одном и том же типе отложения встречаются разницы в окраске без больших отличий в составе.

Органическое вещество. Роль, которую играет органическое вещество в океане, весьма сложна и важна, так как благодаря ему происходят постоянные широкие изменения внутреннего состава солей морской воды и взвешенных в ней веществ, а также веществ, лежащих на дне океана; интенсивность этих изменений колеблется в зависимости от температуры и других условий. Почти во всех глубинных отложениях можно найти следы белковых органических веществ, а глубоководные животные дна моря питаются поверхностными слоями грунта, находя в них достаточное для поддержания своей жизни количество органических веществ. Разложение органического вещества в отложениях связано с образованием глауконита и фосфоритовых зерен и конкреций, а также и с другими процессами, как восстановление окислов в голубой ил.

Карбонат кальция. Карбонат кальция имеется в морской воде в виде нормального карбоната и бикарбоната. Нормальный карбонат растворим в очень слабой степени и, в среднем, морская вода содержит только 0.12 частей его на тысячу. Однако, при известных условиях его может быть гораздо больше. Так, морская вода, насыщенная карбонатом кальция, т. е. содержащая нормальное количество его, растворяемое ею при данной температуре, может воспринять еще до 0.65 частей на тысячу, оставаясь, в течение известного времени, в соприкосновении с тем же веществом, если оно чрезвычайно тонко измельчено. В этом случае раствор называется пересыщенным и, постояв некоторое время, он выделяет избыток в форме кристаллического карбоната кальция, — этим путем заполняются промежутки в массивном скелете коралла кристаллическим карбонатом. Свободная угольная кислота в морской воде повышает растворимость карбоната кальция, причем образуется бикарбонат кальция; эта соль, однако, гораздо растворимее, чем нормальный карбонат, и очень неустойчива, так что при испарении и повышении температуры она может разлагаться на нормальный карбонат и свободную угольную кислоту.

Часть карбоната кальция в морской воде извлекается организмами, выделяющими известь на образование раковин и кораллов. Говоря вообще, организмы выделяют карбонат кальция в гораздо большем количестве и быстрее в теплой, чем в холодной воде. В арктических и антарктических водах и в глубинах моря,

где температура приближается к точке замерзания пресной воды, мы не находим больших накоплений карбоната кальция, получающегося от выделений бентонных организмов, а известковые раковины и остовы, образуемые пелагическими организмами, тонки и хрупки. С другой стороны, выделение карбоната кальция и бентонными, и планктонными организмами обильней всего происходит в тропических и субтропических водах. Так, коралловые рифы наиболее полно развиваются в тех океанических водах, где температура выше всего, а колебания ее всего меньше; многие виды птеропод, гетеропод, гастеропод, фораминифер и известковых водорослей (коккосфер и рабдосфер) процветают в поверхностных водах тропических областей, а самые крупные образцы их, с наиболее толстыми раковинами, встречаются в области экваториального пояса тишины.

Во время экспедиции «Чалленджера» автор настоящей книги сделал попытку определить количество карбоната кальция в форме раковин в тропических поверхностных водах. Планктонная сетка, с отверстием в 0·3 м. в поперечнике, тянулась на расстоянии, по возможности, точно равном полумиле (0·8 км.), и пойманные таким образом раковины были прокипячены в едком кали, промыты, осушены и взвешены; в среднем четырех опытов получилось 2·545 гр. Если бы известковые организмы были столь же обильны на глубинах до 100 м. сажен, как они были обильны на пути, пройденном планктонной сетью, то в массе океанической воды тропиков, площадью в одну квадратную милю (2·6 кв. километров), в 100 м. сажен глубиной, было бы шестнадцать тонн¹ карбоната кальция в этой форме.

От тропиков к полюсам эти известковые организмы становятся мельче, а многие разновидности их вымирают, и в холодных поверхностных водах арктических и антарктических областей встречается лишь один или два вида птеропод с тонкими раковинами и один или два карликовых вида фораминифер. Таким же образом в глубоких холодных водах тропических областей выделяется гораздо меньше карбоната кальция, чем в теплых поверхностных водах, и известковые структуры, с увеличением глубины, становятся менее массивными.

Хотя выделяющие известь организмы так обильны в поверхностных тропических водах, их раковины и скелеты, однако,

¹ Около 14½ метрических тонн по 1000 килограмм. *Прим. ред.*

встречаются редко или даже совершенно отсутствуют на больших пространствах океанического дна в наибольших глубинах. Например, птероподовый ил ограничен сравнительно небольшими глубинами более теплых океанов, и однако, установлено сотнями наблюдений, что птероподы и гетероподы так же обильны в поверхностных водах над областями, где в донных отложениях нельзя найти и следа их раковин, как и над областями, где они накопились в таком количестве, что образовали птероподовый ил. То же имеет место и по отношению к раковинам пелагических фораминифер и известковых пелагических водорослей. При исследовании ряда отложений из одной и той же тропической области, но с различных глубин, мы находим, что на глубинах, скажем, от 500 до 1000 м. сажен, почти каждый вид известковой раковины, взятой планктонной сетью на поверхности, можно видеть и в донном отложении. На больших глубинах (примерно между 1000 и 2000 м. сажен), более тонкие и более нежные раковины исчезают из отложений, особенно раковины птеропод, гетеропод, а также более мелкие и хрупкие из раковин фораминифер. На еще больших глубинах, примерно, между 2000 и 3000 м. сажен, в отложениях имеются лишь более тяжелые и более массивные раковины фораминифер, из которых многие уже в состоянии разрушения и разложения. На самых больших глубинах, между 3000 и 5000 м. сажен, часто трудно найти даже следы этих пелагических раковин.

Эти раковины должны исчезать путем растворения, либо уже в то время, когда они опускаются в глубину, либо вскоре после того, как достигли дна. Как только живущий в поверхностных водах, содержащий известь организм умирает, он начинает падать на дно, а его раковина начинает растворяться благодаря растворяющему действию морской воды и присутствующей в ней угольной кислоты, которая образовалась, быть может, от разложения этого тела. Значительное большинство раковин, однако, в пределах нескольких первых сотен сажен исчезают лишь частью и потому на меньших глубинах успевают достигнуть дна и скопляются там. Большинство этих раковин могут растворяться, лежа на дне, но на глубинах немногих сотен морских сажен они скоро покрываются другими падающими раковинами и, таким образом, в известной мере, предохраняются от дальнейшего растворения. С другой стороны, так как морская вода

до своего насыщения может растворить сравнительно только небольшое количество карбоната кальция, вода, находящаяся в соприкосновении с известковым отложением, должна быть очень близка к точке насыщения и потому обладает меньшей способностью растворения. Однако, ниже 2000 м. сажен растворение происходит, повидимому, сильнее, быть может, благодаря низкой температуре, повышенному давлению и большому содержанию угольной кислоты в воде. В областях, занятых мощными теплыми поверхностными течениями, где выделяющих известь организмов больше, чем где бы то ни было, раковины на дне накапливаются на больших, чем обыкновенно, глубинах; то же имеет место и там, где на поверхности встречаются теплое и холодное течения и где, как можно думать, внезапные изменения температуры убивают эти организмы в большем количестве, чем во всех других местах.

В частях океанического дна, покрытых красными глинами шоколадного цвета, характеризующимися обилием марганца в форме конкреций и зерен, как в центральной части Тихого океана, — известковые раковины, повидимому, исчезают из отложения на меньшей глубине, чем обыкновенно, — быть может, благодаря какому-нибудь подповерхностному действию. Таким образом, в Тихом океане красные глины находятся на тех глубинах, на которых в Атлантическом мы встречаем глобигериновый ил.

Количество карбоната кальция, извлекаемого из морской воды организмами, должно быть огромно, а так как в растворе в ней имеется сравнительно небольшое количество его, то выделяющие известь организмы должны иметь возможность потреблять для образования карбоната кальция другие соли кальция, имеющиеся в морской воде. Всюду, где в море попадает гниущее животное вещество или где разлагаются животные ткани, продукты разложения, нередко сложного состава, переходят в раствор. В присутствии солей морской воды эти продукты вызывают много реакций, причем, в большей или меньшей степени, всегда происходит образование аммиачных солей. Углекислый аммоний, получающийся от разложения животных продуктов, в присутствии сернокислой извести, в морской воде дает углекислую известь и сернокислый аммоний. Путем этой реакции все известковые соли морской воды могут превращаться в кар-

бонаты и таким образом становятся доступными выделяющим известь организмам, в подходящей для них форме. Хорошо известные опыты Мёррея и Ирвина с крабами и курами, повидимому, определенно указывают на такое происхождение известковых образований в живом животном. Температура воды имеет большое значение в этой реакции, протекающей медленно в холодной воде, но очень быстро в теплой. Этим, вероятно, объясняется сильное развитие массивных известковых структур в областях коралловых рифов, которые являются также областями самой высокой и самой равномерной температуры в океане, а также этим объясняется и широкое распространение выделяющих известь пелагических организмов в тропических поверхностных течениях, направляющихся к северу и к югу от экватора. В некоторых частях кораллового рифа идет непрерывное растворение карбоната кальция, тогда как в других происходит значительное отложение его живыми организмами. Таким путем, думают, можно объяснить характерную форму и особенности барьерных рифов и атоллов, без помощи теории опускания морского дна, что в течение долгого времени считалось существенным в процессе образования барьерных рифов и атоллов. В общем, благодаря только что указанным процессам, известь нашей литосферы в настоящее время скопляется по направлению к экватору.

Фосфоритовые конкреции. В некоторых областях близ суши, где поверхностные течения различного происхождения меняются с временами года, в больших количествах на дне моря скопляются фосфоритовые отложения, в значительной части состоящие из фосфорнокислой извести, которая получается от разложения органических остатков.

Глауконит. Глауконит представляет собою силикат калия и железа, а составные части его получаются от разложения материковых горных пород и минералов. Он отлагается вообще во внутренних камерах фораминифер и других известковых организмов и обнаруживается в отложениях после обработки их слабой кислотой, в виде зеленоватых слепков и круглых зеленых зерен, иногда в таком обилии, что отложение называют зеленым илом или зеленым песком.

Баритовые конкреции. Во многих морских отложениях были открыты небольшие количества сульфата бария, а у бере-

гов Индии, с глубины 675 м. сажен, были вытянуты драгой небольшие шарообразные зернышки, содержавшие 75 процентов сульфата бария.

