

Н.В.Вершинский

ученые*
ДЭ
школьники*

Морская книга





Николай Всеволодович
Вершинский, доктор
технических наук,
руководитель лаборатории
морских измерительных
приборов Института
океанологии им. П. П. Шир-
шова Академии наук
СССР. Он автор многих
оригинальных научных
исследований, изобретений и
конструкций в различных
областях техники.
В Институте океанологии
Н. В. Вершинский организует и
ведет исследования в
лаборатории, занимается
воспитанием молодых кадров
ученых и иногда
принимает участие в дальних
плаваньях. Это позволило ему
побывать в самых отдаленных
уголках Земли.

Н.В.Вершинский

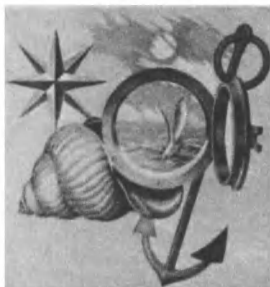
Библиотечка
Детской
энциклопедии



Морская книга

Редакционная
коллегия:

И. В. Петрянов
(главный редактор),
И. Л. Кнунянц,
А. И. Маркушевич



«Педагогика»
Москва, 1975

Главная редакция Детской энциклопедии

Главный редактор

Маркушевич А. И.

Члены главной

редакции:

*Артоболевский И. И.**Банников А. Г.**Благой Д. Д.**Брусничкина Р. Д.**Буцкус П. Ф.**Ворожейкин И. Е.**Воронцов-Вельями-**нов Б. А.**Генкель П. А.**Герасимов С. А.**Гончаров А. Д.**Горшков Г. П.**Данилов А. И.**Джибладзе Г. Н.**Долинина Н. Г.**Дубинин Н. П.**Иванович К. А.**Измайлов А. Э.**Кабалевский Д. Б.**Кедров Б. М.**Ким М. П.**Кузин Н. П.**Кузовников А. М.**Леонтьев А. Н.**Лурия А. Р.**Михалков С. В.**Нечкина М. В.**Панагин Ф. Г.**Петрянов И. В.**Разумный В. А.**Соловьев А. И.**Тимофеев Л. И.**Тихвинский С. Л.**Тяжелников Е. М.**Хачатуров Т. С.**Цаголов Н. А.**Царев М. И.**Чепелев В. И.***Вершинский Н. В.**

В37

Морская книга. М., «Педагогика», 1975.

80 с. с ил. (Библиотечка Детской энциклопедии «Ученые — школьнику»)

Книга поможет юному читателю узнать, где можно изучать морское дело и как стать квалифицированным океанологом

Автор рассказывает о научно-исследовательском флоте, который изучает Мировой океан, о богатствах в его глубинах, о том, как они используются сейчас и будут использоваться в будущем

В 60700—072 47—75
005(01)—75**551.49**

Советский Союз — великая морская держава. Его омывают 2 океана и 14 морей. Две трети наших границ — морские. Их протяженность составляет более 47 000 км. Поэтому наша страна имеет большой морской флот, который с каждым годом увеличивается. Герой Советского Союза капитан Бадигин писал, что «если сосчитать, сколько у нас в Советском Союзе людей связано с морем, то получится целая республика». Целая морская республика, население которой непрерывно увеличивается! Молодежь идет на флот. А особенно хорошие моряки получаются из тех, кто с юности начинает изучать морское дело. Оно стоит того. Профессия моряка трудна, опасна и романтична.

Стране нужны моряки высокой квалификации. Ведь вождение крупных и скоростных современных судов требует большого искусства! Квалифицированных моряков для флота готовят морские училища. Есть много училищ в приморских городах. Имеются и речные техникумы и институты.

Особенно хорошую закалку приобретают будущие моряки при плавании на парусных судах. Именно поэтому в мореходных училищах курсанты часто проходят практику на больших парусниках. Но совсем не обязательно дожидаться поступления в морское училище. Важная роль в подготовке будущих моряков принадлежит спортивному флоту. В Советском Союзе много водных спортивных клубов, где можно выучиться искусству хождения под парусами. А потом вместе с другими членами своего клуба совершать увлекательные походы.

Члены спортивных и морских клубов часто совершают на клубных судах интересные путешествия по необъятным водным просторам нашей страны. Так что

не откладывайте надолго, а скорее записывайтесь в ближайший водно-спортивный клуб. Вас ждут там!

Всего несколько лет назад считалось, что заниматься парусным спортом можно только с 14 лет. Но теперь практикой установлено, что уже 7—8-летние дети успешно осваивают управление простейшим одноместным швертботом «Оптимист». Такие швертботы есть во многих спортивных клубах. Есть там и много других спортивных судов побольше и посложнее. Управление ими вам доверят после того, как вы приобретете необходимые знания и опыт.

Кстати сказать, американец Робин Ли Грэхэм, который один в 16 лет начал кругосветное путешествие на парусной яхте, выучился ходить под парусами уже в 10 лет. А в Японии в школьную программу включены уроки, на которых детей обучают управлению яхтой.

Все приведенные здесь факты свидетельствуют о том, что мальчишки имеют возможность изучать морское дело и могут совершать интереснейшие путешествия.

А кругосветный поход Робина Ли Грэхэма показал, что юноши могут успешно управлять парусным судном в самых сложных условиях!

Надо сказать, что Робин был хорошо подготовлен. В свои 16 лет он не только знал, как устроено судно, но отлично умел им управлять, знал основы навигации, лоцию, имел необходимые познания в астрономии и метеорологии, разбирался в радиотехнике. Все это, несомненно, и помогло ему совершить кругосветное путешествие.

Море не любит слабых! Но физическая подготовка и овладение необходимым минимумом морских знаний — это только одна сторона вопроса. Не менее важна научная подготовка в любых ее формах, начиная с технических и математических кружков в школах и на детских технических станциях. Правда, кажется, еще нигде нет такого кружка, где бы изучались совре-

менные проблемы и задачи морской науки. Чтобы помочь нашим читателям разобраться в ней и найти свой путь, кратко рассмотрим некоторые проблемы изучения океана.

В этой области существует еще очень много неисследованных вопросов. Чтобы их успешно решать, нужны прежде всего специалисты-океанологи, любящие свое дело.

Современная океанология — это физика океана, химия океана, геология океанического дна, биология обитателей океана и техника для исследования океана. На такие секторы и разделен Институт океанологии им. П. П. Ширшова Академии наук СССР, крупнейший институт по изучению Мирового океана. Он был основан около 30 лет назад академиком П. П. Ширшовым, одним из участников легендарной четверки И. Д. Папанина.

Океан издавна привлекал людей. Но люди до сих пор его мало знают. Достаточно сказать, например, что еще нет подробных карт океанического дна. Имеющиеся карты составлены в масштабе 1:10 000 000, в лучшем случае 1:1 000 000. Сделать карту хотя бы в немного более крупном масштабе, например 1:250 000, у морских картографов пока не хватает данных. А надо 1:100 000 или еще крупнее. Такие карты необходимы для поисков полезных ископаемых: ведь на океаническом дне лежат несметные богатства. Но их надо найти. Вот и плавают научно-исследовательские суда «Академик Курчатов», «Дмитрий Менделеев», «Витязь» и другие, снимают карты дна. Но у них и много других задач, не менее важных:

Институт океанологии им. П. П. Ширшова — большой институт. Основная его работа — морские экспедиции. Круглый год корабли института уходят в самые отдаленные уголки Мирового океана. И очень широк круг вопросов, которые исследуются в экспедициях. Широк, как океан, как сама жизнь.



Океанология — это комплекс наук, изучающих океан. Комплекс очень полезен, когда необходима полная информация о малоизученных районах Мирового океана. В этом случае институт формирует комплексные экспедиции.

Это означает, что в составе подобной экспедиции есть представители всех секторов института.

Иное дело — специализированные рейсы. Они организуются, когда требуется детальное изучение какого-либо одного важного вопроса, например гидрофизического. В таком рейсе на экспедиционном судне в основном физики. И все, кто работает вместе с ними:

**Портрет академика,
Героя Советского
Союза
Петра Петровича
Ширшова
(1905—1953),
океанографа и гидро-
биолога, отважного
полярного исследо-
вателя,**

**основателя
и первого
директора
Института
океанологии
АН СССР.
Теперь Институт
океанологии
носит имя
П. П. Ширшова.**

инженеры, техники, математики-вычислители. Так что, как видите, перечень нужных специальностей достаточно широк.

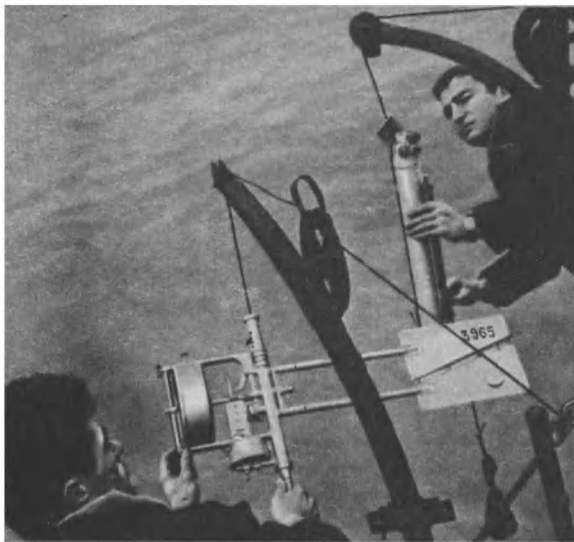
Откуда же берутся кадры океанологов?

Океанологов готовит кафедра океанологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Там же есть кафедра физики моря. В Институте океанологии работает много специалистов, окончивших эти и другие кафедры МГУ. Но их не хватает для пополнения кадров института. В последние годы квалифицированных гидрофизиков начал готовить Московский физико-технический институт. Здесь подготовка физиков высшей квалификации ведется кафедрой термодинамики океана. Институт океанологии — база для студентов этой кафедры.

По учебному плану студенты проходят практику в экспедиции на одном из больших судов института, в дальнем плавании. Студентам этой кафедры можно позавидовать.

Кроме высших учебных заведений Москвы специалистов, необходимых для изучения океана, готовят вузы Ленинграда, Тбилиси, Ростова и других городов нашей страны.

Но кроме гидрофизиков, геологов и биологов в Институте океанологии работает много инженеров и научных сотрудников самых разных специальностей. Трудно, пожалуй, даже назвать такой вуз, выпускников которого не было бы в институте.



Но в специалистах нуждается не только Институт океанологии. В Советском Союзе есть и другие морские институты.

В Севастополе, на высоком мысе, над бухтой, стоит красивое здание Морского гидрофизического института Академии наук Украинской ССР. Этому институту также нужны океанологи. Недавно создан новый Институт океанологии в составе Дальневосточного центра Академии наук СССР во Владивостоке.

В системе Главного управления гидрометеорологической службы, в системе Министерства рыбного хозяйства, в системе Министерства морского флота и других ведомств также много разных институтов и морских станций. И везде нужны люди, знающие морское дело. Важно лишь выбрать себе дело по душе.

Если «Морская книга» кому-то в этом поможет, то автор сочтет свою задачу выполненной.

Океан с разных точек зрения

« — Вы любите море, капитан? — Да, я люблю море! Море — это все! Оно покрывает собой семь десятых земного шара. Дыхание его чисто, животворно. В его безбрежной пустыне человек не чувствует себя одиноким, ибо вокруг себя он ощущает биение жизни. В лоне морей обитают невиданные, диковинные существа. Море — это вечное движение и любовь, вечная жизнь, как сказал один из ваших поэтов. И в самом деле, господин профессор, водная среда представляет для развития жизни исключительные преимущества. Тут представлены все три царства природы: минералы, растения, животные. Море — обширный резервуар природы. Если можно так выразиться, морем началась жизнь земного шара, морем и окончится! »

Так оценил море словами капитана Немо знаменитый фантаст и романист прошлого века Жюль Верн в романе «Двадцать тысяч лье под водой». Тогда еще не было термина Мировой океан, но речь идет именно о нем. И с этой оценкой в основном нельзя не согласиться и теперь. Но в этом определении много поэзии. Посмотрим, что говорят о море ученые.

Для физиков-гидродинамиков Мировой океан — это прежде всего бассейн со сложными границами, заполненный большой массой соленой воды.

Эта масса в 258 раз больше, чем масса земной атмосферы. Общая площадь поверхности Мирового океана равна $3,61059 \cdot 10^8$ км².

Средняя глубина Мирового океана — 3795 м, максимальная глубина составляет 11 022 м в Марианском желобе.

В этом-то «бассейне» (именуемом Мировым океаном) физики изучают различные формы движения воды и взаимодействия ее с атмосферой, а также с берегами и

дном. Впрочем, двумя последними вопросами больше занимаются геофизики и геологи.

Наибольшее внимание гидрофизиков в настоящее время привлечено к изучению нестационарных явлений в океане. На семь видов делит их современная теория по длительности протекающих процессов. В их числе на первом месте следует назвать мелкомасштабные процессы, которым приписывается период от тысячных долей секунды до десятков минут. К ним относятся турбулентные пульсации различных физических параметров в океане, а также поверхностные и внутренние волны и волны цунами.

Несмотря на свой относительно малый масштаб во времени, эти явления играют очень большую роль в физике моря, в практике мореплавания, да и вообще в жизни всей нашей планеты.

В конце прошлого века английский ученый Рейнольдс продемонстрировал простой опыт: струйки подкрашенной воды, спокойно протекавшие через небольшой плоский сосуд со стеклянными стенками, при увеличении скорости течения вдруг беспорядочно перемещались.

Вместо плавного течения, при котором можно было проследить за каждой отдельной струйкой, неожиданно началось вихреобразное беспорядочное течение. Ровные, только что плавно перемещавшиеся параллельно друг другу (отдельные) струйки по достижении некоторой критической скорости почему-то устремлялись друг на друга. Струйки сталкивались и рождали множество вихрей.

Подобный хаотический режим течения был назван **турбулентным** в отличие от упорядоченного (ламинарного) течения.

Рейнольдс объяснил возникновение турбулентного режима тем, что с увеличением скорости течения силы инерции в жидкости начинают преобладать над силами вязкости.

Свои соображения Рейнольдс связал простой формулой, определяющей некоторое число, получившее название **числа Рейнольдса**. Если число Рейнольдса выше критического значения — режим течения турбулентный, если ниже — ламинарный. Число Рейнольдса вошло в науку и в инженерную практику как важный критерий.

Как это не раз случалось в истории науки, люди не сразу поняли важность вновь открытого явления. Но прошли десятилетия, накопилось множество фактов, и теперь турбулентность является предметом пристального изучения во всем мире.

Течение рек в значительной степени определяется турбулентностью. Например, если бы не было турбулентного трения, Волга потекла бы со скоростью 3000 км/ч. Этот пример, приведенный академиком А. Н. Колмогоровым в одной из своих лекций, свидетельствует о необычайно важном значении турбулентности в обыденной жизни. Представьте-ка себе, что случилось, если бы турбулентность вдруг исчезла? Размеры катастрофы на Земле были бы не меньше, чем при неожиданном исчезновении трения.

Турбулентность — это хаос. Заранее нельзя предсказать, как поведет себя какой-нибудь один, отдельно взятый турбулентный вихрь. Но существуют некоторые закономерности для большого их количества. Поэтому турбулентные явления подчиняются законам статистики.

Постепенно ученые пришли к выводу, что значение турбулентных явлений выходит далеко за пределы гидравлики.

Оно оказалось важным для многих областей науки и техники, очень далеких от гидравлики. Например, для радиотехники.

Выяснилось, что в некоторых случаях распространение радиоволн зависит от турбулентности в верхних слоях атмосферы.

Очень большое значение имеют турбулентные явления в физике моря.

Если бы вдруг прекратилось турбулентное перемешивание в океане, жизнь на Земле, наверное, стала бы невозможной. Так показывают расчеты.