Марганцевые конкреции. Перекись марганца и железа в форме небольших зерен широко распределена во всех глубоководных отложениях в виде конкреций разной величины; они встречаются в большом количестве в некоторых областях красной глины, особенно в центральной части Тихого океана, причем эти конкреции содержат внутри себя различные ядра из зубов акул, слуховых косточек китообразных, кусочков вулканических горных пород и вулканические стекла, пемзу и т. д.

Зубы акул и слуховые косточки китов. Зубы акул вытягиваются драгами в значительном количестве иногда из очень глубоких вод, особенно в центральной части Тихого океана, но от них сохраняется только внешний слой (твердый дентин или эмаль), а внутренняя часть и основание их исчезают. Все эти зубы пропитаны перекисью марганца и покрыты более или менее толстым ее слоем. Плотные слуховые косточки и зубы зубастых китов добывались в тех же областях, что и зубы акул, также пропитанные и покрыты марганцем. Такие остатки акул и китов, очевидно, лежат уже очень давно, предоставленные растворяющему действию морской воды, так как многие из них принадлежат к третичным и вымершим видам (см. таб. XII).

Космические сферолиты. Вещества внеземного происхождения, интересные именно в этом отношении, встречаются сравнительно редко и в небольших размерах. Они состоят из 1) черных магнитных шариков, часто с металлическим ядром, и 2) коричневых хондритных шариков кристаллического строения. Предполагают, что это частицы рассыпавшихся метеоритов. Обычно их находят в отложениях, на очень больших глубинах, особенно в некоторых областях красной глины, без сомнения потому, что здесь достигают дна и покрывают его лишь немногие другие вещества (см. таб. XII).

Цеолиты. Цеолиты представлены в очень глубоководных отложениях, особенно в красных глинах центральной части Тихого океана, филлипситом,— силикатом кальция и алюминия, составные части которого получаются от разложения вулканического материала. Он встречается в кристаллической форме: то как одиночные удлинённые кристаллы, то двойниками, то наконец

агрегатами из различного числа кристаллов, принимающими форму небольших сфер (см. таб. XII).

Скорость отложения. На основании наблюдений, которые были сделаны при прокладке телеграфного кабеля в северной части Атлантического океана, думают, что глобигериновый ил на 50° сев. шир. и 30° зап. долг. накапливается со скоростью приблизительно одного сантиметра в четыре года, на глубине 2300 м. сажен, а под 3° сев. шир. и 30° зап. долг. на глубине 1900 м. сажен с несколько большей скоростью, причем, согласно последним исследованиям, в некоторых местах отложения, даже на глубинах свыше 1000 м. сажен, мешают приливные течения. Теоретически можно принять, что терригенные отложения накапливаются гораздо скорее пелагических; это подтверждают и наблюдения, причем наибольшая скорость отложения замечается вблизи суши, особенно у устьев больших рек, а наименьшая в областях красной глины, наиболее отдаленных от материковой суши, на очень больших глубинах.

Радиоактивное вещество. На основании изучения некоторых характерных образцов глубоководных отложений, представленных автором этой книги, Дж. Жоли нашел, что радия в глубоководных отложениях содержится гораздо больше, чем в земных горных породах, и что красные глины и радиолариевый ил с очень больших глубин содержат радия гораздо больше, чем известковый птероподовый и глобигериновый ил из более мелких вод. Повидимому, количество радиоактивных веществ, марганцевых зерен, китовых слуховых косточек, зубов акул, космических сферолитов и цеолитовых кристаллов больше всего в тех частях морского дна, где по всем основаниям нужно ожидать минимального отложения веществ. Присутствие свинца (который считается окончательным продуктом разложения урана), согласно анализам Гибсона, в марганцевых конкрециях из красной глины, в центральной части Тихого океана, в связи с этим приобретает особое значение.

ГЛАВА X

Геосферы

Земля является единственной планетой в нашей солнечной системе, на каменной поверхности которой существуют океаны. Марс и луна, повидимому, когда то имели большие запасы воды, но теперь они исчезли. Быть может, та же судьба ждет и наши океаны. Оглядываясь в прошлое, когда кора земли находилась в расплавленном состоянии при температуре около 2000° , мы находим, что то, что теперь составляет воду океанов, существовало в атмосфере в виде водяных паров. Мы можем представить себе будущее, когда, благодаря низкой температуре, воды океана станут твердыми, а над ними будет волноваться океан жидкого воздуха около 12 метров глубиной. В настоящее время земля проходит земледонную стадию своей эволюции, т. е. поверхность ее занята материками и островами, океанами, морями, озерами и реками.

Глядя на нашу землю, как она носится в пространстве в настоящее время, мы можем видеть духовным оком, что она состоит из концентрических сфер, или слоев вещества в газообразном, жидком и твердом или «сверхтвердом» состоянии. Им дали название геосфер, а именно: атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы, тектосферы и огромной центросферы, составляющей значительно преобладающую часть массы и объема земного шара. Взаимодействием этих геосфер и энергией, получаемой из внутренних и внешних источников, можно объяснить все существующие на поверхности нашей планеты явления.

Атмосфера образует внешний слой и, в главном, представляет смесь кислорода и азота вместе с водяными парами, угольной кислотой и редкими газами, как аргон, неон и т. д. Постоянной составной частью атмосферы можно считать также частицы пыли. Согласно известным законам диффузии газов, во всей атмосферной оболочке получается полное смешение кисло-

рода и азота, но равновесие водяных паров постоянно нарушается безостановочными процессами сгущения и испарения, быстрота которых изменяется с каждой переменной температуры и давления. Когда, с понижением температуры, водяной пар становится дождем, либо льдом, либо снегом, в атмосфере возникают могучие движения,—теплый, влажный и легкий воздух вообще образует восходящий ток в областях циклонов, а холодный, сухой и тяжелый воздух—нисходящий ток в областях антициклонов. Атмосферные газы проникают в почву и в кору горных пород и поглощаются поверхностью океана, откуда циркуляция океанических вод несет их до самых больших глубин.

В предшествующих главах была внимательно рассмотрена гидросфера. В большей своей части она состоит из вод океана и в нее входят также озера и реки. Часть этой воды может быть в твердом и газообразном состоянии, в виде льда, снега, града и водяных паров атмосферы. Вода также глубоко проникает в каменистую кору земли, где она производит гидратацию минералов, а также составляет значительную часть биосферы.

Биосфера. Где только существует вода или, вернее, где вода, воздух и земля соприкасаются и смешиваются, обыкновенно можно найти жизнь, в той или иной из ее многих форм. Можно даже всю планету рассматривать, как одетую покровом живого вещества. Давши нашему воображению немного больше свободы, мы можем сказать, что в пределах биосферы, у человека, родилась сфера разума и понимания и он пытается истолковать и объяснить космос; мы можем дать этому наименование психосферы.

Литосфера состоит из твердой коры горных пород, знакомой нам по материкам, островам и дну океана. Мы знаем материковые горные породы, благодаря бурениям и шахтам, до глубины нескольких километров, но та часть (три четверти всей поверхности земли), на которой покоится океан, известна непосредственному наблюдению только на глубину какого-нибудь метра, так как наши лоты и драги редко проникают в морские отложения глубже, чем на один метр. Горные породы литосферы разнородны по строению и составу, поскольку они доступны непосредственному наблюдению; в некоторых местах существуют большие выходы и кислой, и основной лавы, в других—граниты и гнейсы из роговой обманки и иного состава, а также огром-

ные слои песчаника и известняка. В предыдущей главе нами было указано, как разнородны бывают морские отложения.

Измерения больших глубин за последнее полувековье позволяют нам теперь сделать несколько очень широких выводов относительно топографии и состава внешней поверхности коры горных пород. Приобретенные нами сведения о глубинах океана и о высоте суши, считая то и другое от уровня моря, показывают, что поверхность литосферы, которая согласно вычислениям составляет около 511 миллионов квадратных километров, можно представить состоящей из: 1) большой возвышенной равнины, включающей поверхность материков, со средней высотой приблизительно в 675 м. над уровнем моря и с поверхностью около 148 миллионов квадратных километров; если прибавить к этому подводную материковую отмель, идущую от береговой линии до линии 100-саженной глубины, с поверхностью около 26 миллионов квадратных километров, мы получим то, что можно назвать материковой областью, в общем занимающей около 174 миллионов квадратных километров, или около одной трети поверхности земного шара; 2) связующего склона от 100-саженной глубинной линии до глубины около 1700 м. сажен (среднего сферического уровня); это — так называемый материковый склон, занимающий около 78 миллионов квадратных километров, или около одной шестой всей поверхности земного шара и 3) большой подводной равнины, — ложа океана, — со средней глубиной около 3000 м. саж. ниже уровня моря, так называемой абиссальной области, занимающей около 260 миллионов квадратных километров, что составляет целую половину поверхности земного шара.

Таким образом, верхняя поверхность материковой равнины в среднем находится на высоте около шести с четвертью километров выше подводной равнины, образующей ложе океана. С этой огромной подводной области нередко поднимаются над поверхностью океана вулканические конусы, образуя океанические острова. Иногда на уровне моря они увенчиваются коралловыми рифами в форме атоллов, иногда же не доходят до поверхности и образуют подводные банки, покрытые известковым покровом живых и мертвых, известь выделяющих организмов.

Вдоль склонов этих огромных конусов и между ними, а также на вершинах подводных конусов мы находим ясно выра-

женные морские течения, вероятно, обусловленные приливной волной, но, помимо этого, у нас нет никаких данных, говорящих о переносе или размывании (эрозии) на поверхности великой абиссальной равнины; по существу, это есть область отложений. Лучи солнца никогда не достигают этой, покрытой мощной толщей воды, части литосферы, и температура по всему глубокому ложу океана не подымается выше, 1—2° над точкой замерзания пресной воды.