Благодаря турбулентному перемешиванию воды Мирового океана глубоко прогреваются и запасают очень много тепла.

Течениями оно разносится по всему земному шару и согревает планету.

Если турбулентного перемешивания не будет, то солнце нагреет лишь тонкую поверхностную пленку воды. Тепло не будет запасаться в достаточном количестве. Прекратится центральное отопление планеты. Земля замерзнет...

К счастью, этого не происходит. Турбулентность исправно работает, тщательно перемешивая воды океана на большую глубину.

Но это не все. Влага, испарившаяся с поверхности океана, в основном поливает землю. Поток влаги определяется коррелированными (согласованными) пульсациями влажности воздуха и вертикальной составляющей ветра над океаном. Перенос влаги — это одновременно и перенос тепла. Водяной пар содержит много тепла, которое выделяется при его конденсации. Поэтому для изучения переноса тепла также важно уметь измерять поток влаги. Но поток тепла измеряется и непосредственно. И также с помощью регистрации турбулентных пульсаций температуры.

Перенос тепла — это не только приятное всем потепление, когда после морозной погоды небо затягивается облачками и начинает падать мягкий снежок. Нет, это гораздо больше. Например, есть предположение, что страшные тайфуны черпают свою разрушительную силу также из энергии водяного пара.

Жизненно важны не только пульсации влажности и вертикальной составляющей ветра, определяющие по-

ток влаги. Не менее важны и горизонтальные пульсации ветра над океаном. Важны потому, что произведение горизонтальных и вертикальных пульсаций ветра определяет энергию, передаваемую ветром водной поверхности. Эту величину ученые называют потоком механического импульса. Поток механического импульса определяет развитие волнения в океане. Далее приводится пример того, как важно учитывать волновой режим.

Около 16 000 000 бурь ежегодно бывает на Земле. Значительная часть их приходится на океан. Бури на воде (в океане) страшны прежде всего из-за поверхностных волн.

Волны — одно из самых грозных явлений природы. Ведь не зря русская народная пословица говорит: «Кто на море не бывал, тот и горя не видал». Пусть наши читатели не думают, что эта пословица полностью устарела. Нет, и теперь иногда морякам приходится, что называется, туго. И виной этому большей частью штормовые волны.

Но волны не только вызывают аварии судов. Подходя к берегу, они способны производить громадные разрушения в прибрежной полосе. Разбивают причалы, разрушают береговые откосы и набережные, повреждают прибрежные строения, железнодорожные пути и мосты. Под действием ударов волн даже галька на пляжах не остается неподвижной, а передвигается. Вместе с галькой перемещаются и все другие береговые наносы.

Всеми этому не приходится удивляться, если вспомнить, что сила удара черноморской волны может достигать пяти-шести тонн на каждый квадратный метр стенки, в которую бьют волны. Рельсы гнутся под ударами штормовых волн. А для океанской волны сила удара еще больше, максимальная сила может достигать нескольких десятков тонн на квадратный метр. В бушующих волнах скрывается громадная энер-

гия, которую еще не научились использовать по-настоящему. Это очень трудно. Сделаны лишь первые, пока очень скромные, попытки использования энергии поверхностных волн. Как лучше решить эту задачу?

Появление поверхностных волн — типичный пример взаимодействия атмосферы с океаном.

Состояние атмосферы оказывает непосредственное влияние на море. Все беды на море начинаются обычно после появления сильного ветра. Именно он «разводит» волну. Чем дольше «работает» ветер, тем сильнее становится волна.

Турбулизированная ветром атмосфера оказывает влияние на процессы, происходящие в поверхностном слое моря.

Мы часто наблюдаем, как бегут волны по поверхности воды. Но обычно не подозреваем, что такие же волны бегут и в воздухе над взволнованной поверхностью воды. Только глаза наши их не видят. А особые измерительные приборы показывают присутствие воздушных волн с полной очевидностью. Приводный слой воздуха охвачен интенсивным волновым движением до высоты, равной 4—6 высотам поверхностных волн.

На границе воздух (атмосфера) — вода происходят еще более удивительные явления. Здесь над самой водой, в тонком слое воздуха, толщиной около одного миллиметра, существует резкий скачок температуры почти в целый градус, иногда даже немного больше. На первый взгляд кажется: немного — один градус, но он приходится всего на один миллиметр. Если рассчитать градиент температуры, например, для одного метра, то получится около 1000 градусов. Это очень высокий градиент. Скачок температуры над водой устойчив, несмотря на ветер и волны. А вот появление тоненькой пленочки нефти на поверхности воды его быстро уничтожает.

Внутренние волны изучены значительно меньше. Их не видно глазами — они бушуют в глубине. Их

трудно измерять — приборы для этого еще только создаются. Поэтому фактических данных о подводных бурях еще мало.

Установлено, что амплитуда внутренних волн в отдельных случаях может достигать 100 м, т. е. полная высота их составляет около 200 м.

Такие волны были зарегистрированы в Гибралтарском проливе. Хорошо, что таких волн не бывает на поверхности воды, иначе навигация была бы невозможна. Но ведь существует и развивается подводная навигация. Чем грозит подводному кораблю встреча с внутренней волной?

Жак Пиккар, руководитель первой научной подводной экспедиции на мезоскафе «Бен Франклин», пишет, что во время подводного плавания в Гольфстриме им не раз приходилось встречаться с подводными волнами:

«...мы ничего не ощущаем, в нашем представлении полный штиль, но одного взгляда на графики глубины за последние часы довольно, чтобы убедиться, что нас качают внутренние волны рекордной пока амплитуды. Поднимаемся за двенадцать минут на 30 метров и тут же без какого-либо вмешательства с нашей стороны за семь-восемь минут опускаемся на 50 метров».

А член экипажа «Бена Франклина», британский океанограф Кен Хэг рассказывает, что он на другой подводной лодке однажды попал во внутренние волны с амплитудой в 50 м с периодом в две минуты. Об этом рассказано в книге Жака Пиккара «Глубина 11 000 метров. Солнце под водой» («Мысль», 1974). Записки Жака Пиккара очень интересны, постарайтесь обязательно их прочитать!

Кстати, Кену Хэгу принадлежит изречение: «Настоящий ученый или инженер никогда не бывает совсем доволен своими приборами».

А могут ли волны в океане двигаться со скоростью самолета? Да, такие волны бывают. Они возникают на поверхности океана при подводных землетрясениях, а

также при извержениях островных (прибрежных) вулканов, оползнях и обвалах; бывают также волны цунами метеорологического происхождения. Наблюдаются эти волны главным образом у берегов Тихого океана. Страшны они своей силой и внезапностью. Высота волн цунами на подходе к берегу, т. е. на мелководье, обычно не более 30 м. Но при грандиозном обвале прибрежных откосов в Норвегии в 1934 г. высота волны доходила до 37 м. Одна такая волна способна сразу смыть целый город. Волны цунами — рекордсмены среди других по своей разрушительной силе. Появление их также трудно предсказать, как и землетрясение. Но можно успеть предупредить население прибрежных поселков и городов о приближении опасных волн. Однако сделать это не просто, так как максимальная скорость распространения волн цунами может достигать около 1000 км/ч.

При большой скорости движения волн на предупреждение остается очень мало времени. Чтобы вовремя оповестить людей о приближающейся беде, надо своевременно принять сигнал о их появлении. Вопрос в том, как это лучше сделать. На Тихом океане существует международная система оповещения о цунами, основанная на регистрации землетрясений. Однако, таким путем не всегда можно с полной достоверностью предсказать появление цунами. Лучшие результаты могут дать методы предупреждения, основанные на заблаговременной регистрации волн цунами в удаленных точках.

Специалисты Советского Союза и США вместе продумывают возможность создания объединенной усовершенствованной системы предупреждений об этом страшном стихийном бедствии.

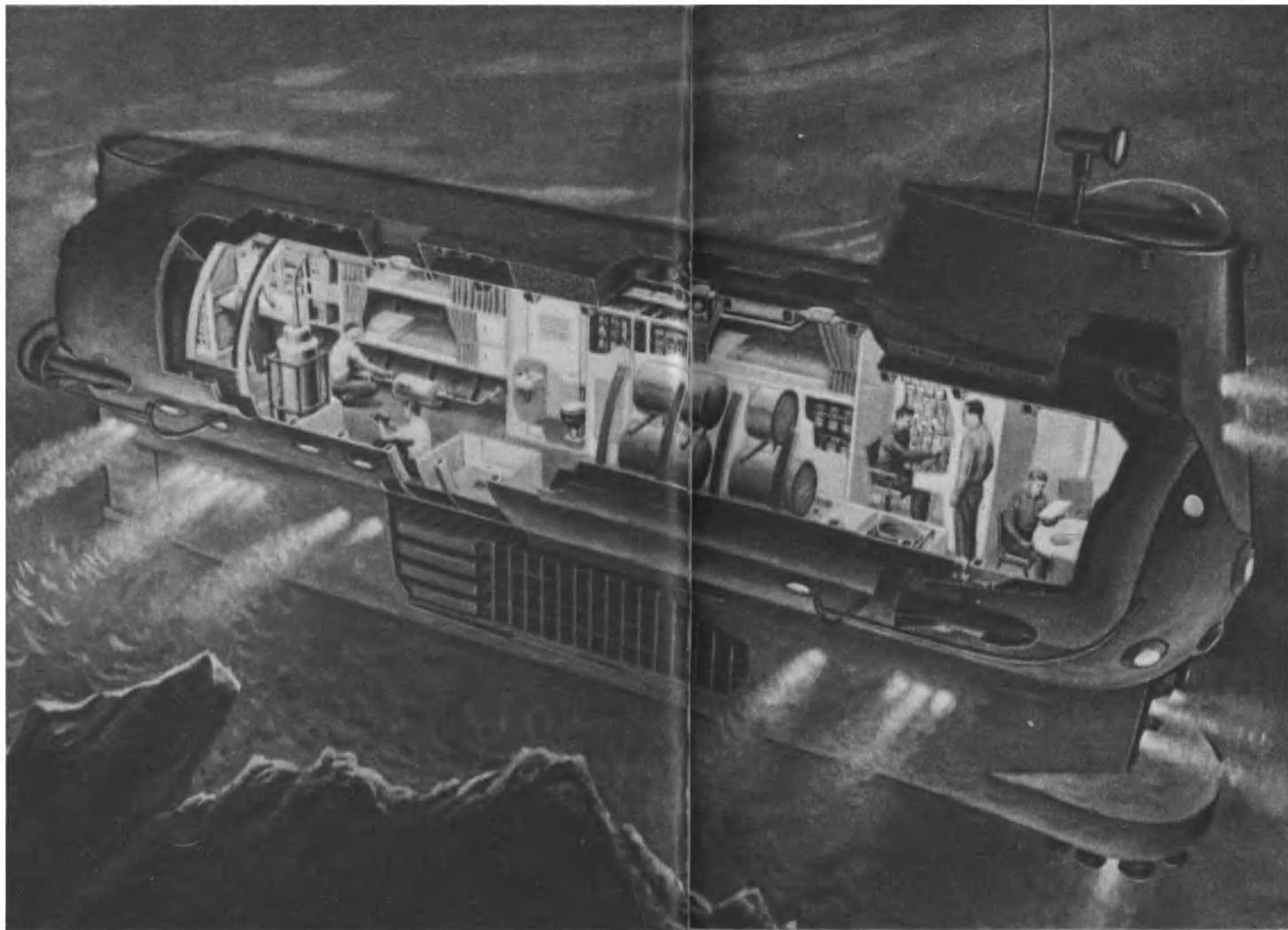
Цунами не будет неожиданным! Так, кстати, называется книжка А. Е. Святловского и Б. И. Силкина, которую мы советуем прочесть тем, кто хочет поближе познакомиться с цунами (Л., изд. Гидрометеоиздат, 1973).

Второй распространенный вид движений в океане — это явления с периодом от нескольких часов до суток. Подобные явления называются мезомасштабными. Наиболее известный представитель этого класса — прилив. На Дальнем Востоке, в заливе Охотского моря под названием Пенжинская губа, высота приливной волны достигает 12,9 м. А в устье реки Северн в Англии прилив еще выше — до 14,5 м, а в заливе Фенди (Канада) — до 18 м! Но приливная волна не цунами. Прилив периодичен, его основной период равен половине лунных суток (12 ч 25 мин), прибрежные районы его появления хорошо известны. Высота прилива в этих местах заранее рассчитывается с помощью машин в зависимости от фаз Луны и Солнца. Энергия приливов может использоваться с помощью приливных электростанций.

Значительно менее изучены приливные волны в открытом океане. Здесь они не бывают выше 2 м, а часто всего лишь 1—2 см. Но зато приливные волны имеют очень большое значение для океана, так как вызывают приливные течения во всей его толще, до самого дна, в любом, хотя бы самом глубоком, месте. Что-то вроде могучего вздоха океана.

Чтобы изучать столь малые волны, в 1—2 см, регистрирующий прибор надо положить на дно океана. Приборы для изучения приливных волн в океане называются мареографами. Если мы хотим зарегистрировать волну на поверхности высотой в 1 см мареографом, лежащим на глубине 4000 м (400 000 см — это средняя глубина океана), то чувствительность мареографа должна быть не менее $1/400\,000$, т. е. $2,5 \cdot 10^{-6}$ или $2,5 \cdot 10^{-4}\%$. Поэтому такие мареографы относятся к числу наиболее точных из существующих измерительных приборов.

Вихри в океане связаны с синоптическими изменениями с периодом от нескольких суток до нескольких месяцев. Но не ошибся ли автор? Может быть, речь идет



Мезовскаф
«Бен Фран-
клин».
На нем
в 1969 г.
было
совершено
длительное
плавание
в Гольф-
стриме.

о воздушных вихрях над океаном? Ведь сообщения о страшных воздушных вихрях, известных под названием тайфунов или торнадо, часто встречаются в печати.

Нет, автор не ошибся. Речь идет именно о вихрях в самом океане, т. е. водяных. В 1970 г. в Атлантическом океане был впервые замечен огромный вихрь, перемещающийся из одного конца океана в другой. Размером более 100 км в поперечнике, он медленно двигался по океану со скоростью около 10 см/с — это скорость перемещения его центра. А скорость движения воды в самом вихре (на его периферии) в несколько раз выше. Как же это так вышло, что раньше таких вихрей никто не замечал?

Очень просто — чтобы заметить перемещение вихря, надо было долго вести непрерывные измерения на обширной акватории. Полгода «утюжили» научно-исследовательские суда относительно небольшой квадрат в океане. Такие измерения называются полигонными. Мысль об их пользе была высказана давно, но осуществить ее удалось советским исследователям только в 1970 г. И сразу был получен новый результат. Для измерений скорости течения в океане на этом полигоне были использованы давно известные приборы — буквопечатающие гидрометрические вертушки. Но применены они были по-новому.

Не зря считается, что новая методика дает новые результаты. Сообщение о перемещающемся в океане вихре вызвало интерес у ученых-океанологов во всем мире. В 1973 г. американские ученые в Саргассовом море на своем полигоне в расширенном масштабе повторили измерения и подтвердили результаты советских исследований 1970 г.; этот эксперимент известен под названием МОДЕ-1.

А в 1974 г. на новом полигоне в районе Субарктического фронта в северо-западной части Тихого океана советские ученые, работавшие на научно-исследова-

тельских судах «Витязь» и «Дмитрий Менделеев», открыли еще один вихрь. Вихрь № 3 — самый большой, овальной формы, размер его по большей оси — около 150 миль (1 миля = 1,85 км), скорость течения воды на его периферии достигает 100 см/с. Он проникает на большую глубину — до 3000 м.

Обнаруженные в океанах свободно перемещающиеся вихри вызывают много вопросов. Почему они образуются? Как разные вихри взаимодействуют друг с другом? Время их жизни? И как теперь быть с картами морских течений? Ведь получается, что прежние карты, построенные по данным одно-двухсуточных разовых измерений, не пригодны для постоянного использования?! И множество других вопросов.