Положив палец на карту южной части Тихого океана, по середине между Южной Америкой и Австралией, мы попадем на область, более отдаленную от материков, чем какая бы то ни было другая часть земного шара. Удачное траление в этой области, на глубине 2400 м. сажен слишком, даст несколько сотен зубов акул (*Carcharodon*, *Oxyrhina*, *Lamna*), дюжины слуховых косточек китов, зубы зубастых китов и несколько обломков пористых костей китообразных. Все эти органические остатки глубоко пропитаны перекисью марганца, а некоторые из слуховых косточек и зубов акул покрыты концентрическими слоями черного марганца почти в 3 см. толщиной. Некоторые из зубов и слуховых косточек принадлежат вымершим видам. Помимо этого, мы найдем сотни других марганцевых конкреций, образовавшихся вокруг палагонитовых и других вулканических обломков. Все это заключено в темную глину, состоящую из гидросиликата алюминия и окислов железа и марганца; эта же глина содержит кристаллы филлипсита шарообразной формы, представляющие агрегаты из различного числа кристаллов, кристаллические двойники или наконец одиночные кристаллы. Наконец магнит вытянет из этой глины много магнитных шариков, которым приписывается космическое происхождение; некоторые из них покрыты черным слоем, облегающим металлическое ядро из железа и никкеля; другие, бурой окраски и кристаллической структуры, называются «хондрами» и пока были находимы только в метеоритах.

Это сочетание органических и неорганических веществ весьма замечательно. Как объяснить их присутствие в этом месте и на такой глубине? Эта глубина настолько велика, что дна могут достигать лишь очень немногие из поверхностных известковых раковин; также очень мало в отложении остатков кремневых организмов. Обыкновенного обломочного материала

с материков тоже нельзя найти, но вулканический пепел и пемза имеются. Представляется очевидным, что лишь очень небольшое количество веществ, обычно образующих морские отложения, достигают этих глубоких областей красной глины и что, вследствие этого, выступают на первый план редкие и необычные составные части. Все эти материалы в течение очень долгого времени подвергались действию морской воды; марганцевые конкреции и цеолиты являются вторичными продуктами, образующимися здесь на месте. Все вулканические материалы глубоко изменены или разложены; неизменными сохраняются только твердый дентин зубов акул и только наиболее плотные из костей китообразных.

Космические шарики упали из межзвездных пространств, и мы находим их здесь в большем числе, чем где-нибудь в другом месте, просто потому, что их не покрывает сколько-нибудь большое количество других веществ.

В области, подобной только что описанной, скорость отложения осадков самая ничтожная,—быть может, и полуметра отложения не образовалось с самого начала третичной эпохи. Впрочем, все упомянутые нами вещества могут случайно попадаться и в других глубоководных отложениях, но нигде их не имеется в таком обилии, как в областях красной глины. Состав этих красных глин определенно говорит о том, что при уплотнении они образуют породу сравнительно высокого удельного веса. Количество животных организмов вылавливаемых с помощью драг в области таких типических красноглинных отложений вдали от берегов материка, обыкновенно незначительно, и эти животные обнаруживают в своей организации особенности древнейшей природы. (*Discina* и другие брахиоподы, *Stephanoscyphus*, криноиды, кремневые губки и т. д.). Если на дне океана имеется то, что можно было бы назвать пустыней, то это несомненно находится именно в этих областях красной глины.

Другую особенность красных глин составляет отсутствие кварцевых частиц, и в самом деле, все настоящие пелагические отложения, залегающие вдали от суши, содержат чрезвычайно мало следов кварцевого песка, за исключением тех мест, где обнаруживается влияние плавучих льдов. Это чрезвычайно важное обстоятельство, так как во всех терригенных отложениях,

осаждающихся в глубоких или мелких водах, вблизи материков, кварц является самой характерной составной частью, составляя часто более половины всего отложения. Аналогии ныне образующимся терригенным отложениям можно найти во всех геологических периодах, в то время как настоящим пелагическим отложениям, залегающим ныне на дне океана и покрывающим целую половину поверхности земли, совсем нельзя найти аналогии. Если бы эти терригенные отложения постоянно накапливались на материках или залегали под ними, в более или менее вязком или пластическом состоянии, со времени выпадения первого дождя на земном шаре, то материковые области литосферы должны были бы быть более легкими, чем подокеанические области, благодаря меньшему удельному весу этих кремневых осадков.

Если поверхность земли первоначально представляла собою расплавленную массу, то можно допустить, что весь кремнезем (SiO_2) первоначально был в соединении с основаниями и что первичные горные породы по составу скорее были основные, чем кислые. С выпадением первого дождя на эту первичную кору несомненно многие вещества были унесены из атмосферы, и создалось много новых соединений. После охлаждения поверхности и образования первичной земной коры вскоре должны были начаться процессы, которые продолжают и на наших глазах. Как и в настоящее время, тогда угольная кислота в водном растворе должна была действовать на полевой шпат и другие силикаты и уносить растворенные основания, а значительная часть кремнезема должна была оставаться на материках для образования кварцевых жил. После того как эта горная порода вновь расплавлялась и преобразовывалась, она должна была содержать больше кремнезема, чем первоначальная, и должна была быть более кислой по составу. При повторении этого процесса горные породы материков должны были становиться в общем все более и более кислыми и приближаться по составу к гранитам и гнейсам.

Указанные здесь процессы в конце концов должны были бы привести к накоплению большого количества кремнезема в материковых областях, и вследствие этого материка должны были стать более легкими частями внешней коры и по необходимости, подняться на более высокий уровень, чем дно океана. Повидимому,

этим путем, благодаря действию сил, работу которых мы можем наблюдать и теперь, медленно развивались поверхностные особенности внешней коры.

В результате изучения глубин мы нашли, что материковые массы литосферы, в общем, возвышаются приблизительно на шесть с четвертью километров над подокеанскими массами, и физики вообще думают, что по механическим основаниям материковые массы должны быть более легкими частями литосферы,—иначе они не могли бы возвыситься над опущенными частями. И многие наблюдения подтверждают этот взгляд. В работе, посвященной новым определениям напряжения силы тяжести в океане, Литтлгельс говорит: «В спорном вопросе о том, всегда ли океаны имели одни и те же общие размеры и положение с тех пор, как воды собрались воедино, или же, вследствие попеременного поднятия и опускания земной коры одни и те же области занимались попеременно то океанами, то материками,—в этом споре решительный удар, повидимому, был нанесен в пользу теории постоянства, или перманентности океанских водоемов, так как крайне невероятно, чтобы в толще земной коры могло происходить такое перемещение веществ, которое заставило бы подокеанские тяжелые массы дать место подматериковым более легким массам».

Если бы этот вывод можно было считать окончательно установленным, что нужно было бы сказать о потопленных материках и мостах суши, которые строились через океанические бассейны биологами и геологами для объяснения распределения геологических формаций, а также ископаемых и живых организмов? Западные горы Европы и восточные Соединенных Штатов считались обломками великих горных цепей «Атлантиды», погребенной под дном северного Атлантического океана. С другой стороны, части южной Америки, Африки и Индии считаются обломками материка «Гондвана», ныне залегающего под глубоким дном Великого океана. Изучение глубин и отложений океана, повидимому, ни в чем не подтверждает того взгляда, что материковая суша когда-либо исчезла под океаном только что указанным способом.

Нет сомнения, что объяснить распределение горных пород, ископаемых и живых организмов на существующих материках и островах чрезвычайно трудно, но все же лучше объяснить

это распределение теорией северно-полярного происхождения наземных животных и их медленным, но непрерывным распространением вдоль трех великих, идущих к югу отрогов материковой массы, чем громадными гипотетическими мостами суши. Столь же трудно объяснить и присутствие коралловых рифов в полярных областях, и ледниковые периоды у экватора, но с физической точки зрения, повидимому, легче допустить смещение полюсов, другое вращение земли или даже перемену положений материковых масс по отношению друг к другу, равно как и их географического положения на поверхности земли (быть может, после отделения от нее луны), чем принять теорию, что целые материки полностью исчезли под ложем нынешних океанов.

Существующие поверхностные слои литосферы и на материках, и под океанами, повидимому, дробятся на огромные куски, отделенные один от другого линиями сбросов и разрывов, вдоль которых происходят вулканическая деятельность и выходы газов и сквозь которые также происходят массовые излияния расплавленного вещества. Но существует, кажется, мало указаний в пользу того, что магмы имеют не чисто местное протяжение, а иное. В целом, эти вулканические вещества представляются по составу более легкими и более кислыми в материковых областях, но более тяжелыми и более основными в подокеанических. Материковые массы земли, повидимому, стремятся возвыситься, тогда как те сведения, которые мы имеем о дне океана, говорят, что здесь аналогичные массы земли в общем стремятся опускаться. Вряд ли сбросы и расселины глубоко уходят в литосферу, их скорее надо считать сравнительно поверхностными явлениями.

Тектосфера. Большое число новейших исследований — сейсмических, геодезических, геологических, а также силы тяжести, — сходятся на том, что давно указывалось, а именно, что на глубине около пятидесяти километров под поверхностью земли существует более или менее разнородный каменный слой, который, соответственно различным условиям температуры и давления, может быть твердым, полутвердым или даже жидким. Этому то слою лежащему, с одной стороны, между, сравнительно, холодной, твердой, разнородной, кислой литосферой, а с другой, — имеющей высокую температуру, тоже твердой, но, сравнительно, однородной, щелочной и металлической центростферой, автор настоящей книги,

уже много лет тому назад, дал имя тектосферы. Этот пластичный слой, можно думать, является той областью, в которой происходит изостатическое приспособление и компенсация¹, и он, повидимому, лежит глубже под материками, состоящими из более легких, кислых и менее плавких веществ, чем под дном океана, где горные породы, повидимому, тяжелее, более основного химического характера и более плавки. Мы можем предполагать, что, когда, вследствие потери тепла, глубоко лежащая великая центросфера сокращается, внешняя литосфера приспособляется к уменьшению объема, путем переливания горных пород тектосферы, причем это переливание происходит, вообще, в направлении материковых масс, с общей тенденцией к медленному повышению материковых массивов и к сравнительному понижению подокеанических массивов. Горные породы в тектосфере, вероятно, однороднее, чем эти же породы лежащей сверху литосферы, но не так однородны, как ниже лежащая, более или менее металлическая центросфера.

Центросфера. Нам известно, что земля в целом в пять с половиной раз тяжелее воды или в два с половиной раза тяжелее горных пород ее коры, как гранит и известняк. Отсюда выводят следствие, что ее огромное тяжелое ядро, или центросфера, в весьма значительной части состоит из железа с золотом, платиной и другими тяжелыми металлами. Этот взгляд подкрепляется и тем фактом, что расплавленные лавы, выступающие на поверхность земли, которым приписывается происхождение из очень глубоких слоев, по своему составу, являются более щелочными, чем те, которые можно считать происходящими из более близких поверхностных слоев. Далее, руды золота, серебра, олова и других тяжелых металлов, находимые

¹ Если принять во внимание, что самые твердые горные породы при огромных давлениях становятся пластичными, то нельзя не прийти к выводу, что на известной глубине под поверхностью земли (ее теперь принимают равной приблизительно 110—120 км.) существует слой, на который выше лежащие массы действуют с одинаковой силой. Иными словами, отвесные колонны одинакового диаметра в земной коре должны быть одинакового веса. Это состояние равновесия называют *изостазией*. Но изменения, происходящие на поверхности земли и производящие перемещение масс на ней, постоянно нарушают состояние равновесия, которое стремится восстановиться. Это и представляет собою *изостатическое приспособление и компенсация*.

Прим. ред.

в жилах трещин и сбросов, по многим основаниям нужно считать, в значительной части, происходящими от истечения газов из очень больших глубин. Затем, метеориты, падающие на землю из внеземных пространств, большей частью состоят из железа, никкеля и более тяжелых металлов, показывая нам таким образом, как это делает и спектральный анализ, преобладающий состав небесных тел. Вращение планет вокруг их осей и их обращение вокруг солнца, положение плоскостей их орбит и обращение спутников около их главных тел,—все это представляет замечательные особенности солнечной системы, одинаково говорящие в пользу общего происхождения составляющих ее тел.

Есть много оснований считать всю внутренность земли, лежащую ниже пятидесяти-шестидесяти километров от поверхности, имеющей весьма однородные состав и строение, все равно, примем ли мы небулярную, либо метеорную и планетазимальную гипотезу¹. Если эта великая центросфера не тверда, то во всяком случае она такова, как если бы имела твердость стали, а по направлению к центру, состоя в значительной части из железа, она вероятно, имеет плотность около 8. Этот взгляд находит себе подтверждение в том, как толчки землетрясений передаются через великую центральную массу земли. Наблюдения температуры в глубоких шахтах и буровых скважинах показывают, что температура поверхностной коры с глубиной повышается, причем повышение идет со скоростью $\frac{1}{2}$ — 1° на каждые 30 м. Если такая скорость повышения продолжается десять-двенадцать километров, то мы скоро должны дойти до очень высокой температуры. И все наблюдения сходятся на том, что внутри земли должна господствовать весьма высокая температура. Разумеется, это повышение температуры идет рука об руку с повышением давления, производимого лежащими выше массами; на глубине около 4000 м. его оценивали в 1000 кг. на квадратный сантиметр. Эти давления превышают предел упругости самых крепких горных пород. В Мон-Сениском

¹ Небулярная гипотеза, или гипотеза первичной туманности имеет исходным пунктом допущение, что наша солнечная система образовалась из газообразной туманности. Ее часто называют гипотезой Канта-Лапласа. В планетазимальной гипотезе, выдвинутой Чамберлином и Мультином, отправной точкой является скопление вещества в виде метеоритов.

туннеле был встречен слой мягкого гранита, который продолжал выпирать с неудержимой силой в течение нескольких месяцев,— с силой, которая была в состоянии раздавить облицовку свода из метровых гранитных кусков. Это высокое внутреннее тепло земли объясняли, как остаток первичного тепла туманности, из которой образовался земной шар, а также, как следствие постепенного гравитационного сжатия земной массы и ее уплотнения после образования. Хотя радиий вряд ли имеется в глубокой внутренней части земли,—быть может, по причине огромного давления там, все же он был открыт во всех вулканических горных породах, особенно в пегматите и, по мнению Стретта, его количества во всей коре, в целом, достаточно для объяснения температурного градиента и для подтверждения того, что кислая кора не может иметь более 65 км. в толщину, так как в противном случае излучение тепла было бы больше того, какое действительно наблюдается. Мы уже указывали, что в красных глинах океанических глубин имеется больше радиоактивного вещества, чем в каких-либо материковых напластованиях. Мы не можем сказать, почему это так, но имеем указания на то, что это весьма тесно связано со скоростью образования морских отложений.

ОБЪЯСНЕНИЕ ТЕРМИНОВ

- Анаболизм**—см. Метаболизм.
- Арагонит**—минерал (карбонат кальция), тождественный по химическому составу с кальцитом, но отличающийся от него формой кристаллов (ромбической) и некоторыми физическими свойствами.
- Бентос**—совокупность организмов, которые живут на дне, прикрепленные к нему или ползающие по нему.
- Биосфера**—сфера живых существ, находящихся там, где встречаются атмосфера, гидросфера и литосфера. См. Геосферы.
- Биполярный**—термин, прилагаемый к тождественным или родственным видам, родам и семействам, которые встречаются в арктических и антарктических областях, но неизвестны в лежащих между ними тропических.
- Впадины**—части океана, глубина которых превышает 3000 м. сажен.
- Вязкость**.—Под этим разумеют внутреннее трение жидкости, сопротивление движению молекул жидкого тела между собой. Причиной ее является взаимное притяжение молекул; она уменьшается с повышением температуры и с удалением молекул друг от друга.
- Геосферы**.—Земной шар можно считать состоящим из концентрических сфер: атмосферы, гидросферы, биосферы, литосферы, тектосферы и центросферы; они известны под общим названием геосфер.
- Гидросфера**—водяная оболочка земного шара, включающая океан, озера, реки, постоянно содержащуюся в атмосфере влагу и воду, глубоко проникающую в литосферу.
- Ионы**—форма молекулярной агрегации вещества в водном растворе. Неорганическая соль, основание или кислота в растворе, частично расщеплены на ионы. Металлы дают большей частью катионы, которые несут отрицательный электрический заряд и при электролизе направляются к положительному полюсу. Кислотные радикалы и некоторые не-металлы образуют положительно заряженные анионы. Во всяком растворе отрицательные заряды на катионах, в целом, точно уравнивают все положительные заряды на анионах. Изолировать ионы, как таковые, невозможно; приводимые к твердому состоянию они сочетаются друг с другом и дают электрически нейтральные молекулы.
- Кальцит**—ромбоэдриальная форма карбоната кальция (известная также под названием известкового шпата).
- Катаболизм**—см. Метаболизм.

Каталитические вещества—вещества способные вызывать химическую реакцию, существуя даже в ничтожном количестве, причем сами не расходуются. В конечных продуктах реакции не замечается никаких следов каталитических веществ.

Коллоидальный.—Твердое тело может распределяться в жидкости, либо образуя разнородную массу и пребывая при этом во взвешенном, или суспендированном, состоянии, либо однородную, образуя раствор. Когда взвешенное вещество раздроблено в такой степени, что уже не удерживается фильтровальной бумагой, раствор получает название коллоидального.

Линия ила—глубина, на которой образуется на морском дне тонкий ил; вдоль берегов больших океанов эта глубина составляет около 100 м. сажен.

Литосфера—кора земли, состоящая из горных пород,—обозначение, связанное с атмосферой, гидросферой и т. д. См. Геосферы.

Материковая отмель—часть дна океана, которая лежит между береговой линией и линией 100-саженной глубины; ее градиент обыкновенно очень невелик; более высокие части ее называются береговыми банками.

Материковый край—пограничная линия между материковой отмелью и материковым склоном, обыкновенно находящаяся на глубине около 100 м. сажен; обнаруживается изменением градиента.

Материковый склон—часть дна океана, которая лежит между 100-саженной линией и средним сферическим уровнем (1700 м. сажен); градиент дна здесь обыкновенно гораздо больше, чем в более мелких и в более глубоких водах.

Метаболизм—характерное свойство живой материи ассимилировать вещества, отличные от нее, перестраивать их в свое собственное вещество (анаболизм) и снова разлагать эти сложные молекулы на более простые (катаболизм), с выделением энергии в форме тепла, движения и электрических явлений. Метаболизм дает не только выделение энергии, но, если анаболизм больше катаболизма, дает увеличение объема, а следовательно, и роста и размножение.

Минимум закон (Либиха).—Этот хорошо установленный закон агрономии приложим и к океану. Растение для продолжения жизни и роста требует известного количества питательных веществ и каждое из них должно содержаться в известной пропорции. Если одно из них будет отсутствовать, растение умрет; если оно имеется в минимальной доле, минимален будет и рост. Это будет иметь место независимо от того, в каком количестве будут другие питательные вещества. Таким образом, рост растения зависит от количества питательного вещества, имеющегося в минимальном количестве.

Нектон—термин, введенный Геккелем для обозначения всех пелагических животных, способных плавать против течений (ср. Планктон).

Неритический—относящийся к береговым водам и заливам, в противоположность океаническому, относящемуся только к открытому

морю; этот термин был введен Геккелем и применяется одинаково к планктону и бентосу. См. также Пелагический.

Океанический—см. Неритический.

Пелагический (от греческого «пелагос», открытое море)—термин, прилагаемый к отложениям, образующимся на абиссальных глубинах океана, в большом расстоянии от суши, а также к организмам, живущим в поверхностных водах океана вдали от берегов.

Планктон—термин, введенный Гензеном и в настоящее время прилагаемый ко всем водным организмам, пассивно увлекаемым течениями (ср. Нектон).

Плотность—или удельный вес морской воды есть отношение известного объема соленой воды к весу равного объема пресной воды при $4^{\circ}0'$. При измерении плотности должна быть указана температура, так как плотности жидкостей сильно меняются в зависимости от температуры. Так как плотность морской воды зависит только от температуры и солёности, то, если плотность измеряется всегда при одной и той же нормальной температуре или приводится к ней, различие в плотности обуславливается только различием в солёности.

Симбиоз—буквально «сожитительство»: тесная связь двух организмов, например, водорослей и радиоларий, выгодная для обоих.

Солёность—общее количество растворенных твердых веществ на единицу объема жидкости, содержащей в растворе соли и ничего или почти ничего кроме них; особенно употребляется в приложении к водам, находимым в природе. Солёность морской воды выражается в частях на тысячу (например, 35 на тысячу); она является также условной величиной, которая получается умножением содержания хлора или удельного веса на некоторую величину, так как непосредственное определение общего количества растворенных твердых тел нельзя производить точно. См. также Плотность.

Соль—всякое соединение неорганического основания с неорганической кислотой, как карбонат кальция, сульфат натрия, хлористый магний и т. д.; получается замещением водорода кислоты металлом основания (обыкновенная соль—хлористый натрий, но общий термин «соль» означает, кроме того, и многие другие соединения).

Средний сферический уровень—уровень литосферы, сглаженной и покрытой океаном, который в таком случае имел бы равномерную глубину около трех километров (1700 м. сажен).