Выходит теперь так, что и нельзя построить какие-то постоянные точные карты течений в океане. Придется, видимо, периодически издавать (или передавать по радио) синоптические карты течений. Так, как это делается с картами погоды. Ведь каждому судну, идущему в океане, необходимо знать направление и скорость течения, иначе штурман не может точно рассчитать путь судна. Вряд ли надо доказывать, какие опасные последствия это может вызвать. Изучение синоптической изменчивости течений и других физических характеристик океана (например, температуры воды) — очень важная современная задача физиков-океанологов.

Чтобы успешнее ее решить, советские и американские ученые договорились совместно провести в 1977 г. работу под условным названием ПОЛИМОДЕ. В океане будет поставлено несколько десятков буйковых станций, которые станут непрерывно измерять скорости течения и температуру океанской воды в течение года. Несколько научно-исследовательских судов обеих стран будут ставить и снимать буйковые станции, следить за исправностью их работы. А сейчас идет интенсивная подготовка к проведению этого ответственного эксперимента.

Мы очень кратко рассмотрели наиболее актуальные проблемы, стоящие перед гидродинамиками-океанологами. Чтобы закончить обзор, необходимо сказать, что физики отмечают еще четыре вида изменчивости: сезонные колебания, междугодовичную изменчивость, внутривековую изменчивость и междувековую изменчивость. Среди этих явлений есть очень интересные.

В заключение этого обзора необходимо сказать, что все виды движения воды в океане, рассмотренные выше, изучаются на фоне общей циркуляции океана, т. е. различных течений.

Теперь давайте посмотрим, что изучают в океане ученые других специальностей. Большое внимание исследованию океана уделяют физики, изучающие оптические свойства воды. Они называются **гидрооптиками**.

С точки зрения физиков-гидрооптиков воды Мирового океана — это смесь молока и чернил. Читатель вправе спросить: при чем тут молоко и чернила? Дело в том, что оптические свойства воды приближенно напоминают свойства смеси из чернил и молока.

Луч света при прохождении через воду очень быстро ослабевает. Ослабление света водой настолько велико, что один метр довольно прозрачной воды Черного моря ослабляет свет примерно так же, как и слой воздуха толщиной более километра. Поэтому уже на сравнительно небольших глубинах в морях темно. Измерения в Черном море показывают, что в полдень, когда на поверхности моря освещенность составляет около 100 000 лк, на глубине 100 м освещенность равна всего 4 лк. Выходит, достаточно опуститься под воду всего на 100 м, чтобы из сверкающего полудня попасть в сумерки.

Ослабление света в воде зависит от прозрачности воды и вызывается совместным действием рассеяния и поглощения световых лучей. Черные чернила являются примером среды, в которой ослабление света происхо-

дит главным образом за счет поглощения. При поглощении энергия света идет в основном на нагревание воды. В воде сильно поглощаются красные лучи спектра и еще более сильно — инфракрасные.

Рассеяние вызывает ослабление направленного светового потока за счет отклонения световых лучей в стороны. Рассеяние света — это главная причина, которая ограничивает видимость в воде. Если бы не было рассеяния, то для увеличения дальности видения в воде нужно было бы просто усилить источник света. Но рассеяние образует световую дымку и фон, которые понижают контраст видимого предмета и как бы маскируют его. Усиление источника света тут помочь не может. Молоко представляет собой среду, ослабляющую свет преимущественно за счет рассеяния. Другой пример — «молочные» стекла, применяющиеся в абажурах и плафонах для предохранения наших глаз от слишком яркого света.

В морской воде поглощение и рассеяние действуют вместе. Вот почему с оптической точки зрения воду, конечно очень приближенно, можно рассматривать как смесь чернил и молока. В зависимости от состава спектра света, проходящего через воду, она проявляет в большей степени свойства рассеивающей или поглощающей среды.

Воды различных бассейнов Мирового океана обладают разными оптическими свойствами. Например, ослабление света в воде может происходить преимущественно за счет рассеяния. В этой воде как бы преобладают свойства молока над свойствами чернил. Возможен и другой случай, когда ослабление света в воде будет происходить преимущественно за счет поглощения. Можно сказать, что в такой воде больше «чернил», чем «молока».

А в одной и той же воде соотношение между поглощением и рассеянием зависит от длины волны световых лучей.

Мировой океан велик, и у гидрооптиков, как и у всех физиков, много работы.

Оптические характеристики океанской воды — хороший индикатор. Изучая их, океанологи могут определить происхождение воды в данной точке океана. С помощью оптических характеристик можно изучать различные виды (формы) движения воды в океане. Прозрачность воды характеризует степень чистоты воды; в связи с изучением загрязнения океана изучение прозрачности и других оптических характеристик приобретает важное значение. Изучение прозрачности океанской воды очень важно также для работы подводных телевизионных установок. При погружении передающей камеры в воду происходит резкое сокращение дальности видения. Максимальная дальность видения в воде при помощи телевизионной аппаратуры всего около 50 м. Цифра эта относится к наблюдениям в прозрачных водах Атлантического океана. Для более мутных вод многих других морских бассейнов дальность видения редко превосходит 15—20 м. В морских портах, где вода особенно загрязнена, дальность видения обычно не более 1,5—2 м, а в речных портах — еще меньше. Очевидно, что для решения многих задач хотелось бы видеть в воде подальше. Однако добиться этого очень трудно. Ученые изучают различные способы увеличения дальности видения в воде.

Очень большое внимание изучению дна океана уделяют геологи и геофизики. Не будет преувеличением сказать, что в этой области сейчас происходит научная революция. Под давлением новых сведений, полученных со дна океана, пересматриваются основные представления о механизме образования и строении не только морского дна, но и всего земного шара.

Научных проблем и практических задач у морских геологов не меньше, чем у гидродинамиков. Только морская вода для них — помеха! Из-за того, что дно океанов и морей скрыто под толстым слоем воды, морские

геологи не могут походить по нему с геологическим молотком, как они делают это на поверхности земли.

Следы нефти найдены при бурении во многих точках океанического дна. Но промышленное значение в настоящее время получила добыча нефти только со дна морей. Оттуда получается $1/5$ всей добываемой на Земле нефти.

Предполагается, что в ближайшем будущем добыча нефти с морского дна возрастет вдвое. Вот почему нужны морские геологи.

Ученые ищут способы, чтобы обеспечить бригадам нефтяников возможность находиться на дне продолжительное время с целью разведки и добычи нефти. Известный акванавт Скотт Карпентер в 1974 г. сказал, что недалек тот день, когда в глубинах возникнут целые поселки с населением до тысячи человек, которые будут жить там постоянно. Подводные жители станут добывать на дне минералы, пасти рыбные стада, вести разведку сокровищ океана. А их в океане очень много.

На дне океанов лежат конкреции, содержащие не только железо и марганец, но и более ценные металлы — медь, никель и кобальт. По внешнему виду конкреции иногда напоминают большую картофелину, только что выкопанную из черноземной почвы. А подводные фотографии дна Тихого океана в некоторых местах напоминают булыжную мостовую — дно сплошь усыпано ими. Запасы их грандиозны. Начинается промышленная добыча конкреций.

На мелководье у берегов юго-западной Африки со дна начата добыча алмазов. При хорошей погоде за день особая баржа успевает обработать около тысячи квадратных метров дна и добыть алмазов на сумму до 40 тыс. долларов.

Для исследования геологического строения дна океана ученые применяют сложную технику — особые суда и платформы для бурения, тяжелые грунтовые



Фотография
тихоокеанской
конкреции
(вверху).
Рядом
для сравне-
ния —
обыкновенная
картофелина
(внизу).
Правда,
они похожи?
Но только,
разумеется,
по внешнему
виду. На дне
океана
встречаются
конкреции
больше
и меньше
этой.

Обширные
площади
на дне
Тихого океана
сплошь усеяны
конкрециями.
Снимок
сделан
сотрудником
Института
океанологии

им. П. П. Ширшова
Н. Л. Зенкевичем
с помощью
особого
глубоковод-
ного
фотоаппарата
на глубине
4900 м
в Тихом
океане.



трубки для взятия проб осадков, подводные оурильные станки, подводные роботы с механическими манипуляторами, глубоководные подводные лодки (также с манипуляторами для взятия проб), сейсмопрофилографы, буксируемые магнитометры и много другой специальной аппаратуры. Всего этого дорогого оборудования не потребовалось бы, если бы не было воды.

Дно океана обладает уникальными, удивительными особенностями строения, которые сейчас привлекают к нему внимание ученых во всем мире. На поверхности земли нет таких геологических образований (структур), какие есть на дне океана.

Начать хотя бы с океанической коры, которая значительно отличается от коры континентальной, т. е. той, на которой мы живем. Океаническая кора значительно тоньше. И состоит она, если не считать осадков, только из одного слоя базальта.

По дну океанов земной шар перепоясан грандиозной системой срединно-океанических хребтов. Суммарная длина этой подводной горной цепи превышает 60 000 км, ширина хребтов местами доходит до 2000—3000 км, а вершины гор возвышаются над дном до 2,5—3 км.

Срединный хребет рассечен рифтовой долиной. Рифтовая долина идет посередине вдоль хребта, т. е. хребет разделен долиной по длине на две части.

Еще есть на дне Мирового океана глубокие желоба (раньше их называли впадинами). Именно там найдены и измерены наибольшие глубины океана. Но желоба замечательны не только этим.

Морские геологи и геофизики придают особое значение изучению рифтовых долин и глубоководных желобов. Найдено, что они являются наиболее активными зонами на дне. В их таинственной глубине, скрытой многокилометровой толщей соленой воды, происходят процессы, во многом определяющие лик нашей планеты.

В августе 1968 г. особое американское судно «Гломар Челенджер», представляющее собой большую плавучую буровую вышку, начало бурить дно в центре Атлантического океана около срединного хребта. Вскоре обнаружили удивительные вещи: возраст осадков, лежащих на дне, увеличивается по обе стороны хребта. Чем дальше от оси хребта, тем возраст

осадков на дне больше. И еще: с удалением от хребта увеличивается возраст намагниченности пород океанского дна и изменяется знак намагничивания.

Эти факты позволили заключить, что конвекционные токи магмы поднимаются снизу по разлому и на поверхности дна кристаллизуются в плиты. А дальше в дело вступает морская вода. Она входит в реакцию с поднявшимися породами мантии. В результате гидратации в рифтовых зонах образуется океаническая кора. Самое удивительное заключается в том, что образовавшиеся плиты (геологи называют их литосферными) не остаются на месте. Они ползут в обе стороны от породившей их рифтовой долины. Ползут к берегам океана. Полученная расчетом скорость передвижения плит составляет несколько сантиметров в год (от 1,5 до 5). В результате этого движения океаническое дно все время как бы постоянно обновляется за счет нового материала, поступающего из глубин земли. Гигантский конвейер непрерывно работает на дне океана. Кто-то предложил даже использовать его для захоронения городских отходов.

А почему литосферные плиты перемещаются? А куда они потом деваются? Эти и множество других вопросов должны возникнуть у наших любознательных читателей. За ответами на них мы отсылаем к книге О. Г. Сорохтина «Глобальная эволюция Земли» (М., «Наука», 1974). Там вы найдете ответы на эти и много других интересных вопросов, связанных с новыми представлениями о геологической эволюции Земли.

А для химиков морская вода — минеральное сырье. И еще — чувствительный индикатор динамических процессов в океане.

Установлено, что в водах Мирового океана содержатся все или почти все известные химические элементы и их изотопы. Но больше всего — хлористого натрия, т. е. обыкновенной поваренной соли. Оттого морская вода и соленая. В каждом килограмме океани-

ческой воды в среднем содержится 35 г различных солей, из них почти 78% — хлористого натрия.

Количество граммов растворенной соли в одном килограмме океанической воды называется **соленостью**. Соленость измеряется в промиллях. Промилле — это одна тысячная доля, обозначается ‰ (в отличие от процента, т. е. 1/100, который обозначается %). Промилле очень маленькая единица. Однако она нужна гидрохимикам. Гидрохимики ведут в океане счет обычно даже на доли промилле. Это необходимо для успеха в изучении перемещения воды в океане. Хотя это может показаться странным на первый взгляд, но воды Мирового океана не одинаковы. Даже в одной и той же точке океана на разных глубинах — разная вода. Например, где-нибудь на экваторе в верхних слоях — прозрачная, чистая теплая вода, а в глубине у дна — холодная, плотная, иногда — мутная. Анализ нередко показывает, что эта последняя вода антарктического происхождения. Пройдет много лет, прежде чем эти две разные водные массы перемешаются. Химический анализ позволяет определить соленость с погрешностью $\pm 0,02\text{‰}$, а самый лучший измерительный прибор — с погрешностью около $0,001\text{‰}$.

Средняя соленость Мирового океана равна 35‰ . Для разных бассейнов величина солености различна. Например, для Черного моря она равна всего $17\text{--}18\text{‰}$, а для Азовского моря раньше была еще меньше, всего около $8\text{--}9\text{‰}$. А теперь воды этого моря стали соленее, соленость их приближается к $12\text{--}13\text{‰}$. Это вызывает тревогу биологов. Дело в том, что не все рыбы и другие морские животные могут жить и размножаться в воде с увеличившейся соленостью. Чтобы предотвратить дальнейшее осолонение вод Азовского моря, обсуждается проект плотины, которая должна перегородить Керченский пролив и ограничить вторжение более соленых черноморских вод. Соленость — очень важная характеристика для биологов.

Для физиков, изучающих различные динамические процессы в океане, соленость важна потому, что она определяет плотность воды (вместе с температурой и давлением). Исторически сложилось так, что ученые раньше научились определять соленость, а потом уж по ней (и по измеренной температуре и давлению) вычислять плотность. Теперь, с внедрением электрических методов измерения, соленость непосредственно не измеряется, а вычисляется по электропроводности. Но данные о солености различных участков Мирового океана заперфорированы на миллионах карточек в научных центрах всего мира. Поэтому физики пользуются данными о солености — как дань традиции.

Кроме хлористого натрия в морской воде порядочно и других веществ, или, точнее, их ионов. Ведь морская вода — электролит, поэтому все растворенные в ней вещества диссоциированы на ионы. 99,9% всех растворенных в океанской воде солей составляют ионы натрия, калия, магния, кальция, стронция, хлора, брома, фтора, угольной кислоты (HCO_3), сульфатион (SO_4) и еще ион борной кислоты (H_3BO_3). Из-за присутствия этих одиннадцати ионов океанская вода на вкус кажется не просто соленой, а горько-соленой.

На все остальные вещества остается всего 0,1%. Это — маленькая цифра. Но морской воды очень много на земном шаре. Поэтому абсолютное количество растворенных в ней ценных веществ также очень велико.

Поваренная соль, так необходимая всем нам, была, по-видимому, первым веществом, которое люди с древнейших времен добывают из морской воды. Величайшее в мире месторождение морских солей находится в заливе Кара-Богаз-Гол (Каспийское море). Благодаря местным особенностям кристаллизации там всегда происходило выпадение в осадок не поваренной соли, а чистого мирабилита, т. е. глауберовой соли. Эта соль не только лекарство, но и сырье для промышленности. В связи с понижением уровня Каспия теперь в Кара-

Богаз-Голе режим осадкообразования изменился и вместо мирабилита там выпадает группа солей.

Но в соленых водах Мирового океана добывают и другие вещества.

Традиционный вопрос — много ли в океане золота? Да, очень много золота растворено в океанской воде. Но есть и золотые клады в затонувших кораблях на дне океана. По приблизительным подсчетам там погребена одна восьмая часть золота, добытого людьми за последние пять веков. Время от времени в печати можно встретить сообщения об удачных находках на дне различных морей.