Тектосфера—одна из геосфер; слой вещества, близкого к точке плавления, который окружает центросферу и на котором лежит литосфера.

Удельный вес—См. Плотность.

Фитопланктон—растительный планктон. См. Планктон.

Фотический пояс—поверхностные воды до предела проникновения солнечного света, т. е. до 600 или 700 м. сажен.

Центросфера—геосфера, занимающая всю центральную часть земного шара; ее считают твердой, как сталь, и в значительной части

состоящей из металлов и металлоидов со включенными газами, с средней плотностью выше пяти.

Энзимы—чрезвычайно характерные для живой материи вещества; они являются каталитическими агентами, обычно растворяются в воде, в соляном растворе или в глицерине и имеют силу только для одного какого-либо рода реакции. Они вызывают в крови животных образование антиэнзимов. По природе они коллоидальны и не выдерживают температуры кипения.

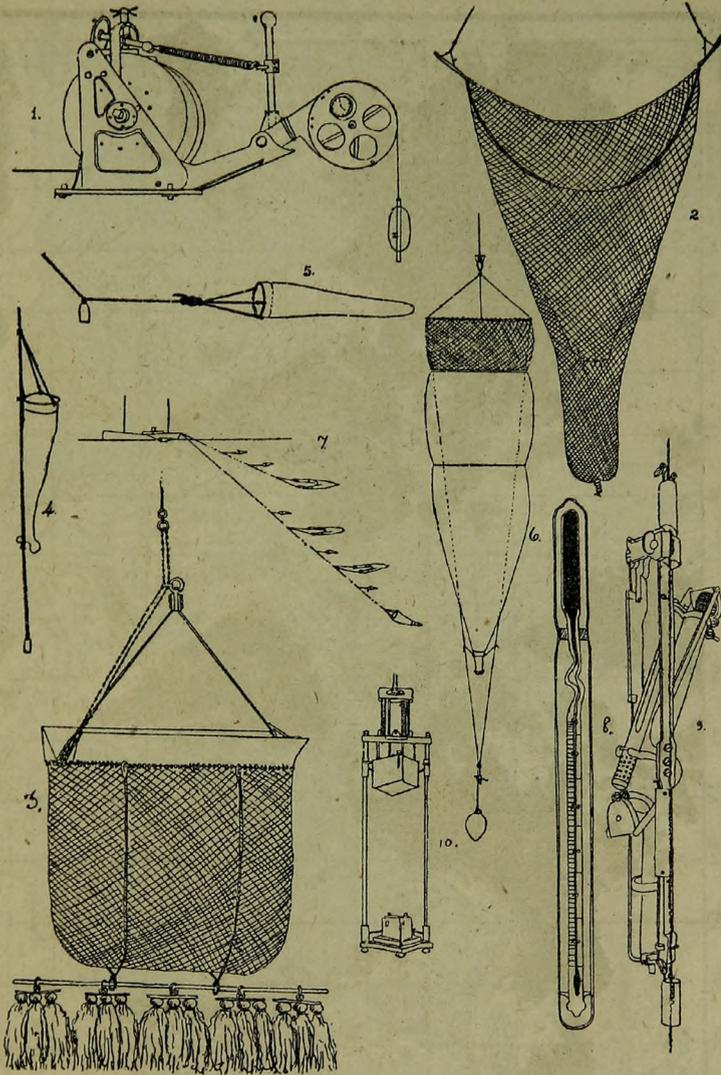
ЦЕНТРАЛЬНАЯ БИРЖЕВА
БИБЛИОТЕКА
ИМЕНА
С. П. ДАВЫДОВА

ОБЪЯСНЕНИЕ ТАБЛИЦ

- Т а б л. I. Наиболее употребительные приборы океанических исследований (изображения даны в различных масштабах).
- Т а б л. II. Карта океанических глубин. Глубины менее 1000 м. саж. показаны неокрашенными местами; глубины от 1000 до 4000 м. саж. обозначены синими и фиолетовыми тонами; красная краска указывает места, где глубина превышает 4000—5000 м. саж.
- Т а б л. III. Распределение солёности в поверхностных водах мирового океана. Синие тона указывают солёность ниже 34 на тысячу; фиолетовые—означают солёность от 34 до 38 на тысячу; красная краска означает солёность выше 38 на тысячу в Средиземном и Красном морях.
- Т а б л. IV. Карта годовых температурных амплитуд в поверхностных водах мирового океана. Синей краской отмечены малые амплитуды (менее 5.5°C), наблюдающиеся как в полярных областях, где температуры низки, так и в тропиках, где температура высока. Розовая краска указывает амплитуды от 5.5°C до 16.5°C ; фиолетовая — амплитуды от 16.5°C до 27.5°C , а красным отмечены два места наибольших амплитуд, — в северо-западной части Атлантического океана и в северо-западной Великого, где годовая амплитуда, на каждые два градуса площади, превышает 27.5°C .
- Т а б л. V. Карта главных течений на поверхности океана, причем красными стрелками отмечены сравнительно теплые течения, а синими—сравнительно холодные.
- Т а б л. VI. Распределение плотностей в поверхностных водах океана. Малые плотности (менее 1.024) обозначены синими тонами, и ограничены почти исключительно тропиками, где, следовательно, вода стремится оставаться у поверхности. Плотности от 1.024 до 1.026 обозначены фиолетовой краской, плотности свыше 1.026 отмечены красной,— последние встречаются почти исключительно в пределах 40° северной и южной широт. В областях высоких плотностей, главным образом свыше 1.027, что относится к северным частям Атлантического и южным частям Великого океанов, вода поверхностная опускается в глубину и при этом увлекает с собой атмосферные газы.
- Т а б л. VII. Некоторые организмы с кремневым скелетом, плавающие на поверхности и в приповерхностных слоях океана. Фиг. 1—8 представляют диатомей, а фиг. 9—17 — радиоларий (те и другие изображены в разных масштабах).

- Т а б л. VIII. Некоторые моллюски с известковой раковиной, водящиеся в поверхностных и приповерхностных слоях океана. Фиг. 1—5 и 7—14 птероподы, фиг. 6 и 16—гетероподы; фиг. 15—гастропода (все рисунки сделаны в разных масштабах). Раковины этих животных главным образом изобилуют в птероподовом иле.
- Т а б л. IX. Главные формы пелагических фораминифер, водящихся в поверхностных и приповерхностных водах океана; по смерти этих животных их раковинки составляют преобладающую часть пелагических отложений дна, главным образом глобигеринового ила.
- Т а б л. X. Некоторые из многочисленных придонных фораминифер (составляющих бентос),—противоположность изображенным на табл. IX. Их раковина известковая. В донных отложениях эти формы легко отличаются от пелагических раковинок.
- Т а б л. XI. Карта, указывающая распространение пяти типов пелагических отложений дна (ила птероподового, глобигеринового, диатомового, радиолариевого и красной глины). Участки, занятые пятью типами терригенных отложений (ил голубой, красный, зеленый, вулканический и коралловый) оставлены неокрашенными.
- Т а б л. XII. Органические и неорганические составные части красной глины, как-то: зубы акул, слуховые косточки и зубы китов, кристаллы филлипсита *in situ* и мелкие магнитные шарики внеземного происхождения.
-

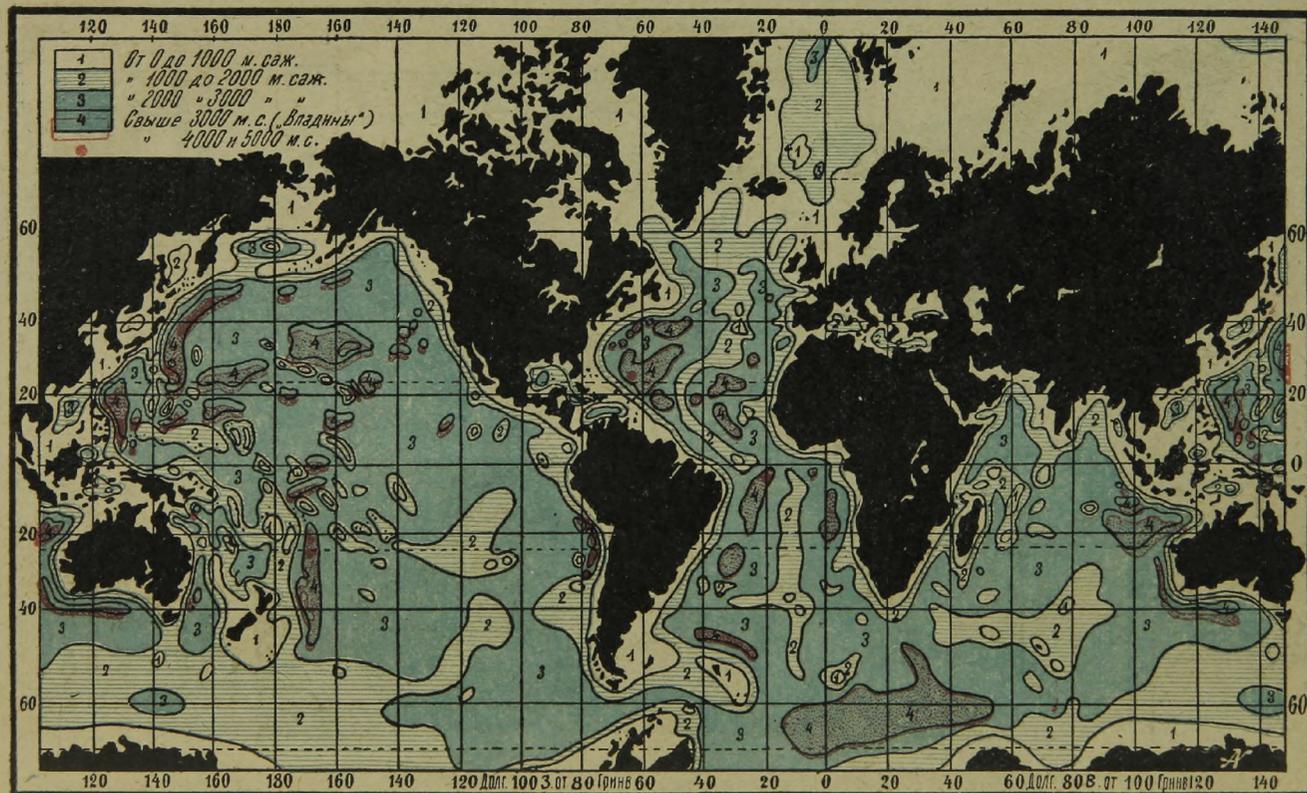
Приборы для океанических исследований



1. Глубомерный станок Люкаса
2. Оттертрал
3. Драга «Чалленджера»
4. Планктонная сеть «Чалленджера» в вертикальном положении
5. Планктонная сеть «Чалленджера» в горизонтальном положении
6. Вертикальная планктонная сеть «Михаила Сарса»
7. Одновременная буксировка нескольких сетей «Михаилом Сарсом»
8. Опрокидывающийся термометр
9. Опрокидывающийся батометр с термометром
10. Фотометр Гелланд-Ганзена