Гораздо больше золота находится в растворенном виде. По старой оценке, в водах Мирового океана содержится около 8 миллиардов тонн чистого золота! Это — грандиозное богатство. Однако воспользоваться им пока еще не удалось никому, хотя ученые доказали, что принципиально сделать это возможно. Но известный в настоящее время процесс извлечения золота из морской воды настолько дорог, что заниматься этим делом практически не имеет смысла. Нужны какие-то совершенно новые идеи, чтобы извлечение золота из воды стало рентабельным.

Лучше дело обстоит с извлечением урана. Его тоже достаточно много растворено в водах Мирового океана. Запасы урана в морской воде оцениваются примерно в 4 миллиарда тонн, что значительно превышает разведанные мировые запасы урана на суше. В разных странах предложены достаточно экономичные способы получения урана из морской воды.

Можно еще и со многих других точек зрения рассматривать и оценивать Мировой океан.

НИС — это научно-исследовательское судно. Сокращение, часто применяющееся в деловой переписке. Не обойдемся и мы без него. Почему мы начали с НИС? Да очень просто: без хорошего судна в океане ничего не сделаешь. Не зря ведь некоторые специалисты называют научно-исследовательское судно основным инструментом океанологов. Как же оно устроено и чем отличаются научно-исследовательские суда от других?

Не сразу люди научились строить прочные суда, маленькие и большие, на которых можно относительно безопасно путешествовать по морю и производить необходимые измерения.

По радио и в печати изредка и в наше время проскальзывают сообщения о гибели различных судов. Удивительно, что с внедрением всевозможной электронной аппаратуры количество судов, гибнущих ежегодно во всем мире, не уменьшается. А в последние годы даже возрастает...

На этом фоне выделяются научно-исследовательские суда типа «Академик Курчатов». НИС «Академик Курчатов» — флагман советского исследовательского флота. Он был головным, т. е. первым, судном этой замечательной серии. За ним последовал «Академик Вернадский», затем «Дмитрий Менделеев», потом другие суда. Все суда этой серии отличаются исключительной надежностью. С ними не было никаких серьезных происшествий. В этом высокая заслуга отдела морских экспедиционных работ Президиума АН СССР, организовавшего под руководством И. Д. Папанина выпуск этой серии.

В море как дома, говорят настоящие моряки. Поэтому вопрос о характеристиках судна, на котором вы собираетесь плавать, является весьма существен-

ным. Сравнение различных судов между собой удобно производить с помощью основных технических характеристик. В это понятие входят: главные размерения, водоизмещение, мощность главных двигателей, вместимость, автономность плавания, маневренные элементы судна. Длина, ширина, осадка и высота надводного борта называются **главными размерениями** судна. Длина и ширина судна также важны, как площадь квартиры, где вы живете. Конечно, это сравнение не следует понимать слишком буквально. В судостроении действуют иные законы, нежели те, к которым мы привыкли в быту. Например, длинная и узкая комната никогда не будет казаться нам подходящей для жилья. В судостроении, наоборот, суда с большим удлинением корпуса обычно хорошие ходоки.

Но это, конечно, не означает, что каюты длинные и узкие. Совсем нет — на современных исследовательских судах типа «Академик Курчатов» каюты отличные. Они напоминают номер в хорошем отеле. В каждой каюте не более двух мест. В любой каюте есть удобный умывальник с горячей и холодной водой. На каждой палубе действует душ. Палуба — это этаж. Есть система кондиционирования воздуха. Она спасает от жары и духоты в тропиках. Эти понятия для экипажа «Академика Курчатова» просто не существуют. Если иногда и есть шутливые жалобы, то на холод, а не на жару. Корабельная система кондиционирования позволяет поддерживать температуру и влажность воздуха на уровне, наиболее благоприятном для человеческого организма. Понятия эти, естественно, несколько различны для людей, выросших на разных широтах. Для нас приятная влажность находится в пределах 50—60%, температура 22—24°С. Примерно те же значения хороши и для электронной аппаратуры. Кстати сказать, электронная аппаратура, особенно сложная, пожалуй, более чувствительна к климатическим условиям, чем человек. Человек потоскует, может быть, немного побо-

леет, но обычно в конце концов привыкает, акклиматизируется. А электронная аппаратура не обладает свойствами акклиматизации и при не подходящем для нее климате выходит из строя. Попробуйте-ка поместить в тропическом климате современную электронно-вычислительную машину. Ничего не получится, машина быстро выйдет из строя. А на «Академике Курчатове» она прекрасно работает с 1967 г. Это возможно только благодаря наличию системы искусственного климата. В помещении вычислительного центра постоянно поддерживается влажность в пределах 50—60%, температура держится около 20 °С.

Осадка судна определяет глубину погружения его корпуса в воду. Отсчет ведется от ватерлинии вниз. **Ватерлинией** называется линия, отмечающая уровень, по которой корпус судна сидит в воде. Если продолжить сравнение судна с домом, то осадка — это глубина заложения фундамента дома. Для плавания по мелководью нужны суда с небольшой осадкой. Иначе киль судна будет задевать за подводные препятствия на дне. Но суда с малой осадкой обычно не отличаются высокой мореходностью. Мореходные суда имеют большую осадку. У судов серии «Академик Курчатов» она около 6 м. Это — большая осадка, поэтому надо быть особенно осторожным, подходя к берегу. Если глубина места будет равна осадке, ваше судно окажется на мели. Это скверно. Но самое худшее, конечно, пробить днище своего судна. Не зря ведь моряки, провожая товарища в морской поход, обычно желают ему иметь не меньше трех футов под килем. А то и все семь!

Не менее важна высота надводного борта. Этот размер важнее, чем высота потолка в квартире. Дело в том, что высота борта над водой определяет не только размеры, но и мореходность судна. Если борт низкий, то волны будут гулять по палубе. Высота главной палубы над водой у судов типа «Академик Курчатов» около 7 м, а нос — и того выше. Это много. И все же в хороший

шторм волны гуляют и там. В таких случаях по приказу капитана двери на наружные палубы задраиваются.

Когда вы (точнее — ваши родители) получаете квартиру в новом доме, ее вес никого не интересует. А вот для судна, которое моряки называют своим домом, полный вес очень важен, его называют водоизмещением.

Водоизмещение судна для каждого моряка — одна из самых важных характеристик. Она определяет объем судна. Узнает моряк, сколько тонн водоизмещения имеет то или иное судно, и сразу ему понятно, большое оно или маленькое. Как будто площадь квартиры ему сообщили.

Суда серии «Академик Курчатов» имеют водоизмещение около 6800 т. Большое водоизмещение позволяет свободно разместить научные лаборатории и создать необходимый комфорт для личного состава. В сущности говоря, суда эти — плавучие институты, точнее, плавучие отделения Института океанологии (и других институтов, владеющих ими).

Важно также знать дейдвейт судна. **Дейдвейтом** называется суммарный вес нагрузки, которую может принять данное судно. Сюда входят: вес полезного груза, вес топлива, вес воды и вес всех запасов, т. е. вес продовольствия и технического снабжения. Зная водоизмещение и дейдвейт, вы можете вычислить вес корпуса судна по формуле:

водоизмещение судна - дейдвейт судна = вес корпуса.

Основная полезная нагрузка для научно-исследовательского судна — научное оборудование и приборы. Флагман советского научно-исследовательского флота «Академик Курчатов» имеет 26 отлично оборудованных современных лабораторий и две библиотеки, общую и научную. И несколько мощных лебедок. Самая большая из них занимает целый носовой отсек на главной палубе. На самой нижней палубе находится вычислительный центр.

Мощность главных двигателей является также очень важной характеристикой каждого судна. Главные двигатели (или двигатель) — это те, которые работают на винты. Люди всегда хотели двигаться побыстрее. Поэтому мощность главных двигателей на судах непрерывно возрастает.

Различают максимальную скорость судна и скорость крейсерскую, т. е. обычную эксплуатационную. Суда, как и автомашины, редко развивают максимальную скорость. Обычно они движутся с некоторой скоростью меньше максимальной. Крейсерская скорость соответствует наиболее выгодному режиму с точки зрения расхода топлива и износа двигателя.

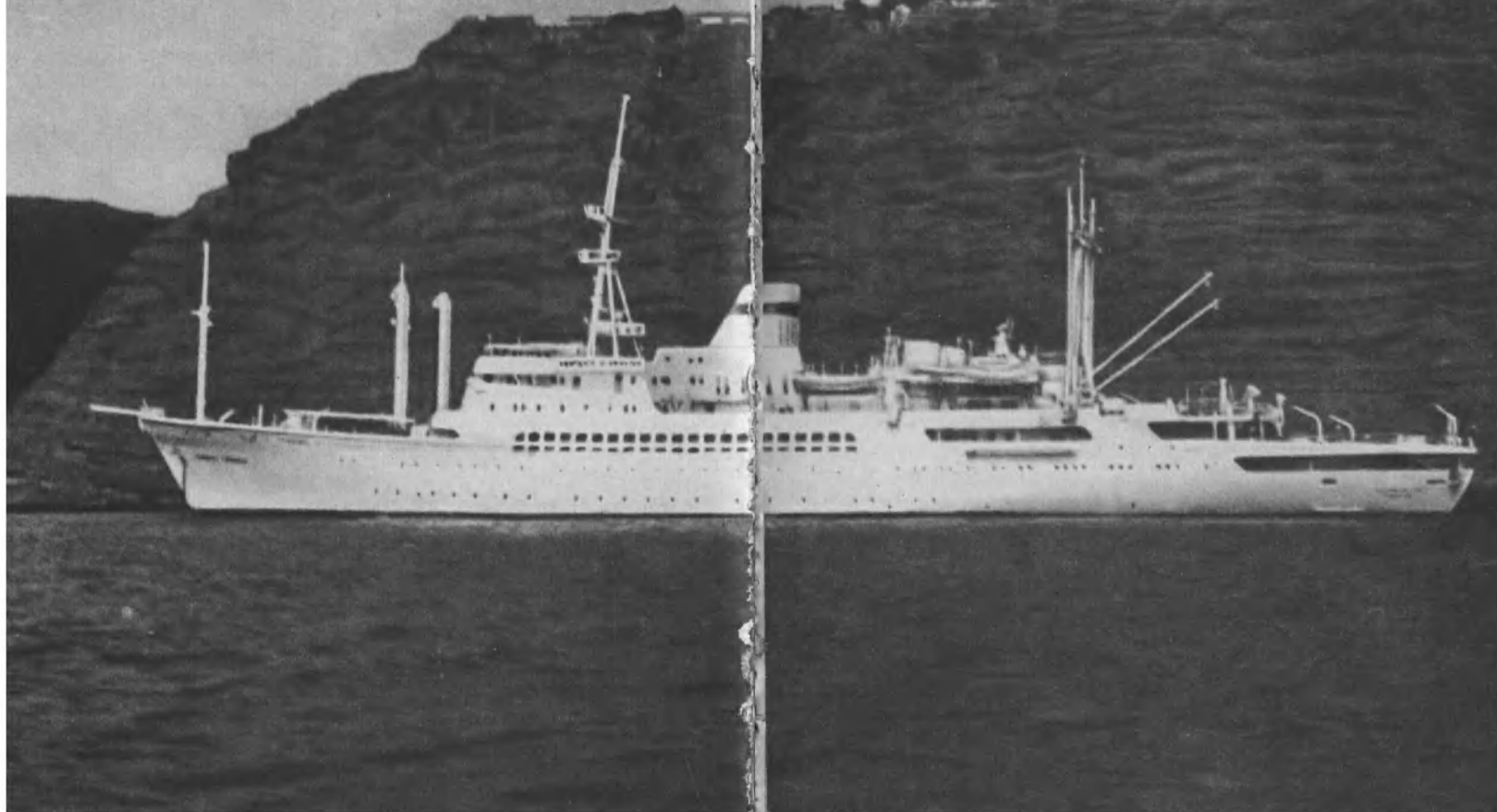
Необходимо отметить, что скорость судна зависит не только от мощности его главных двигателей, но также и от качеств его корпуса. При одном и том же водоизмещении и одинаковой мощности главных двигателей скорости двух судов могут быть различными. Судно, у которого корпус спроектирован лучше, имеет меньшее сопротивление при движении в воде и пойдет быстрее.

«Хороший ходок!» — скажут про такое судно бывалые моряки. Ходкость — одно из ценнейших качеств всякого судна.

Спрашивается, а зачем нужна большая скорость научно-исследовательскому судну? Ведь ходило же первое советское научно-исследовательское судно «Персей» со скоростью 6—7 узлов. Это была его крейсерская скорость, а максимальная скорость была всего около 8 узлов. Несмотря на это, «Персей» отлично плавал в холодных северных морях и выполнял там важные работы. Почему же теперь подобная скорость считается недостаточной? Ответ простой — значительно расширился район исследований. Советский флот вышел в океан. А чтобы добраться до наименее изученных удаленных уголков Мирового океана и не потратить на дорогу слишком много времени, необходима высокая скорость судна.

Научно-исследователь-
ское судно
«Академик Курчатов».
Фотография сделана
на рейде Джемстауна,
порта и столицы
острова Св. Елены.

Во время экспедиций
научно-исследователь-
ские суда заходят
для пополнения запасов
воды, продовольствия
и топлива в самые
отдаленные порты.



«Академик Курчатов» ходит со скоростью до 17—17,5 узлов, его максимальная скорость — 18,2 узла, т. е. почти 34 км/ч, втрое больше, чем у «Персея». Мощность его главных двигателей равна 8000 л. с. Да еще установлено пять вспомогательных дизель-генераторов по 500 кВт каждый, всего 2500 кВт. Подобные силовые установки стоят на всех судах этой серии. А для обслуживания есть специальная служба главного электромеханика. С такой скоростью за 8—10 суток можно дойти до весьма удаленных районов любого океана и, выполнив там необходимые исследования, быстро вернуться обратно. Вся экспедиция займет 3,5—4 месяца. За этот срок удастся выполнить большую работу, а участники экспедиций не очень устают и не отрываются от дома на слишком большой срок.

Кстати, он не безграничен, этот срок. При разработке маршрута экспедиции приходится считаться не только с человеческой выносливостью, но и учитывать возможности судна. Каждое морское судно может пройти без пополнения запасов топлива, воды и продовольствия только определенное расстояние. Оно обычно называется **автономностью** плавания данного судна. Для научно-исследовательских судов, специально приспособленных к длительному пребыванию в море, автономность достаточно велика. Суда типа «Академик Курчатов» имеют автономность плавания около 20 000 миль. В километрах автономность составит 36 500 км — почти вокруг света по экватору.

Чтобы свободно совершать такие переходы, не слишком опасаясь встречи со штормами и тайфунами, научно-исследовательское судно должно обладать высокой мореходностью. Суда типа «Академик Курчатов» обладают этим качеством.

Мореходность — это комплексное понятие, определяющее способность данного судна плавать в морских условиях. Кроме отмеченных уже выше основных технических характеристик судна мореходность характе-

ризуется также и его остойчивостью. **Остойчивостью** называется способность судна возвращаться в начальное положение равновесия. Например, если вы станете на борт обычной прогулочной лодки, она тут же перевернется, и вы окажетесь в воде. То же самое легко может случиться, если вы подставите эту лодку бортом к волне от проходящего мимо большого теплохода. Вряд ли надо пояснять, что остойчивость подобной лодки явно недостаточна. Если те же опыты вы проделаете с более остойчивой лодкой, например с морской спасательной шлюпкой, то можно поручиться, что ничего подобного не случится. Инженеры характеризуют остойчивость высотой так называемого **метацентра**. Для мореходных судов эта величина должна быть достаточно высокой. Но не слишком. Иначе качка будет чересчур резкой.

Существенными характеристиками каждого судна являются **непотопляемость** и **плавучесть**. Плавучесть характеризуется способностью судна держаться на воде при частичном заполнении его корпуса водой. Вода может попасть в корпус при аварии. Чтобы вода не залила весь корпус судна, он обычно разделяется на несколько частей, изолированных друг от друга водонепроницаемыми переборками. Эта предосторожность одинаково применяется при постройке как больших, так и маленьких судов.

Научно-исследовательские суда типа «Академик Курчатов» также имеют водонепроницаемые переборки. А в них массивные стальные двери, герметически закрывающиеся по команде с главного пульта на капитанском мостике.

Несколько слов о маневренных элементах судна. «Академик Курчатов» (и другие суда этой же серии) в этом отношении — необыкновенное судно. Однажды во время его первого испытательного рейса при входе в иностранный порт дежурный лоцман попросил капитана подождать, пока подойдут буксиры. Они, мол,

помогут развернуться вашему большому судну в тесном порту. Но наш капитан только улыбнулся... и нажал кнопку. Заработали особые подруливающие устройства. И «Академик Курчатов»... пошел лагом, т. е. бортом. Да, да, бортом. Старый лоцман был удивлен несказанно. В порту — сенсация! Разве могли раньше какие-нибудь другие суда так ходить? А вот «Академик Курчатов» может! Для этого у него есть мощные электродвигатели с гребными винтами, установленные в особых трубах по бортам, на носу и корме (конечно, ниже ватерлинии). Это очень удобно при маневрировании в тесных портах. Но еще более важно при проведении измерений на больших глубинах, когда в море опущены длинные тросы с приборами на конце. Обычно тросы не уходят вертикально вниз, а идут под некоторым углом к вертикали из-за дрейфа судна. Чем сильнее дрейф, тем больше угол наклона троса отличается от вертикали. А при большом угле можно не только дна не достать, но и до нужных глубин не добраться. Включение подруливающих устройств позволяет устранить нежелательный дрейф судна и поэтому облегчает проведение измерений в море.

Все суда серии «Академик Курчатов» имеют активный руль. Это означает, что на пере руля каждого судна установлен ходовой винт с электродвигателем мощностью в 300 кВт. Получается что-то вроде гигантского подвесного электрического мотора. Благодаря активному рулю судно может поворачиваться и даже двигаться при неработающих главных машинах. Наличие такого необычного руля очень облегчает маневрирование в узкостях.

Не боится «Академик Курчатов» и штормов. Для борьбы с бортовой качкой на нем установлены динамические стабилизаторы. Достаточно их включить, и качка прекращается, как по мановению волшебной палочки! Сразу перестанут падать тарелки и стаканы со стола в кают-компаниях, успокоятся все приборы в лабо-

раториях, перестанут двигаться вещи в каютах, и все облегченно вздохнут. Из бортов судна в подводной части после соответствующей команды (нажима специальной кнопки) выдвигаются особые крылья — стабилизаторы. Они не остаются неподвижными, а отрабатывают так, чтобы уничтожить крен судна от набегающих волн. Действие их очень похоже на работу элеронов. Кто летал на самолете, тот, наверно, видел, как работают элероны.

Элеронами на самолете управляет летчик или автопилот. На «Академике Курчатове» стоит специальный автомат, управляющий работой стабилизаторов. И мощные электромоторы,двигающие каждый «крылышком» (70 кВт — на каждое). Всего их две пары: одна на носу, другая в корме.

Отличие еще и в том, что судовые стабилизаторы на ходу не видны, они скрыты слоем бурлящей от волн морской воды. Но поразительные результаты их работы все ощущают немедленно.

«Измеряй все поддающееся измерению и сделай таким все, не поддающееся измерению!» — этот девиз, приписываемый Галилею, не потерял своего значения и в наше время. Скорее, даже наоборот — он приобрел большую актуальность. Особенно в океанологии.

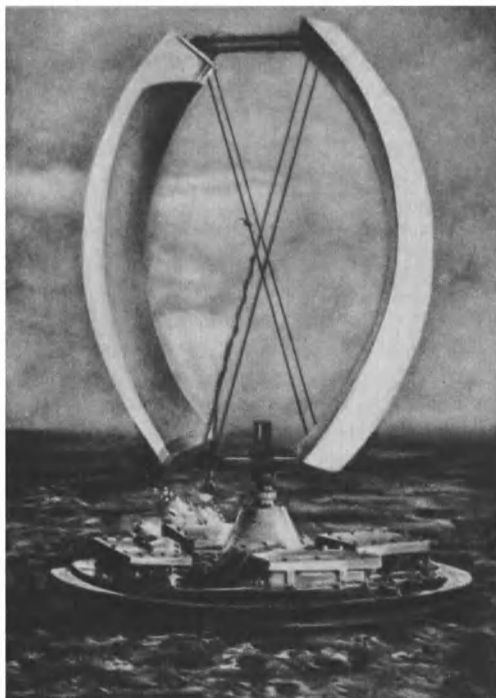
Чтобы пояснить эту мысль, разделим завет Галилея на два вопроса. Первый: измеряем ли мы в океане все, что можно измерить? Ответ отрицательный: нет, еще не все измеряем. Далеко не все. Причины этого различны. Например, современная техника позволяет с достаточно высокой точностью измерять волны на поверхности океана в любой его точке. Также и скорость ветра над ним. Теория позволяет рассчитать высоту волн по силе ветра, а также время их развития после неожиданного усиления ветра. Несмотря на все это, «Уорлд Глори» погиб. Пример этот не единичный. Почему же гибнут суда? Одна из причин — в отсутствии необходимой информации. Нельзя сказать, чтобы капитан «Уорлд Глори» совсем не имел информации. По радио он получил штормовое предупреждение и потом еще дополнительное сообщение об усилении ветра. Но он, наверное, надеялся на свое судно и не знал, что его встретят волны-убийцы. Информацию о высоте волн в отдаленных районах никто не передает. Ее нет. Такое же положение наблюдается и во многих других частях Мирового океана. Только редкие корабли погоды занимаются необходимыми измерениями. Но кораблей погоды мало. И вряд ли будет много — они дороги. Где же выход? Видимо, в создании глобальной системы сбора океанографической информации с помощью спутников Земли. Для реализации этой идеи в различных районах Мирового океана должны быть установлены **автоматические буйковые станции**. Из трехсот буйко-

вых станций и трех спутников будет состоять система глобального наблюдения океана и атмосферы.

Многочисленные датчики на каждой станции будут собирать всю необходимую информацию о физических параметрах океана и приповерхностного слоя атмосферы. Эта информация по радио будет считываться спутниками и передаваться ими в центр обработки данных. В случае получения тревожных данных по радио будут передаваться извещения мореплавателям. Разработкой этого проекта, известного под названием ОГСОС, занимается Межправительственная Океанографическая Комиссия (МОК) ЮНЕСКО совместно с Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО). ОГСОС означает **объединенная глобальная система океанических станций**. Впрочем, в нее будут входить не только автоматические буйковые станции. Информация будет собираться и с береговых и островных станций, плавучих маяков, кораблей погоды и дрейфующих станций на льду в ОГСОС будут поступать попутные наблюдения с судов и самолетов. Для обеспечения запросов науки и практики будут измеряться скорости течений, температура и электропроводность воды, характеристики ветровых и внутренних волн, параметры турбулентности, оптические свойства воды, приливные волны, ледовые условия. И, возможно, многие другие параметры, надобность в которых будет выясняться по мере развития знаний об океане и совершенствования системы ОГСОС.

Советский Союз имеет в МОК своих представителей. Разработка проекта ОГСОС находится в начальной фазе — работы ведутся пока лишь в рамках национальных программ. Реализация этого проекта вызывает много трудностей.

Начать хотя бы с громадного количества информации. Глобальная система будет выдавать, по ориентировочной оценке, около 10^{10} бит информации в сутки. Обработка и хранение такого большого количества информации потребует новых вычислительных машин



Это «СКЭМП», автоматический океано-графический буй, управляемый спутником. С помощью парусов он способен выходить в заданный район океана для исследований и оставаться там нужное время, передавая на спутник всю информацию, собираемую с помощью различных датчиков. Обратите внимание — его белые паруса совсем не похожи на те, которые мы привыкли видеть на яхтах и шверботах.

с высоким быстродействием и большой емкостью запоминающих устройств. Современная синоптическая карта северного полушария содержит только 10^5 бит. Имеется и множество других вопросов, начиная хотя бы с выбора наиболее выгоднейшего водоизмещения и формы самих буюв, способа их постановки на якорь, выбора материала для якорных тросов, энергоснабжения, выбора оптимальных датчиков и т. д. Часть этих вопросов, конечно, уже решена или решается. Но можно не сомневаться, что в этой новой области наверняка останется нерешенным целый ряд интересных

вопросов для тех наших читателей, которые пожелают заняться этим делом.

Недавно появилось новое средство для исследования океанов. Речь идет о паруснике-роботе «СКЭМП», разработанном одной американской фирмой для океанографических исследований. «СКЭМП» представляет собой дискообразный буй диаметром 2,75 м. В центре его имеется вал, на котором закреплены два изогнутых жестких паруса-крыла общей площадью 4,68 м². Между жесткими парусами натянута антенна. Под дном буя находятся два киля и две пары рулей. Людей на бую нет. Все управление им производится по радио со спутника. На спутнике есть небольшая электронная счетная машина, которая и управляет движением робота по заданной программе. В зависимости от программы буй движется по определенному курсу или остается на одном месте. Электронная счетная машина выполняет роль рулевого парусника! Это новая специальность для электронной счетной машины. На «СКЭМПе» установлены различные датчики, информация от которых передается по радио на спутник. Паруса приобрели новую специальность, вполне соответствующую космическому веку.

Испытываются и другие телеметрические буи, значительно большего размера, предназначенные для установки на якорю.

Автоматическим станциям того или иного типа, несомненно, принадлежит большое будущее в изучении изменчивости Мирового океана.

Проект ОГСОС — пример того, что решение проблемы связано с крупными организационно-техническими мероприятиями международного характера. Но есть важные дела, которые на первый взгляд кажутся более простыми. Но на самом деле очень сложны.

Океан диктует свои условия любому прибору, предназначенному для его изучения. И с ними необходимо считаться, иначе прибор не будет работать. Иногда эти

требования просты и понятны. Например, воздействие гидростатического давления. Конечно, вы помните основной закон гидростатики. На каждые 10 м глубины давление в океане возрастает примерно на 1 атм. На 100 м — на 10 атм, на 1000 м — на 100 атм. А на предельных глубинах океана (более 10 000 м) давление выше 1000 атм. Там на каждый квадратный сантиметр давит сила более тонны. Из-за этого страшного давления раньше ошибочно считалось, что никакая жизнь на больших глубинах невозможна. А в январе 1960 г. Жак Пиккар увидел на дне Марианского желоба живую рыбу и креветку.

Марианская впадина — самое глубокое место в Мировом океане. Разумеется, Жаку Пиккару пришлось опуститься туда. Сделал он это на батискафе «Триест», изобретенном его отцом, профессором Огюстом Пиккаром в 1905 г. Жака Пиккара называют капитаном Немо нашего времени.

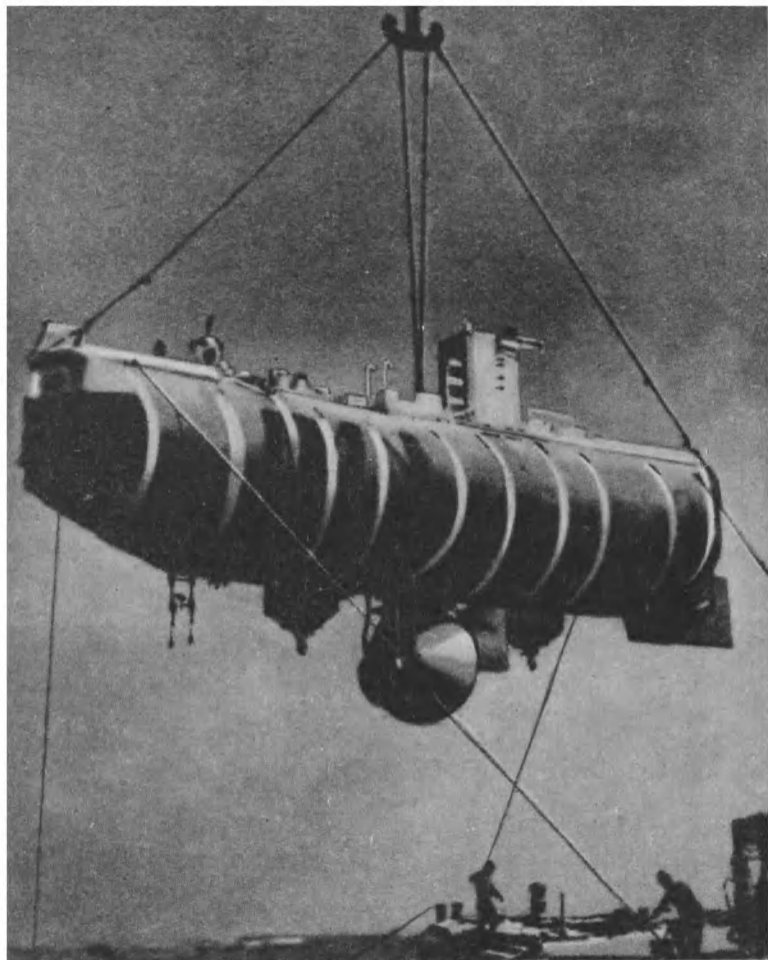
Чтобы гидростатическое давление не повредило хрупкую измерительную аппаратуру, необходимо защитить ее прочным кожухом. Конструкторы научились конструировать прочные кожухи, надежно защищающие аппаратуру от гидростатического давления.

Второй пример — влияние повышенной влажности морского воздуха. Повышенная влажность вызывает понижение сопротивления изоляции, утечки, пробой и, как следствие, — отказы измерительной аппаратуры. Чтобы избавиться от нежелательного воздействия, необходимо ставить осушительные патроны, следить за их своевременной заменой.

Часто океан выдвигает новые требования, разгадать которые сразу не так просто. Нередко случается, что новый прибор, как будто отлично отработанный в лаборатории на суше, вдруг отказывает в океане. Чаще всего из-за того, что при его разработке не учли что-то известное, но казавшееся мелочью, недостойной внимания. А может быть, и нечто совершенно новое. Напри-

Модернизированный батискаф
«Триест».
На этом батискафе

Жак Пиккар
опустился на дно
Марианского
желоба.



мер, когда мы впервые стали применять для измерения в море датчики гидродинамического давления, то они нередко отказывали из-за обрастания баянусами. Так называется крохотное морское животное. Само оно малоподвижное, но его личинки плавают в морской воде. Зацепившись за прибор, личинка сейчас же строит себе известковый домик размером чуть больше булавочной головки. Число таких домиков быстро возрастает. Когда слой их становится достаточно большим, измерительная система прибора перестает правильно работать... Так мы столкнулись с проблемой обрастания. Проблема обрастания не новая проблема. С ней давно познакомились моряки. Но удовлетворительного решения ее нет до сих пор. Сверкающее свежей краской новое судно после плавания в течение нескольких месяцев обрастает толстым слоем. Он состоит из различных животных и растений — обрастателей. Слой обрастателей замедляет ход судна. Чтобы двигаться с прежней скоростью, приходится тратить больше горючего. Это вызывает большие потери. Для уменьшения обрастания подводную часть судов красят особыми красками, ядовитыми для обрастателей. Помогает, но не очень. Приходится морякам периодически ставить свои суда в док и очищать корпуса. Потом необходимо заново окрашивать. Это стоит дорого. Пробовали применять против обрастания корпуса судов ультразвук. Он помогает только при достаточно высоких мощностях облучения. Но ведь не заставишь же непрерывно вибрировать весь корпус судна. Как только вибрация прекращается, обрастатели тут как тут. Тем более трудно было применить этот способ для маленького прибора — датчика. Стали его вынимать почаще и погуще мазать солидолом. Но баянусы и другие виды обрастателей продолжают о себе напоминать. Измерительные гидрометрические вертушки при длительных остановках в океане подвержены обрастаниям, понижающим точность измерения. Надежного средства борьбы с ними нет.