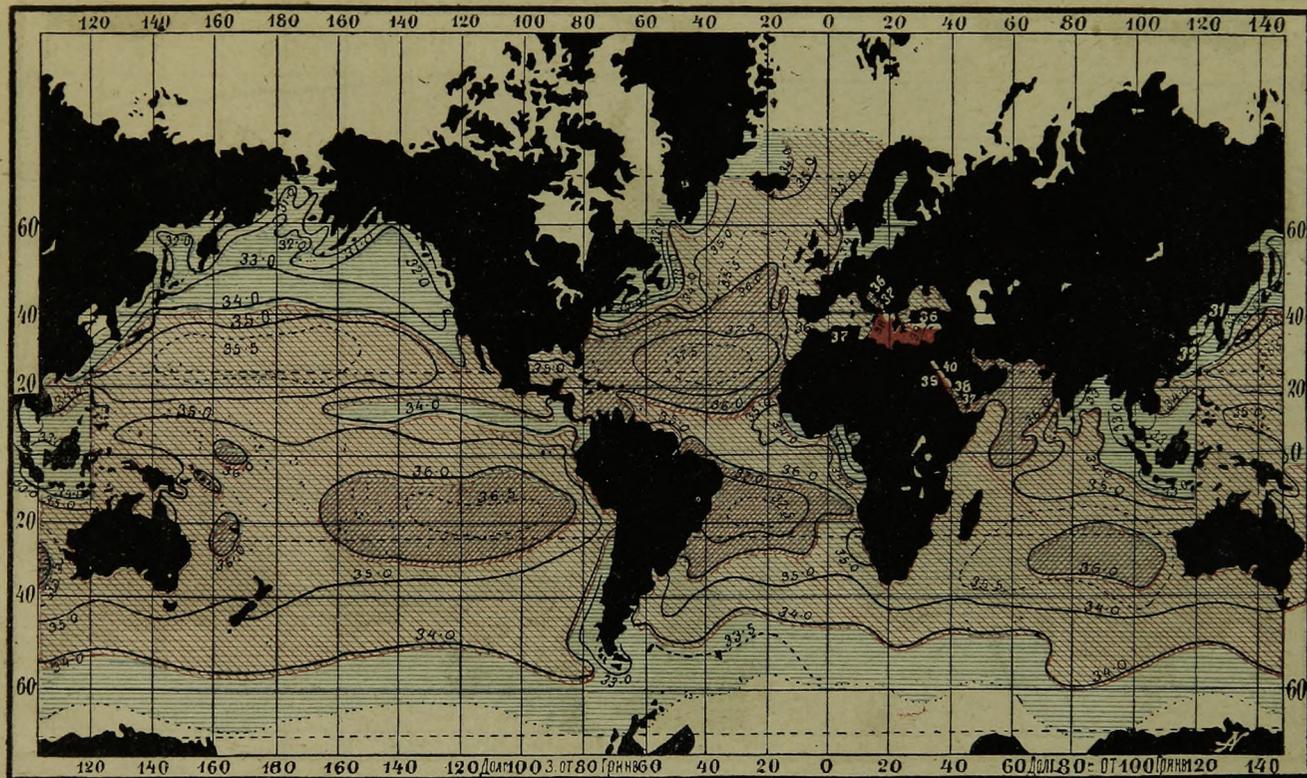
Океанические глубины

Табл. II



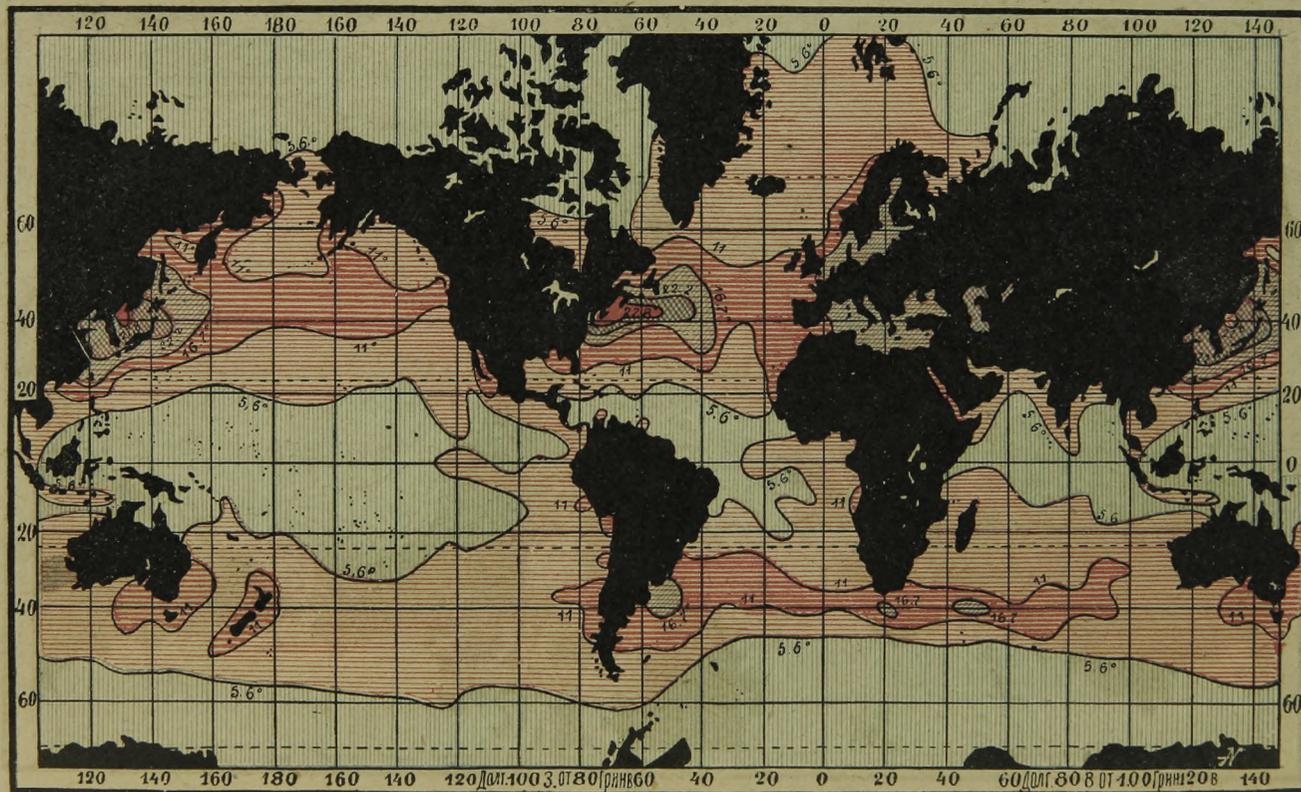
Соленость на поверхности океана

Табл. III



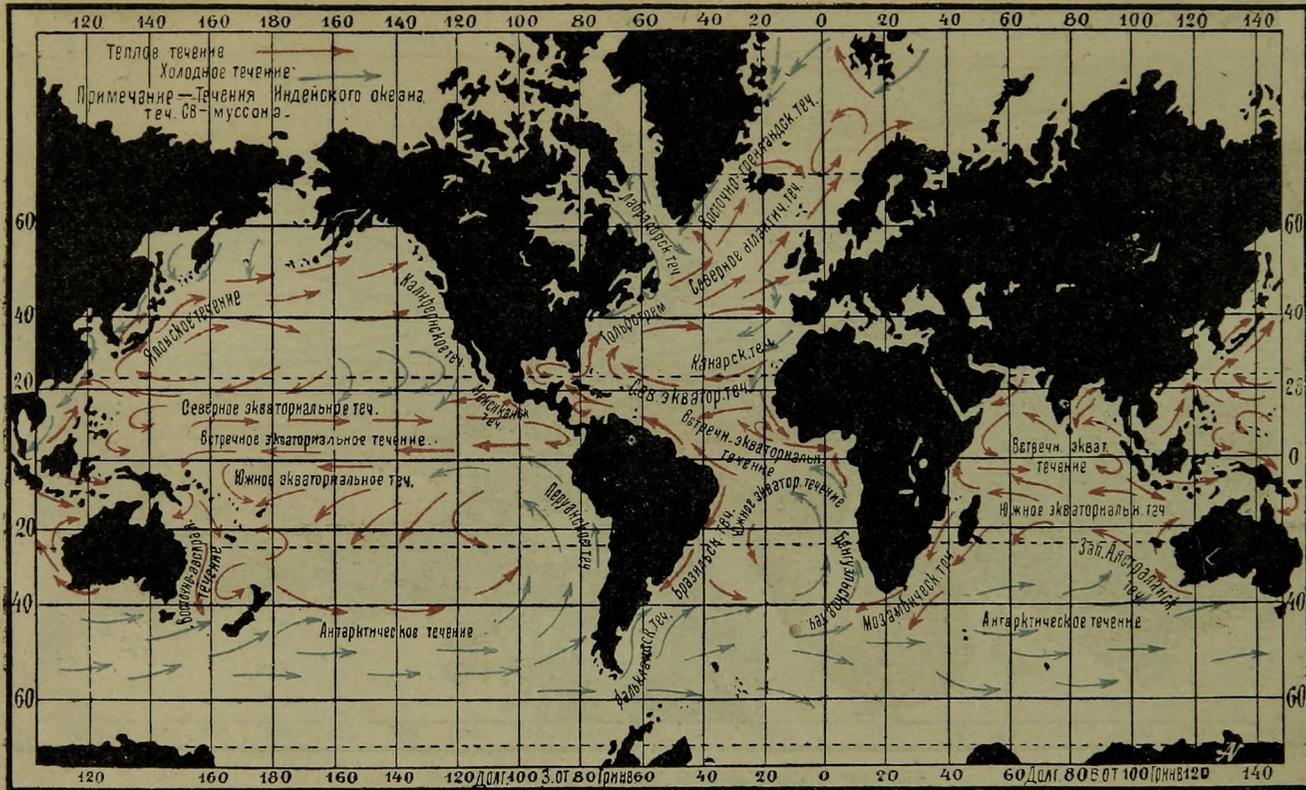
Годовые амплитуды поверхностной температуры воды