Но иногда бывают случаи и похуже. Например, кто-то как острым ножом перерезает толстый стальной трос, на котором висит целая серия дорогих вертушек в океане. Остается на поверхности один буй с обрывком троса... Есть подозрение на акул. Чтобы прояснить этот вопрос, американские исследователи 10 дней морили голодом акулу, а потом подсунули ей динамометр. Он был искусно замаскирован под приманку. Впрочем, наверное, большого искусства в маскировке здесь не требовалось. В океане акулы охотно хватают чуть не голые крючки. Динамометр акуле предложили со всеми предосторожностями, на стальном тросе. Акула с жадностью вперила в «угощение». Потом, когда динамометр вынули и разобрали, то оказалось, что давление челюстей акулы на прибор составило 2460 кг/см^2 . Такая рыбка, конечно, может перекусить трос. Каждая вертушка стоит около 1000 рублей, а в серии их может быть добрый десяток... Как бороться с акулами?

Подобные неожиданности постоянно возникают при измерениях в океане. Конечно, не всегда они носят столь экзотический характер, как в случаях с баянсами или с перерезанием троса. При измерениях в океане постоянно встречается много трудностей технического характера, связанных с особенностями измерения, и в первую очередь с влиянием качки судна, рысканием буксируемых за судном гондол с измерительной аппаратурой и вибрацией кабель-троса, к которому она прикреплена. Все эти нежелательные явления создают помехи, затрудняющие исследование малых изменений различных физических полей в океане.

Применяя общепринятую терминологию, надо сказать, что речь идет о регистрации турбулентных пульсаций. Именно так называются небольшие случайные изменения различных физических полей в самом океане и над ним. Пример — ветер. Если даже кажется, что он дует ровно, то чувствительный прибор всегда покажет, что сила ветра не остается строго постоянной, а

немного изменяется то в большую, то в меньшую сторону. То же самое происходит и с любым другим физическим полем в океане, например: со скоростью течения, с температурой его воды, электропроводностью, скоростью звука в воде, — словом, с любым физическим параметром. Турбулентные пульсации играют исключительно важную роль в современной физике. Но детальное изучение турбулентных процессов в океане развернулось лишь в последнее десятилетие. Причина — в трудностях морских измерений. Так как амплитуда турбулентных пульсаций обычно мала, то к специфическим трудностям необходимо еще прибавить обычные затруднения, которые испытывает измерительная техника при регистрации малых сигналов, когда порог чувствительности определяется собственными электрическими помехами (шумами) измерительного прибора. В инфразвуковой части спектра шумы особенно велики. А большинство колебательных процессов, протекающих в морях и океанах, по своей частоте как раз относится к этой области спектра.

Но гораздо больше нового и неизведанного во втором вопросе, относящемся к девизу Галилея. Второй вопрос можно сформулировать так: осталось ли что-нибудь еще не поддающееся измерению в Мировом океане? Что-нибудь такое, что могло бы принести пользу? Но пока мы не знаем, как это сделать.

Ответ, безусловно, положительный: да, осталось, и очень много. Бесконечно много. Будущим исследователям и морякам не грозит безработица.

Для всестороннего изучения океана необходимы новые приборы. Создание их — важная задача. Пример — ученые еще не научились прямо измерять плотность воды в океане. Плотность воды — один из ее важнейших физических параметров. Но в морской практике еще нет прибора, которым ее можно было бы измерить прямо, т. е. непосредственно в океане, от поверхности до дна. Поэтому широко применяются кос-

венные методы измерения. Наиболее распространенный косвенный способ определения плотности — по измерениям температуры и солёности воды или, более новый, по измерениям температуры и электропроводности воды. Но всем косвенным способам измерения свойственна повышенная погрешность. Есть и другие соображения, по которым хотелось бы прямо измерить распределение плотности в океане. Но пока никому еще не удалось создать удовлетворительный прибор для этой цели. Многие физические процессы остаются пока недостаточно изученными из-за отсутствия подходящих датчиков. Или их нет — никто еще не изобрел, или они только-только появились. И их нужно опробовать в море.

Впрочем, иногда открытия делаются и с помощью старых, давно известных приборов, но применяемых по новой методике.

Вот еще пример. Два десятка лет назад физические измерения в море производились исключительно с борта экспедиционных судов. Буйковых станций еще не было. Считалось, что на больших глубинах течений нет, следовательно, и измерять нечего. Поэтому принималось, что гидрометрическая вертушка, опущенная на тросе в глубину океана на несколько сотен метров, регистрирует только собственный дрейф судна. Разница в показаниях этой вертушки с показаниями других вертушек на верхних горизонтах (там-то наличие течений было очевидно!) принималась за истинную скорость течения в исследуемой точке. Кажется, все было просто и ясно. Однако теперь океанологи знают, что на самом деле все обстоит не так. В глубинах океана обнаружены мощные течения. Целые системы течений охватывают Мировой океан. Кстати, там они мало изучены. Изучение течений продолжается. Открываются новые и иногда совершенно неожиданные факты.

Немного об измерениях вообще о влиянии качки

Что такое измерение? Ответ на этот вопрос поможет нам разобраться в особенностях измерений в море.

«Измерение есть процесс получения информации, заключающейся в сравнении опытным путем измеряемых и известных величин или сигналов, выполнении необходимых логических и вычислительных операций и представлении информации в числовой форме».

С этой точки зрения всякая морская экспедиция — это поход для сбора информации. И вот тут-то море себя и показывает, иногда совершенно лишая исследователя возможности произвести те или иные измерения.

В океане труднее производить все измерения, и одна из основных причин — влияние качки судна. Ведь когда научно-исследовательские суда типа «Академик Курчатов» не двигаются, их динамические стабилизаторы не действуют. Они потому и называются динамическими, что обретают силу только на ходу судна. Стабилизаторы хорошо справляются с бортовой качкой. А килевая качка остается. Как только судно теряет ход, качка обычно усиливается. Если, конечно, нет полного штиля. А это не так уж часто бывает в океане.

Качка судна влияет на точность измерений по-разному. Наиболее простой случай — инерционные усилия, возникающие от качки, воспринимаются подвижными системами чувствительных измерительных приборов. В результате стрелки приборов ведут себя (в механическом отношении) примерно так же, как и люди. Попробуйте-ка пройти по палубе судна во время качки прямо — не получится. Невидимая сила инерции обязательно столкнет вас с прямого пути. Примерно то же происходит и с подвижными системами приборов. При достаточно сильной качке их стрелки отклоняются и в

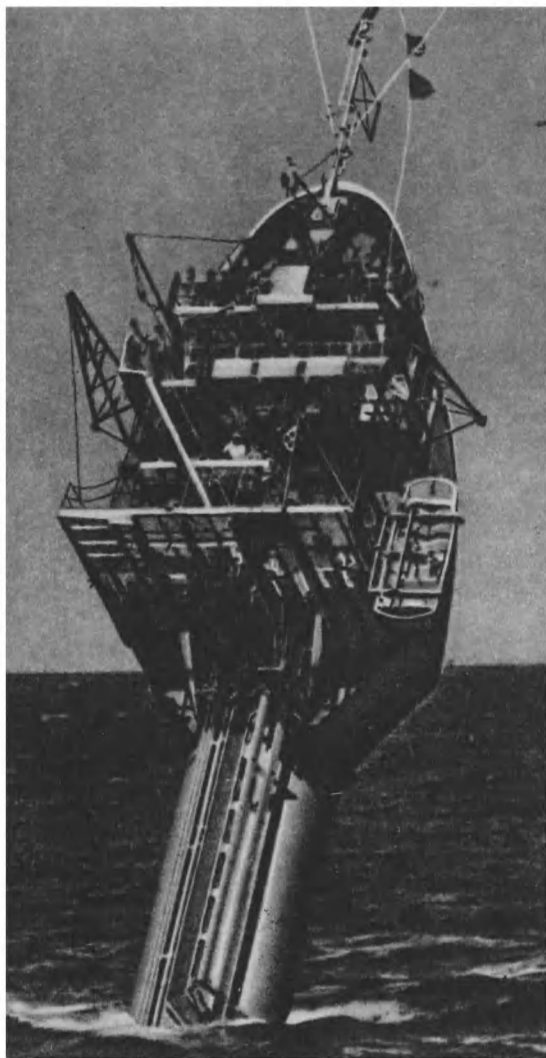
отсутствие измеряемых сигналов. В результате могут возникнуть столь большие погрешности, что измерение потеряет смысл.

Как известно, погрешностью называется разность между измеренным и истинным значением измеряемой величины. Нельзя полностью учесть или исключить все погрешности при измерениях. Поэтому важно уметь оценить влияние погрешностей на результаты измерений. И это не всегда легко сделать.

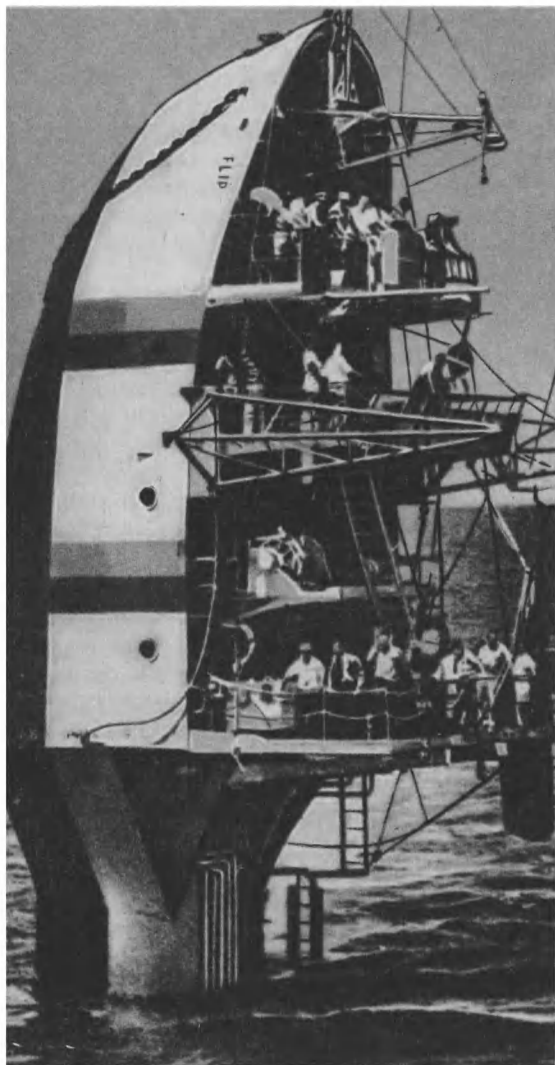
Предел практически достижимой точности измерений ограничен погрешностью воспроизведения эталонных величин. Например, нельзя измерить силу тока в какой-нибудь цепи с погрешностью менее $4\text{—}6 \cdot 10^{-4}\%$. Это невозможно потому, что примерно такова погрешность воспроизведения единицы силы тока — ампера. Единица электрического сопротивления (Ом) воспроизводится с погрешностью около $10^{-4}\%$, а частота — с погрешностью порядка $5 \cdot 10^{-9}\%$ или менее. Кстати, сравнение этих цифр показывает выгоду частотных методов измерения, особенно в морских условиях.

С развитием измерительной техники наблюдается тенденция к замене чувствительных гальванометров на менее чувствительные приборы, но с более «жесткой» подвижной системой, менее подверженной влиянию качки. Недостаток чувствительности компенсируется применением электронных усилителей. Или ведет к полному отказу от измерительных приборов с подвижной механической системой. Применяв на выходе измерительной системы современный цифровой прибор, можно не опасаться влияния качки на его показания.

Затруднение состоит, однако, в том, что иногда сам датчик, воспринимающий изменения изучаемого параметра, имеет подвижную систему, чувствительную к влиянию качки. Пример — кварцевые травиметры. Собственный период колебаний их подвижной системы может достигать нескольких секунд. А период собственных колебаний большого судна типа «Академик Курча-



Это не фотография кораблекрушения. Люди, столпившиеся на корме, не собираются спасаться — они готовятся работать. На фотографии — буй «Флип» в момент установки в рабочее положение — носовая часть буя ушла под воду, но корма еще не встала вертикально.



Тот же «Флип»
в рабочем
положении.
Теперь
можно
начинать
измерения.

тов» — около 10 с. Чем ближе период собственных колебаний подвижной системы такого прибора к частоте возмущающей силы (в данном случае — к качке судна), тем сильнее влияние качки и больше погрешность измерения. При совпадении собственных частот колебаний подвижной системы измерительного прибора и частоты качки судна возникнет резонанс. Тут уж будет не до измерений. Как же быть? Очевидно, нужно принимать какие-то особые меры, чтобы исключить влияние качки.

Есть множество датчиков, не имеющих никакой подвижной измерительной системы. Например, терморезистор, представляющий собой крупинку полупроводника размером с булавочную головку. Такие датчики часто применяются в океане при измерениях средних значений и пульсаций температуры воздуха и воды.

Есть качка или нет ее, электрическое сопротивление терморезистора от этого не изменится. Казалось, пусть качается, лишь бы правильно показывал пульсации температуры. Но вот этого-то как раз и нельзя получить.

Перемещение датчиков в пространстве из-за качки приводит к значительным погрешностям. Они возникают за счет изменения под влиянием качки ориентировки датчиков в пространстве и неконтролируемого перемещения датчиков по вертикали. Например, при амплитуде качки судна в 2 м по вертикали погрешность в измерении пульсаций температуры может достигать 29%. При тех же условиях погрешность измерения вертикальных пульсаций ветра превышает 90%.

Качка — серьезный враг точных измерений в океане. Как же с ней борются?

Мы видим, что изучение многих тонких физических процессов в морях и океанах требует наличия неподвижной точки. Она необходима для того, чтобы закрепить измерительные приборы. А где взять неподвижную точку в море, если само судно качается? И все

связанные с ним непосредственно или через трос или кабель приборы тоже качаются.

Чтобы исключить влияние качки на результаты измерений, применяют различные способы. Например, в мелководных районах моря ставят на дно специальные вышки или платформы. На них удобно поместить измерительную аппаратуру и разместиться наблюдателям. Ученые часто используют также для этих целей нефтяные вышки. В связи с поисками нефти на прибрежном шельфе в морях появилось много вышек. Использование вышек для измерений во многих случаях удобно, но проблемы полностью не решает. Вышку ведь не поставишь в открытом океане.

Интересным решением этой проблемы для открытого моря служит французская буй-лаборатория, которая получила мировую известность. Гигантская труба, почти на 80% погруженная в воду, практически не качается. На этом буге удобно работать. Но буй-лаборатория — сложное и дорогое сооружение, приспособленное для длительной стоянки на якоре. В экспедицию в отдаленный район океана его с собой не отбуксируешь.

По-другому подошли к решению этой задачи американские ученые. Они построили знаменитый «Флип» — буксируемый буй. Он удобен тем, что его можно отбуксировать куда нужно. Буй этот похож на трубу. Но только пока движется. А как только останавливается, то... начинает тонуть! Однако не полностью. Кормовая часть остается над водой — в вертикальном положении, практически не качаясь. Как раз это-то и требуется для многих исследований. В кормовой части размещена лаборатория, где и работают исследователи. Чтобы не ощущать неудобства при переходе из горизонтального положения в вертикальное, все оборудование лаборатории буя выполнено на карданных подвесах. Сразу не скажешь, каким снарядом этот буй следует считать — надводным или подводным.

Белым цветом на картах окрашивают, как известно, те места, о которых нет данных. Но откуда взяться белым пятнам на современной морской карте? Ведь давно закончился на Земле период Великих географических открытий. Современный мореплаватель не может рассчитывать на открытие нового континента или хотя бы острова. Изредка в печати проскальзывает сообщение об обнаружении нового крохотного островка вулканического происхождения. Обычно за ним следует и второе сообщение: об исчезновении «новорожденного» — его уничтожили те же вулканические силы.