Табл. IV



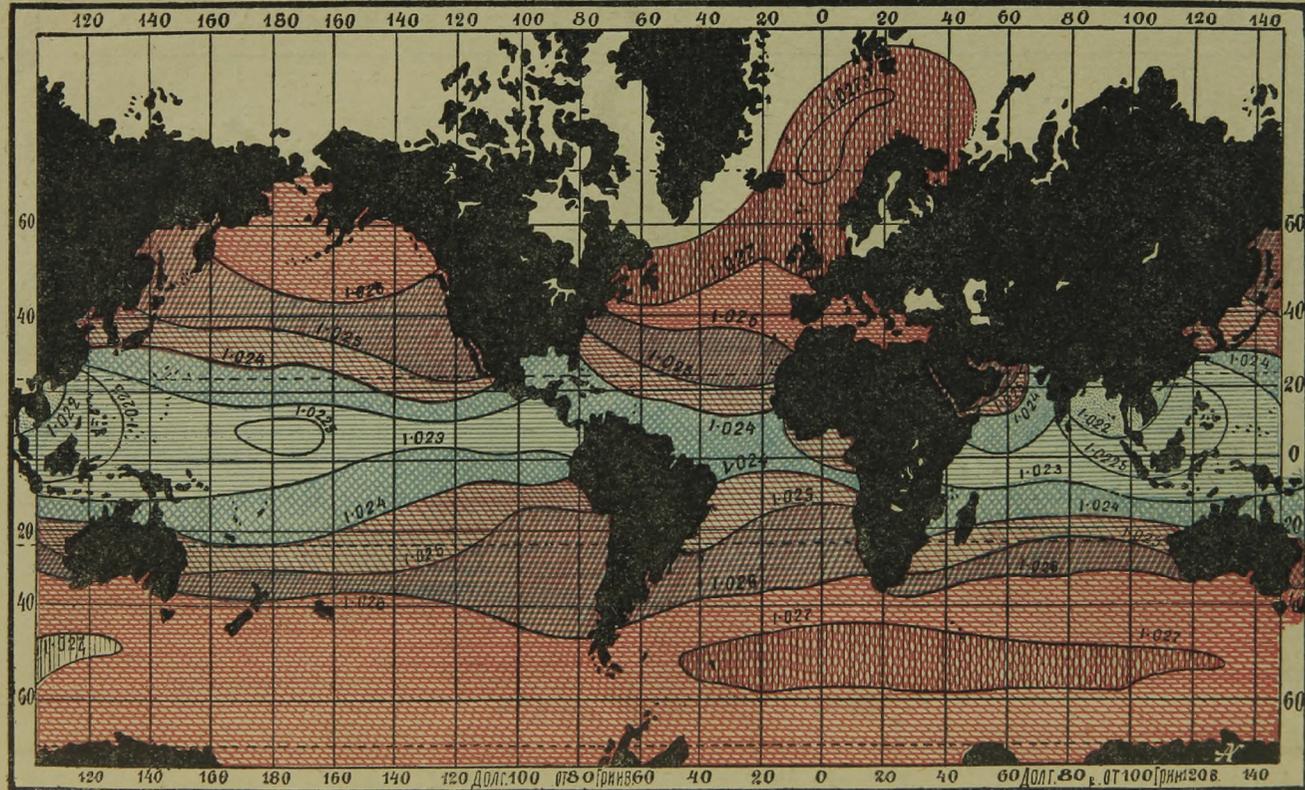
Поверхностные океанические течения

Табл. V

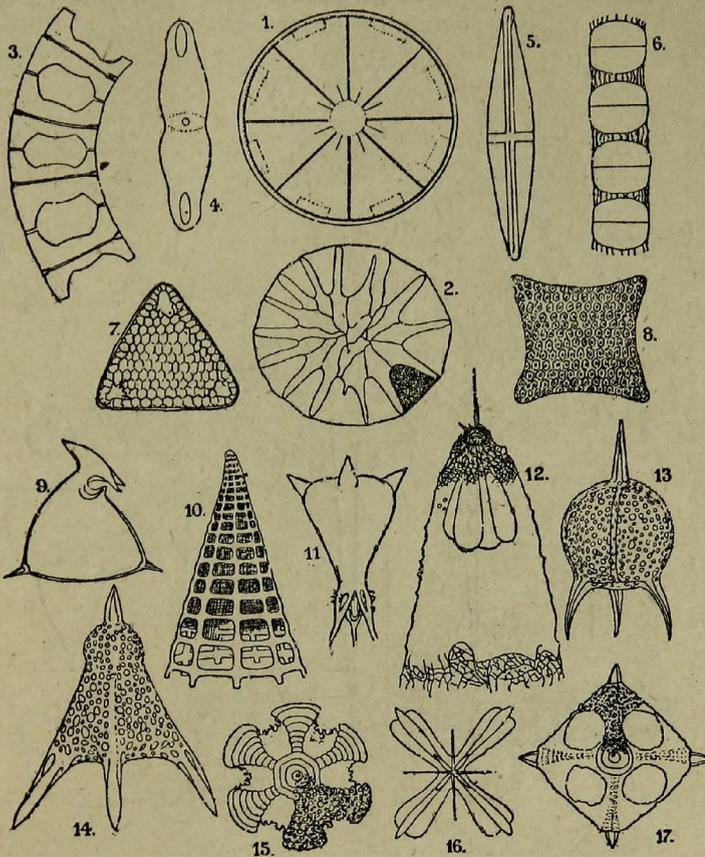


Плотность воды на поверхности океана

Табл. VI



Кремневые организмы



ДИАТОМЕИ

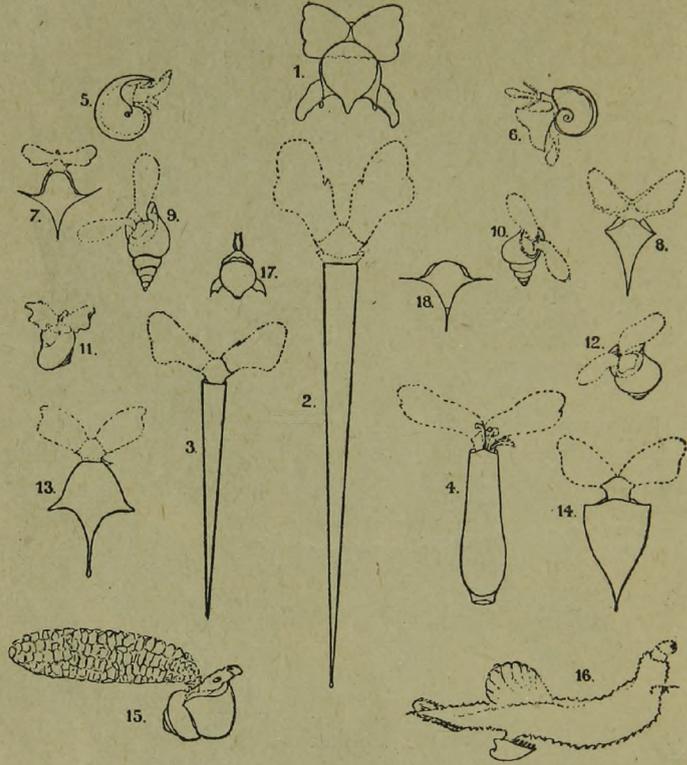
- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. <i>Omphalopelta parda</i> | 5. <i>Stauroneis pacifica</i> |
| 2. <i>Asteromphalus challengerensis</i> | 6. <i>Stephanopyxis kittoniana</i> |
| 3. <i>Eucampia balaustium</i> | 7. <i>Triceratium sarcophagus</i> |
| 4. <i>Glyphodesmis challengerensis</i> | 8. » <i>pulvillus</i> |

РАДИОЛАРИИ

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 9. <i>Challengeron triangulum</i> | 14. <i>Dictyophimus triserratus</i> |
| 10. <i>Cinclopyramis infundibulum</i> | 15. <i>Hexinastrum geryonidum</i> |
| 11. <i>Tuscarora tetrahedra</i> | 16. <i>Quadrilonche crux</i> |
| 12. <i>Sethoconus venosus</i> | 17. <i>Stephanastrum quadratum</i> |
| 13. <i>Euscenium tripospyris</i> | |

Пелагические моллюски

(Рис. 15—гастеропода, рис. 6 и 16—гетеропода, остальные—птеропода)



ТРОПИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 3. <i>Styliola subula</i> | 9. <i>Limacina bulimoides</i> |
| 4. <i>Cuvierina columnella</i> | 12. <i>Limacina lesueuri</i> |
| 5. <i>Limacina inflata</i> | 14. <i>Clio balantium</i> |
| 7. <i>Clio pyramidata</i> | |

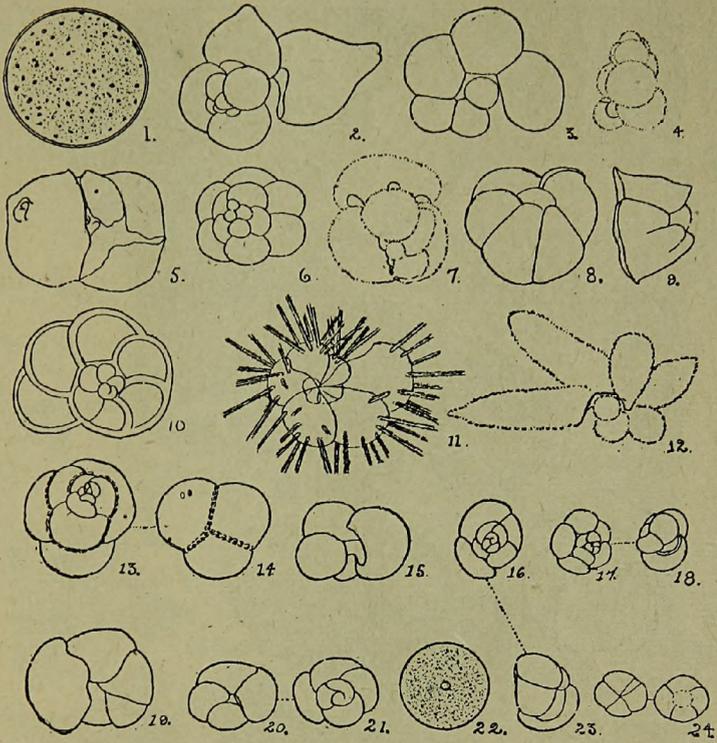
УМЕРЕННЫЕ ФОРМЫ

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Cavolinia tridentata</i> | 13. <i>Cavolinia trispinosa</i> |
| 2. <i>Creseis acicula</i> | 15. <i>Ianthina violacea</i> |
| 6. <i>Atlanta peronii</i> | 16. <i>Carinaria lamarckii</i> |
| 8. <i>Clio pyramidata</i> | 17. <i>Cavolinia longirostris</i> |
| 10. <i>Limacina australis</i> | 18. <i>Cavolinia trispinosa</i> |

ПОЛЯРНЫЕ ФОРМЫ

11. *Limacina antarctica*

Пелагические фораминиферы



Тропические формы

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Orbulina universa</i> | 7. <i>Globigerina conglobata</i> |
| 2. <i>Globigerina sacculifera</i> | 8. <i>Pullenia obliquiloculata</i> |
| 3. » <i>aequilateralis</i> | 9. <i>Pulvinulina micheliniana</i> |
| 4. » <i>rubra</i> | 10. » <i>menardii</i> |
| 5. <i>Sphaeroidina dehiscens</i> | 11. <i>Hastigerina pelagica</i> |
| 6. <i>Globigerina dubia</i> | 13—14. <i>Candeina nitida</i> |

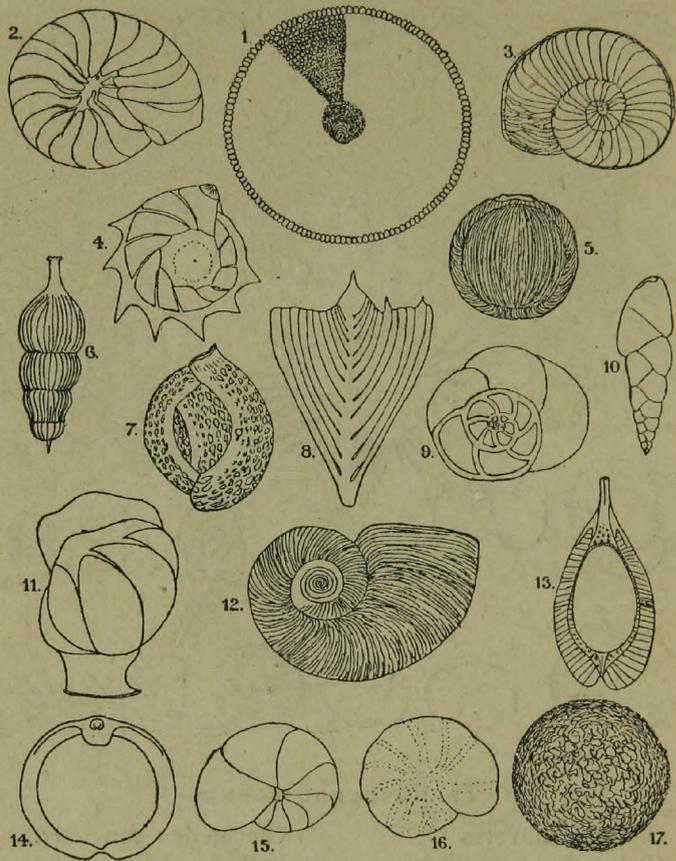
Умеренные формы

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 12. <i>Globigerina digitata</i> | 19. <i>Pulvinulina canariensis</i> |
| 15. » <i>bulloides</i> | 20—21. » <i>crassa</i> |
| 16, 23. » <i>inflata</i> | 22. <i>Orbulina universa</i> |

Полярные формы

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 17—18. <i>Globigerina dutertrei</i> | 24. <i>Globigerina pachyderma</i> |
|-------------------------------------|-----------------------------------|

Известковые бентонные фораминиферы



ТРОПИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Orbitolites marginalis</i> | 4. <i>Cristellaria calcar</i> |
| 2. <i>Nummulites cumingii</i> | 5. <i>Biloculina comata</i> |
| 3. <i>Operculina complanata</i> | |

УМЕРЕННЫЕ ФОРМЫ

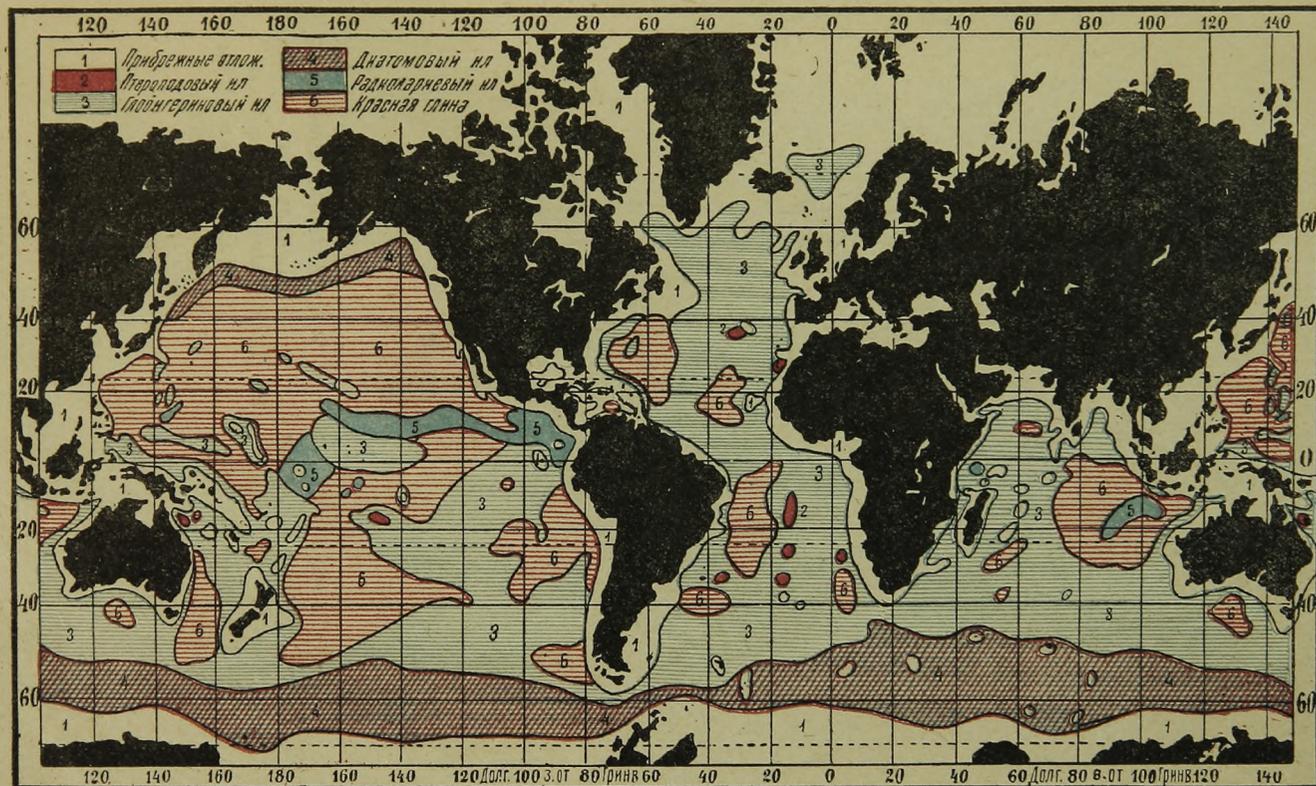
- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 6. <i>Nodosaria scalaris</i> | 9. <i>Discorbina globularis</i> |
| 7. <i>Miliolina reticulata</i> | 10. <i>Virgulina texturata</i> |
| 8. <i>Frondicularia alata</i> | |

ПОЛЯРНЫЕ ФОРМЫ

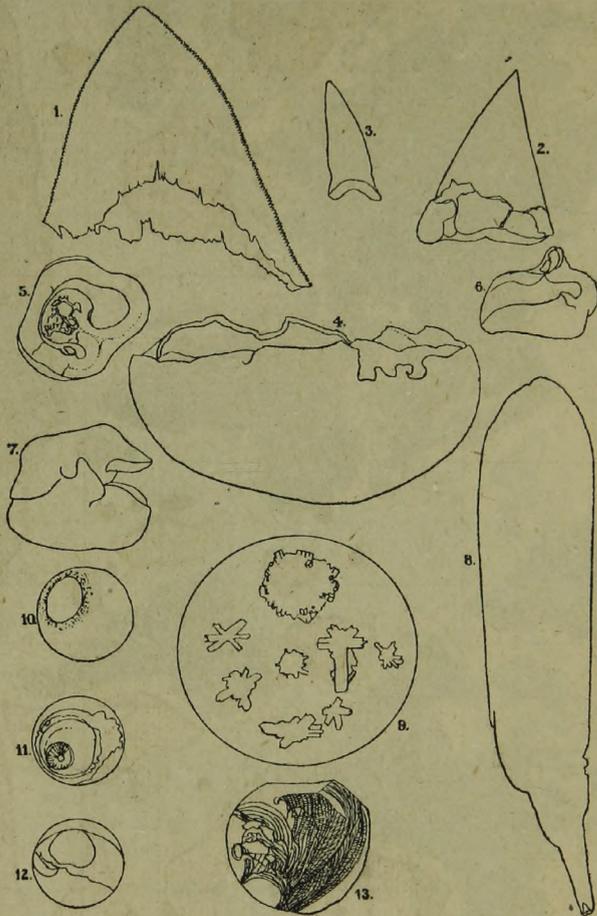
- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 11. <i>Rupertia stabilis</i> | 15. <i>Truncatulina lobatula</i> |
| 12. <i>Cornuspira foliacea</i> | 16. <i>Polystomella arctica</i> |
| 13. <i>Lagena formosa</i> | 17. <i>Keramosphaera murrayi</i> |
| 14. <i>Biloculina depressa</i> | |

Донные отложения

Табл. XI



Материалы из красной глины



- | | |
|------------------------------|---|
| 1—3. Зубы акул | 9. Цеолитовые кристаллы (филлипсит) |
| 4—7. Слуховые косточки китов | 10—12. Космические шарики с металлическим ядром |
| 8. Зуб цифиоидного кита | 13. Хондритовый шарик |