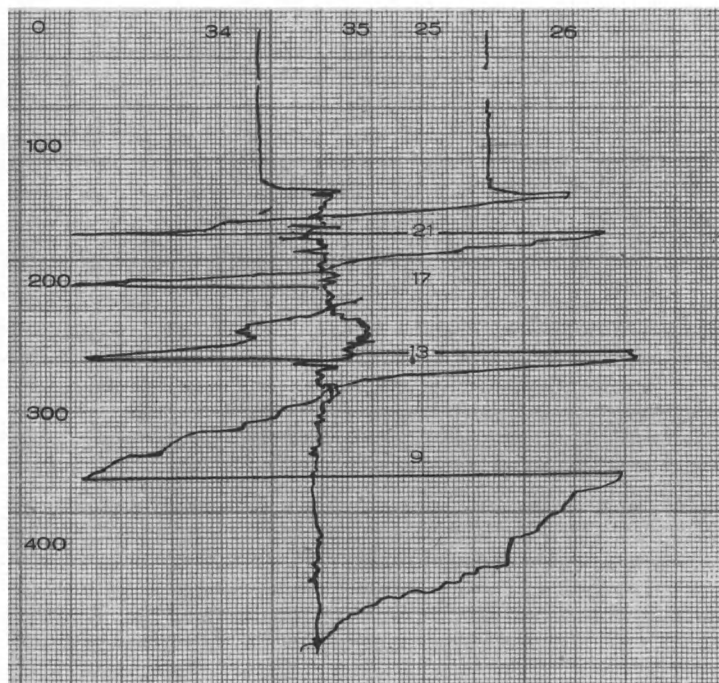
Единственное географическое открытие, которое еще можно сделать в наше время, — это открыть подводную гору. Такие открытия иногда случаются. Обширное дно Мирового океана еще не все нанесено на детальные карты. Но все же сколько-нибудь крупных белых пятен на нем уже не осталось. Если и возможны пятнышки, то в масштабе горы, их на картах не рисуют.

И все же недавно исследователи убедились в существовании белого пятна на морских картах. Речь идет об открытии микроструктуры в океане.

В 1965 г. американский ученый Генри Стоммел и советский ученый Константин Федоров совместно проводили испытания нового американского прибора для регистрации температуры и солености вод океана. Работали они в Тихом океане, между островами Минданао (Филиппины) и Тимор (Индонезия). Прибор опускался в море на тросе. Однажды исследователей удивила только что полученная запись. Она имела необычный вид. Вот посмотрите на рисунок, где воспроизведена ее фотография. На глубине 135 м, там, где окончился перемешанный слой океана и температуре воды полагалось начать уменьшаться с глубиной, прибор вдруг

Одна из первых записей, характеризующих микроструктуру океана.

Получена Г. Стоммелом и К. Федоровым в 1965 г.



записал повышение ее на целых $0,5^{\circ}\text{C}$. Около 10 м по вертикали длилось это аномальное повышение температуры. Потом температура воды, как ей и полагалось, начала резко падать.

Чтобы понять удивление исследователей, надо сказать, что в любом курсе океанографии тех лет о распределении температуры в океане по вертикали можно было прочесть примерно следующее.

Первоначально от поверхности вглубь идет верхний, перемешанный слой. В этом слое температура воды практически остается неизменной. Толщина перемешанного слоя обычно составляет 50—100 м. Ветер, волны, турбулентность, течения все время перемешивают воду в поверхностном слое, благодаря чему ее температура и становится примерно одинаковой. Но возможности перемешивающих сил ограничены, на какой-то глубине их действие прекращается. При дальнейшем погружении температура воды резко уменьшается. Скачком! Этот второй слой так и называется — слой скачка. Обычно он не велик и составляет всего 10—20 м. На протяжении этих немногих метров температура воды снижается на несколько градусов. Градиент температуры в слое скачка обычно составляет несколько десятых долей градуса на метр. Этот слой — удивительное явление, которому нет аналога в атмосфере. Он играет большую роль в физике и биологии моря, а также и в человеческой деятельности, связанной с морем. Благодаря большому градиенту плотности в слое скачка собираются различные частицы взвеси; планктонные организмы и мальки рыб. Подводная лодка в нем может лежать, как на грунте. Поэтому иногда его называют слоем «жидкого грунта». Слой скачка представляет собой своеобразный экран: через него плохо проходят сигналы эхолотов и гидролокаторов. Кстати сказать, он не остается всегда на одном месте. Слой перемещается вверх или вниз и иногда с довольно большой скоростью. Ниже слоя скачка располагается слой главного термоклина. В этом третьем слое температура воды продолжает уменьшаться, но не так быстро, как в слое скачка, градиент температуры здесь составляет несколько сотых долей градуса на метр.

Нельзя сказать, что из этого общего правила распределения температуры в океане по вертикали не было исключений. Еще Джеймс Кук во время своего второго плавания (1772—1775) однажды опустил термо-

метр на глубину 180 м, выдержал его там 20 мин и, приказав потом быстро вытасщить на палубу, был весьма удивлен его показаниями: термометр показал температуру в глубине на 2° выше, чем на поверхности океана. Подобные явления отмечали Беллинсгаузен в 1819 г. и Макаров в 1894 г. Они получили название температурных инверсий. Возможность появления инверсий в океане связана с наличием в глубине более соленой воды: эта вода тяжелее и поэтому остается в глубине, хотя она и теплее вышележащих, но более пресных, а потому и более легких, слоев.

Здесь удивительным было то, что инверсионные слои были многочисленными, тонкими и, несмотря на это, они устойчиво сохранялись в глубине океана.

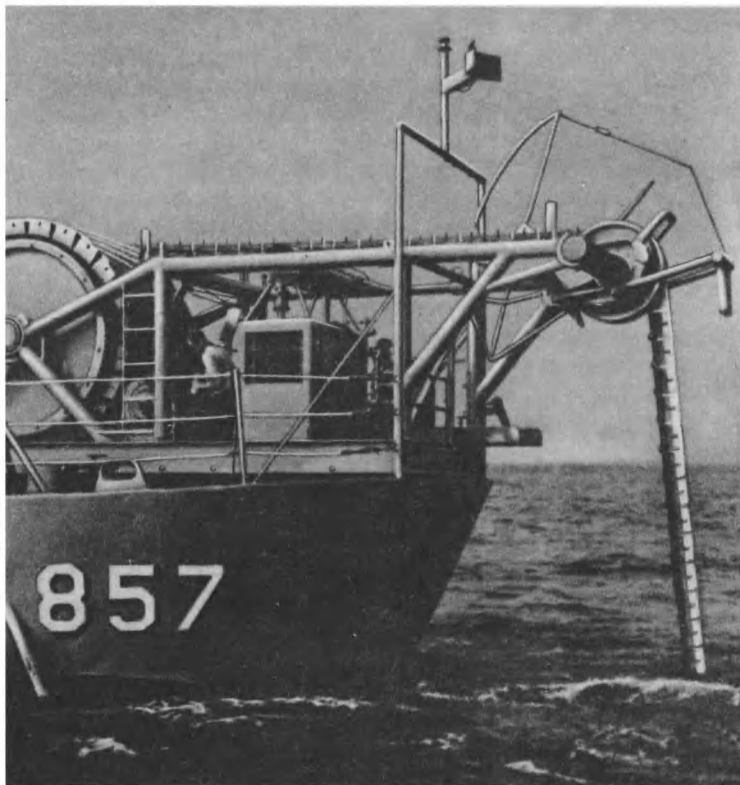
В течение двух дней исследователи несколько раз повторяли свои измерения. Результаты были схожи. Записи неопровержимо свидетельствовали о наличии в океане тонких прослоек воды протяженностью от 2 до 20 км, температура и соленость которых резко отличались от соседних. Толщина слоев от 2 до 40 м. Океан в этом районе напоминал слоеный пирог.

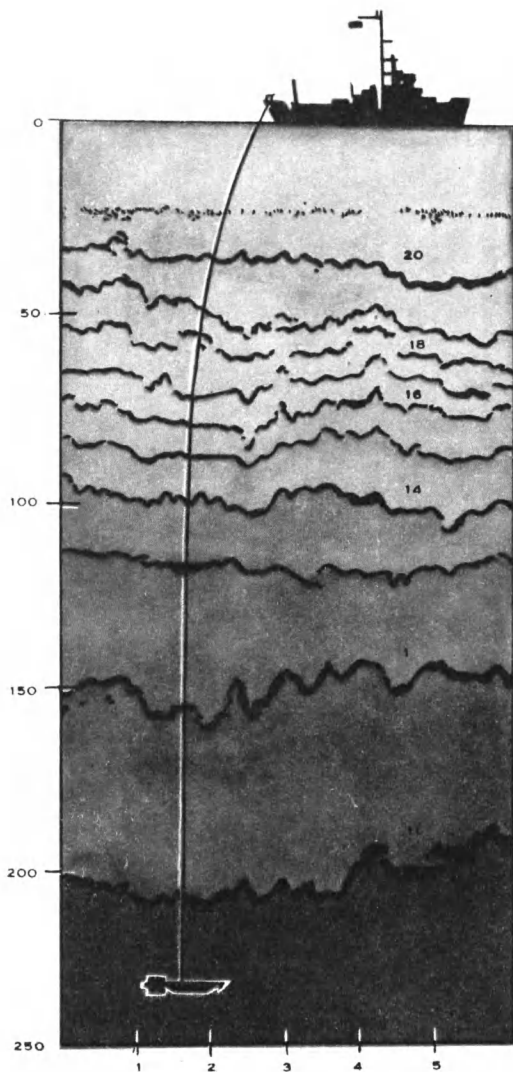
Эта работа была опубликована и вызвала интерес в ученом мире. В 1969 г. английский ученый Вудс нашел элементы микроструктуры в Средиземном море около острова Мальта. Для своих исследований первоначально он воспользовался обыкновенной двухметровой деревянной рейкой, на которую смонтировал десяток терморезисторов. Получилось что-то вроде гребенки. Надев акваланг, он долго нырял с этим нехитрым приспособлением в прозрачных водах Средиземного моря. Терморезисторы его «гребенки», включенные в соответствующую схему, регистрировали острые пики в распределении температуры, которых по существующей теории не должно было быть.

Больше всего удивляло, что неожиданные всплески температуры отстояли друг от друга иногда всего на несколько сантиметров. И еще более удивительным

На корме американского научно-исследовательского судна «Мэрисвилль» установлена громадная вьюшка (лебедка), с барабана которой спускается в море многожильный кабель с датчиками температуры.

Для уменьшения силы сопротивления воды, кабель снабжен обтекателями, а для его заглубления на конце кабеля прикреплен тяжелый чугунный груз в форме рыбки.





**Записи
изотерм,
полученные
с помощью
установки
на судне
«Мэрисвилль».**

было то, что эти новые микродетали вертикальной структуры моря казались довольно устойчивыми. Вудс не раз находил их примерно на тех же местах при нескольких следующих друг за другом погружениях.

Но рейка с терморезисторами не очень совершенный инструмент для детального изучения нового явления. Мало того, ее трудно зафиксировать в нужной точке моря (на глубинах). Ведь необходимо одновременно записывать показания многих терморезисторов. А сколько их действительно нужно иметь — было неизвестно. Да и не сделаешь рейку длиной в несколько сотен метров, чтобы сразу исследовать значительный слой моря. Поэтому Вудс отказался от рейки и придумал особый прибор — автономный падающий зонд.

А в 1971 г. экспедиция на НИСе «Дмитрий Менделеев» пошла в Тиморское море и обнаружила там микроструктуру. Потом «Дмитрий Менделеев» обошел вокруг Индийского океана и почти везде находил элементы микроструктуры. Эта экспедиция (7-й рейс) показала, что микроструктура не экзотическая редкость. Наоборот, в океанах она распространена чуть ли не повсеместно. Если ее не замечали раньше, то лишь из-за недостаточного совершенства измерительных приборов. С усовершенствованием измерительной техники микроструктура стала отныне признанным обязательным элементом океана. Она возникает и развивается по законам, во многом еще не познанным. Пришлось исследователям заново составлять морские карты распределения температуры по глубине. Для этой цели в США, например, было оборудовано специальное судно — «Мэрисвилль». На его корме установлена большая вьюшка (так называют моряки кабельные лебедки). На вьюшку намотан многожильный кабель длиной 250 м, который спускается в море, когда судно приступает к работе. А к кабелю через каждые 7,6 м прикреплены датчики температуры. Информация от них передается в судовой вычислитель-

ный центр, где пишущее устройство регистрирует изотермы. Так устроена «цепь» Лафонда. Аналогичные устройства в Советском Союзе известны под названием «кос.». В конце 1966 г. «Мэрисвилль» составил карты изотерм на протяжении многих тысяч миль.

«Как же так? — вправе спросить читатель. — Почему же микрослой не стирается турбулентностью?»

Если микрослой существует несмотря на турбулентность, то это значит, прежде всего, что турбулентность в океане слабая. Кроме того, есть что-то, какой-то физический фактор, который поддерживает существование микроструктуры, и, может быть, не один.

В 7-м рейсе НИСа «Дмитрий Менделеев» были получены данные о том, что существование микроструктуры поддерживается с помощью течений. Вертикальная структура поля скоростей течений в океане исследовалась с помощью нового прибора, основанного на эффекте Доплера. Но возможно, в океане есть и другие физические факторы, которые могут обеспечивать возникновение и поддержание микроструктуры. К числу их, например, может относиться разрушение внутренних волн. Исследование микроструктуры — одна из главных задач морских физиков.

В этой области почти непочатый край работы для исследователей.

Многие, наверное, слышали о радиозондах. Метеорологи широко применяют их для зондирования атмосферы. Шар-зонд поднимается вверх и передает на землю сведения о температуре, влажности, давлении и других параметрах слоев воздуха, которые он пересекает при подъеме. Он представляет собой воздушный шарик, к которому привязана коробочка с крохотной радиостанцией и набором датчиков. Очень удобный прибор для исследований атмосферы! Современную метеорологию нельзя представить без шаров-зондов. А вот у гидрологов аналогичного прибора до недавнего времени не было.

Конечно, прибор, созданный Вудсом, очень мало похож на радиозонд. Радиозонд летит вверх, а зонд Вудса — вниз, в глубину океана. Здесь необходим прочный кожух, который предохранял бы чувствительные датчики от давления воды.

Сходство с радиозондом в том, что и на зонде Вудса установлены разные датчики, показания которых передаются на судно с помощью электромагнитных волн во время свободного падения зонда в океане.

Известно, что короткие радиоволны, на которых работают обычные радиозонды, через соленую воду практически не проходят. Поэтому Вудс применил длинные электромагнитные волны. И еще он применил для них волновод. Волновод облегчил передачу и прием сигналов зонда, свободно падающего в толще океана. А в качестве волновода Вудс использовал трос. Одновременно трос служит направляющей или, если хотите, рельсом. Погрузился зонд до максимальной глубины, на которую опущен трос, наткнулся на амортизатор и остановился. Теперь его и поднять можно, он не потеряется, как это неизбежно происходит каждый раз с радиозон-

дом. Этим зонд Вудса также отличается от обычных радиозондов.

Но если обязательно нужен трос, то зачем нужно было применять радиопередачу? Чем новый способ лучше давно известного, когда зонд с датчиками опускают в море на кабеле или на кабель-тросе, по проводящим жилам которого передается вся необходимая информация?

Дело в том, что измерения при помощи свободно падающего зонда имеют ряд преимуществ. Прежде всего на него не влияет качка. Она для него просто не существует. Поэтому можно исследовать тонкие (мелкие) детали физических полей в океане, чего нельзя сделать с качающегося судна.

Пусть трос качается вверх-вниз вместе с судном. Поскольку падающий зонд с тросом механически не связан, качка на зонд не передается. А благодаря наличию постоянной электромагнитной связи вся информация немедленно регистрируется на борту. Информация сразу же делается доступной для наблюдения и обработки. Это открывает океанологам новые возможности в проведении экспериментов в океане.

По тросу-волноводу можно не только передавать информацию, но и использовать его для передачи электрической энергии в зонд. Это не только позволит избавить зонд от электрических батарей, или аккумуляторов, необходимых для питания его схем, но и даст возможность создать совершенно новые приборы для изучения океана.

«Дождь!» — ответит, не задумываясь, каждый. А откуда он берется? Из дождевых туч. А тучи откуда? Вот тут-то и придется сказать, что землю, в основном, поливает океан. Ученые высчитали, что в среднем с поверхности Мирового океана (т. е. со всех морей и океанов Земли) каждый год испаряется слой воды толщиной примерно в один метр.

Если бы океан не пополнялся непрерывно дождями и стоком рек, то уровень его понижался бы каждый год в среднем на один метр. Но этого не происходит. Уровень океана приближенно считается постоянным.

На самом деле уровень океана немного изменяется в зависимости от разности между испарением и осадками в данном районе. Учеными вычислена карта, показывающая распределение этой разности по Мировому океану. Там, где разность положительна, испарение преобладает над осадками. Но в океане много и таких мест, где разность отрицательна — здесь осадков больше. По данным расчета учеными построена и другая карта, показывающая изменение уровня океана в зависимости от разности между испарением и осадками.

Измерить количество выпадающих осадков просто. Нужно лишь собрать дождь. Аппаратура для этого самая простая. Наверное, все видели ее на метеорологических станциях. Но чтобы получить правильное представление о количестве выпадающих осадков, в океане надо иметь достаточное количество наблюдательных пунктов. Пока их мало — только кое-где на островах и еще на малочисленных кораблях погоды. Этого, конечно, недостаточно.

Несколько хуже дело обстоит с измерением испарения с поверхности Мирового океана. Оно до сих пор систематически еще не измеряется.

Процесс испарения в естественных условиях весьма сложен. Он связан с термодинамическими явлениями, протекающими в верхней гидросфере, и с процессами молекулярной и турбулентной диффузии в нижнем слое атмосферы. И с некоторыми другими факторами, еще недостаточно изученными.

Все методы определения испарения с поверхности воды можно разделить на два основных класса: косвенные способы и прямой способ.

Косвенные способы заключаются в расчете испарения по различным полуэмпирическим формулам или из уравнений водного и теплового баланса. Имеющиеся карты испарения вычислены с помощью формул по средним метеорологическим характеристикам. Однако формулы эти не полностью учитывают все, что определяет испарение в океане в современных условиях, в частности при наличии поверхностных загрязнений. Как мы увидим ниже, влияние загрязнений может быть весьма значительным. Кроме того, косвенные способы не дают возможности правильно оценить интенсивность испарения за небольшой отрезок времени в данной точке океана.

Необходимы инструментальные измерения испарения в океане. Их проводилось очень мало. Такое положение вызывалось отсутствием подходящей аппаратуры. Первый опыт измерения испарения в океане был сделан в 1911 г. с помощью прибора, названного эвапорометром.

Первый эвапорометр был весьма простым прибором. Основная часть его — открытый сосуд (похожий на тот, которым измеряют количество выпавших осадков). Для измерения испарения немецкий ученый Лютгенс ставил свой эвапорометр на палубу судна и наливал в него морскую воду. А потом следил за ее испарением с помощью ареометра. Идея была такова: чем больше испарится воды, тем оставшаяся в приборе вода делается соленее. Соленее — значит тяжелее, следовательно-

но, удельный вес ее больше, что и измерялось ареометром. Кажется, просто. Но измерения приводили к большим ошибкам.

Позже были предложены другие, более совершенные конструкции эвапорометров. Некоторые из них применяются для измерений на суше и в настоящее время. Но испарение в эвапорометре на борту судна отличается от испарения с поверхности океана в естественных условиях. Прежде всего из-за влажности воздуха и скорости ветра.

Попробовали ученые опустить эвапорометр прямо в океан. Так, чтобы он плавал на его поверхности. Предполагалось, что участок поверхности моря, вырезанный краями сосуда, мало отличается от соседних, свободных, поэтому все условия испарения остаются теми же, в каких находится вся поверхность моря.

Но постепенно накапливались факты, заставившие в конце концов пересмотреть и эту точку зрения. Испарение зависело от множества условий, которые нарушались.

Как же измерить испарение с поверхности моря, не нарушая естественных условий?

В 1951 г. австралийский ученый Свинбанк и группа его сотрудников применили пульсационный способ измерения потока влаги. Они работали над сушей, однако их метод хорошо подходил и для измерений над морем. Поток влаги по этому методу вычисляется согласно формуле:

$$E = q' W^1,$$

где E — поток влаги в г/м²с,

q' — пульсации абсолютной влажности воздуха в г/м³,

W^1 — пульсации вертикальной составляющей ветра в м/с.

Это простая формула, основанная на теоретических выводах Рейнольдса. Не надо черпать морскую воду и куда-то ее наливать. Не надо даже ничего

опускать в море. Достаточно перемножить мгновенные значения пульсаций влажности над морем на соответствующие им значения пульсаций вертикальной составляющей ветра (и в той же точке) и усреднить их произведение за нужный отрезок времени.

Для измерения испарения по этому методу **над морем** необходимо разместить два датчика. Один — для измерения пульсаций влажности, второй — для измерения вертикальных пульсаций ветра. Показания обоих датчиков надо ввести в простейшее счетно-решающее устройство. Оно перемножит их показания и просуммирует за нужный отрезок времени. В результате получится поток влаги. Если он будет положительным, то, следовательно, идет испарение. Если же поток влаги получится отрицательным, то происходит конденсация (например, выпадает роса).

Изящнейший метод. Пожалуй, ничего лучше не придумаешь. Надо только иметь подходящие датчики.

Как измеряют пульсации влажности?

Волосяной гигрометр — широко распространенный прибор для измерения влажности воздуха.

Он был изобретен в 1721 г. Соссюром и дожил до наших дней. Устроен он очень просто. Чувствительным элементом его является человеческий волос, одним концом привязанный к раме прибора, а вторым соединенный с указательной стрелкой. При изменении влажности воздуха длина волоса немного изменяется, и стрелка перемещается по шкале, показывая относительную влажность воздуха. Для более точного измерения влажности воздуха в лабораторных и экспедиционных условиях широко применяются аспирационные психометры, основанные на измерении разности температур сухого и смоченного термометров.

Но все они не годились для измерения испарения пульсационным методом. Прежде всего потому, что имели слишком большую постоянную величину времени. Чтобы получить правильный отсчет влажности с такими приборами, надо ждать несколько минут, пока установятся показания. Ясно, что с ними не зарегистрируешь пульсаций влажности. В то время, правда, еще никто не знал точно, каков период этих пульсаций над морем. Теоретики считали, что датчик должен давать правильные показания для пульсаций влажности с периодом в десятые доли секунды. Так оно потом и оказалось. Налицо был «разрыв» в несколько порядков: существующие приборы имели период установления в несколько сотен секунд.

Но большая постоянная времени распространенных датчиков влажности была не единственным их недостатком. Был и второй — они не отличались точностью. Погрешность в несколько процентов была указана в их паспорте. Как же тут измерять пульсации, амплитуда

которых могла составлять десятые доли процента (от среднего значения)?

Нужно было искать что-то новое. Содержание водяных паров в воздухе можно определить с помощью различных физических методов. От правильности выбора зависел успех работы и, главное, срок ее выполнения. Хороший морской образец инфракрасного датчика пульсаций влажности появился лишь в 1972—1973 гг. Два годами раньше удалось сделать ультрафиолетовый датчик для измерения пульсаций влажности. Короткие ультрафиолетовые лучи с длиной волны в 1215 ангстрем сильно поглощаются водяными парами (1 ангстрем = 10^{-8} см). Датчик состоит из маленькой водородной лампочки и находящегося поблизости от нее счетчика квантов ультрафиолетовых лучей. Расстояние между ними около 20 мм. Водяные пары, попадая в этот зазор, изменяют количество квантов ультрафиолетового излучения, доходящее до счетчика. В результате изменяется интегральный ток на выходе усилительной схемы, в которую включен счетчик. Характеристика достаточно линейна — пульсации тока на выходе соответствуют пульсациям влажности. Поставив этот датчик рядом с акустическим анемометром, можно измерять испарение достаточно точно.

После всесторонних испытаний новых датчиков пульсаций влажности на Черном и Средиземном морях были проведены пробные измерения испарения с поверхности Каспийского моря. Местом работы была выбрана банка Андриевского (банка — часть морского дна, где глубина значительно меньше общей глубины моря). Там для изучения взаимодействия между морской поверхностью и атмосферой Институт физики атмосферы АН СССР и Институт географии Азербайджанской ССР установили специальную платформу — что-то вроде морской нефтяной вышки, только без бурильного станка, а со множеством измерительных приборов, среди которых был и датчик пульсаций скорости ветра. Вспомните — этот датчик нужен при измерении испарения пульсационным методом. Нам хотелось узнать, как влияет на испарение с поверхности моря нефтяная пленка. Было интересно измерить испарение, когда к измерительной платформе подойдет нефтяное пятно. Но банка Андриевского находится в 30 км от морских нефтяных промыслов, и вода там обычно чистая. Поэтому исследователи перенесли аппаратуру на обычную эстакаду поближе к нефтяным вышкам. И когда на соседней нефтяной вышке произошла небольшая авария — в воду пролилось немного нефти, тогда произвели измерения.

Результаты оказались очень интересными. При наличии нефтяной пленки испарение с поверхности моря уменьшилось почти втрое! При той же температуре воды и воздуха, том же ветре и примерно при одинаковом состоянии моря и излучении солнца. Словом, все условия те же, но достаточно немного нефти на поверхности — и испарение катастрофически уменьшилось.

Попробуйте-ка представить, что получится с полями, лугами, садами и огородами, если количество осадков уменьшится втрое? Кажется, еще ни один фантаст не использовал подобный сюжет для гибели мира. К счастью, этого не происходит. Да, видимо, и произойти не может. Океан обладает свойством самоочищения. Поэтому спустя некоторый срок его поверхность очищается от нефти.

Но некоторые основания для беспокойства все же есть. Просторы Мирового океана нуждаются в защите. Значительная часть поверхности Мирового океана покрыта нефтяной пленкой.

Из-за военных действий в 1967 г. был перекрыт Суэцкий канал. Танкеры с нефтью стали ходить вокруг побережья Африки. А с 1968 г. в Тропической Африке началась устойчивая засуха, продолжающаяся уже несколько лет. Ученые предполагают, что эта засуха связана с перемещением климатических зон и вызвана изменениями в режиме движения околополярных кольцевых потоков воздуха. А может быть, какую-то роль играет и уменьшение испарения из-за появления нефти на поверхности океана?

Не имея точных новых данных об испарении в этом районе, конечно, нельзя определенно утверждать, что засуха связана со значительно усилившимся загрязнением поверхности океана в этом районе. Но все же не приходится сомневаться, что пленка нефти здесь на поверхности должна быть.

В связи с этим вспоминается случай, когда во время первого испытательного рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» экспедиция, придя на экватор, в район впадины Романш (Атлантический океан), поставила здесь буй. Большой буй, окрашенный белой краской, четко выделялся на ярко-синей поверхности океана. «Академик Курчатов» долго работал в этом районе вокруг буя. Когда в конце десятого дня стали снимать буй, то он оказался «по пояс» в мазуте.

Это получилось в результате десятидневной работы судна, чистого и нового. А что же делается на большой дороге танкеров? Может быть, пришло время измерить испарение в этом районе и, если потребуется, организовать международный контроль?

Читатель вправе спросить: а какой толщины пленка нефти? Пока это неизвестно. Когда проводились измерения на Каспийском море (1971—1972), еще не умели измерять толщину пленки нефти на поверхности моря. Не было приборов для этого. Научиться измерять толщину нефтяной пленки в море совершенно необходимо. Испарение должно зависеть от толщины нефтяной пленки.

В конце 1973 г. американские ученые опубликовали новый способ определения толщины нефтяной пленки на морской поверхности. Они воспользовались методом сверхвысокочастотной (СВЧ) радиометрии. Измерения проводились с борта самолета и дали очень интересные результаты. Например, оказалось, что свыше 90% массы всей разлитой в исследованном пятне нефти сосредоточено в области, площадь которой составляет менее 10% всей площади пятна.

Нефть — один из трех основных загрязнителей Мирового океана. Метод СВЧ-радиометрии несомненно облегчит поиск, а следовательно, и борьбу с нефтью, разлитой на поверхности океана.

При измерениях на Каспийском море обнаружен еще один очень интересный факт — когда на морской поверхности появлялась зыбь, испарение уменьшалось. В работе приведен график зависимости интенсивности испарения от частоты пульсаций влажности и вертикальной составляющей ветра.

Это удивительное явление наблюдалось только при зыби, т. е. при затухающем ветровом волнении. Оно есть только тогда, когда ветер уже ослаб и дует чуть-чуть, затухая. При обычных ветровых волнах его не было.

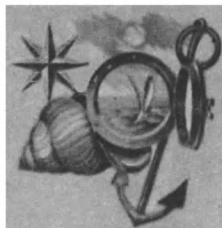
Это парадоксально. Казалось, не должно бы так быть. Ведь при любом волнении поверхность моря увеличивается, и испарение должно было бы возрастать. А оно при зыби уменьшается.

В области морской физики много вопросов, больших и маленьких, которые стоят перед океанологами. Их необходимо решать для успешного освоения Мирового океана.

«Проблема океана — океан проблем», — сказал академик Николай Шило. Лучше не скажешь!



Море зовет. Счастливого плавания, ребята!



Содержание

Введение

3

Океан с разных точек зрения

9

Что такое НИС?

33

Девиз Галилея

44

Немного об измерениях вообще и о влиянии качки

54

Белое пятно на карте

60

Морские зонды

68

Что поливает планету?

70

Как измеряют пульсации влажности?

74

Пульсационный метод в море

76

Морская книга

Николай Всеволодович
Вершинский

Художники:
Постников А.
Урусов Е.

Макет
Постников А.

Редактор Т. Лыскова

Художественные редакторы:
А. Головченко,
Е. Дятлова

Технический редактор
И. Пономаренко

Корректор
И. Симакова

A08585. Сдано в набор
11/II 1975 г. Подписано в
печать 22/VIII 1975 г. Фор-
мат 70x100/32. Бумага
офсетная № 2. Печ. л. 2,5
(3,23). Уч.-изд. л. 3,50.
Тираж 180 000 экз. (Т. п.
1975 г. № 47). Заказ № 316.
Цена 15 коп.

Издательство «Педа-
гогика» Академии пе-
дагогических наук
СССР и Государствен-
ного комитета Совета
Министров СССР по делам
издательства, полигра-
фии и книжной торговли.
Москва, 107066, Лефор-
товский пер., 8.

Ордена Трудового Крас-
ного Знамени Калинин-
ский полиграфический
комбинат. Союзполи-
графпрома при Государ-
ственном Комитете Со-
вета Министров СССР по
делам издательств, поли-
графии и книжной тор-
говли. г. Калинин, пр. Ле-
нина, 5.



Читайте
следующую
книгу
библиотечки
«Ученые —
школьнику».

Можно ли серьезно заниматься
русским языком?

Возможно ли в полинезийском
языке слово «вспять»?

Что такое «юс большой»?

На каком языке говорят
цыгане?

Почему в индийской поэме «Ма-
хабхарата» столько звуков «а»?

В каком языке 100 звуков?

Склоняются ли глаголы?

Что такое «горова»?

Почему нельзя «кричать
на букву «и»?

Сколько слов употреблял
Пушкин?

Какими языками стоит
заниматься?

Нужен ли лингвист в аэропорте?

Обо всем этом вам расскажет
увлекательная книга доктора
филологических и психологичес-
ких наук А. А. Леонтьева «Что
такое язык?».



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПЕДАГОГИКА»