

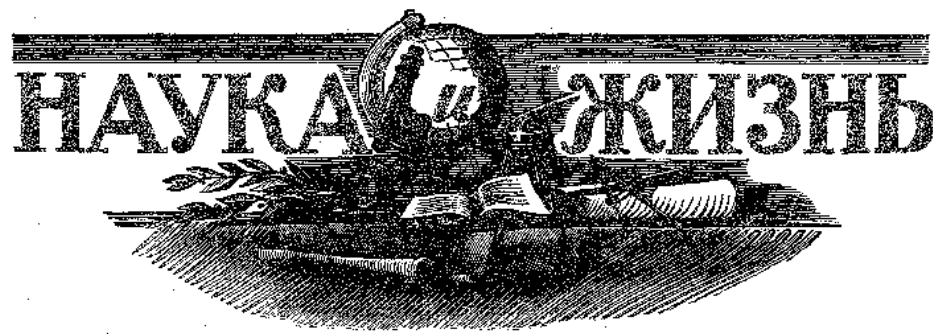
	АПР.		МАЙ		ИЮНЬ		ИЮЛЬ		АВГУСТ		СЕНТЯБРЬ		ОКТАБРЬ	
	20-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	31-31
РАСТЕНИЯ, ВЫСЕВАЕМЫЕ СЕМЕНАМИ В ГРУНТ														
Горох														
Картофель														
Лук на севок и репку														
Морковь														
Огурцы														
Пастернак														
Петрушка														
Редис														
Редька														
Репка														
Салат														
Свекла														
Укроп														
Фасоль														
Чеснок														
РАСТЕНИЯ, ВЫСАЖИВАЕМЫЕ В ГРУНТ РАССАДОЙ														
Брюква														
Кабачки и тыква														
Капуста ранняя														
» поздн. сортов														
» средн. сортов														
» цветная														
Сельдерей														
Томаты														

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО УХОДУ:

- а) Основная обработка почвы производится осенью в IX-X, весной по всходам уборкой овощей, - весной производится обработка в IV-V, с ранней весны по посеву.
- б) С момента появления всходов, в V-VI мес. и до смыкания листьев в междурядьях производится 3-4 раза рыхление почвы между рядами и между сорняками третью всех культур.
- в) Картофель и ранняя капуста в VI, а средняя и поздняя капуста в конце VI, в VII скашиваются 2 раза.
- г) Корнеплоды (свекла, морковь и др.) прореживаются в рядах и первый раз в половине V и 2-й раз в середине VI на нужное расстояние (см. табл. 9).
- д) О подкормках см. табл. 4.
- е) У томатов во всех периодах роста производится удаление (обрезка) боковых пасынков побегов, так называемых пасынков.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- основной срок посева
- ..... посев можно продолжать
- период сбора урожая
- 1 - Весенний посев клубней и зернушек.
- 2 - Летний посев клубней по Т. Д. Лысенко.
- 3 - Начало выборочного подкормки молодых растений.
- 4 - Подзимний посев в конце X - начале XI перед наступлением устойчивых морозов.
- 5 - Первые всходы посевов.
- 6 - Листья посева.
- 7 - Сбор урожая весенних посевов.
- 8 - Сбор урожая летних посевов.
- 9 - Начало подкормки молодой зелени.
- 10 - Уборка технической продукции для соления.
- 11 - Подание сорта капусты высаживаются раньше срока, так как растут до уборки только 100-125 дней, в среднем быстрее (80-90 дней).



45  
1943

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<i>Приказ Верховного Главнокомандующего № 195 1 мая 1943 г.</i> . . . . .	1
<i>Профессор Н. И. Идельсон</i> — ГАЛИЛЕЙ И НЬЮТОН . . . . .	5
<i>Профессор А. А. Михайлов</i> — НЬЮТОН — ТВОРЕЦ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ . . . . .	12
<i>Доктор физико-математических наук С. М. Рытов</i> — УЛЬТРАЗВУК . . . . .	18
<i>В. Петрушевский</i> — РАЗВИТИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ . . . . .	28
<i>С. Я. Штройх</i> — ИВАН МИХАЙЛОВИЧ СЕЧЕНОВ . . . . .	35
<i>Д. М. Российский</i> — ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СОКРОВИЩА СССР . . . . .	40

### В ПОМОЩЬ ОГОРОДНИКУ И САДОВОДУ

<i>С. Т. Чижов</i> — ВЕСЕННИЕ РАБОТЫ НА ОГОРОДЕ . . . . .	42
---	----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>И. М. Радовский</i> — Академик <i>С. И. Василев</i> . ИСААК НЬЮТОН . . . . .	47
---	----



---

---

*Адрес редакции:*

*Москва, Спасоглинищевский пер., дом № 8*

---

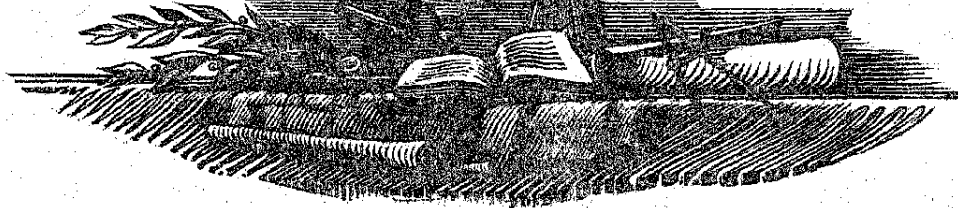
Ответственный редактор профессор **Ф. И. ПЕТРОВ**  
Заместитель ответственного редактора **Л. А. Тумерман**

---

Подписано к печати 28 мая 1943 г.      Объем 6 печ. л.      учетно-издат. л. 10,5  
Тираж 35000 экз.      Л-42539      Заказ 248      Цена 6 руб.

18-я типография треста «Полиграфкнига», Москва, Шубинский пер., 10.

# НАУКА И ЖИЗНЬ



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

4-5

1943

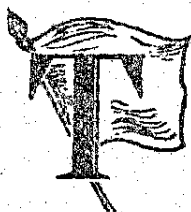
## ПРИКАЗ

# ВЕРХОВНОГО ГЛАВНОКОМАНДУЮЩЕГО

1 мая 1943 года

№ 195

г. Москва



оварищи красноармейцы и краснофлотцы, командиры и политработники, партизаны и партизанки, рабочие и работницы, крестьяне и крестьянки, люди интеллигентного труда! Братья и сестры, временно подпавшие под иго немецких угнетателей!

От имени Советского Правительства и нашей большевистской Партии приветствую и поздравляю вас с днем 1 Мая!

В суровые дни Отечественной войны встречают народы нашей страны день 1 Мая. Они вверили свою судьбу Красной Армии и не ошиблись в своих надеждах. Советские воины грудью встали на защиту Родины и вот уже почти два года отстаивают честь и независимость народов Советского Союза.

За период зимней кампании 1942/43 гг. Красная Армия нанесла серьезные поражения гитлеровским войскам, уничтожила огромное количество живой силы и техники врага, окружила и ликвидировала две армии врага под Сталинградом, забрала в плен свыше 300 тысяч вражеских солдат и офицеров и освободила от немецкого ига сотни советских городов и тысячи сел.

Зимняя кампания показала, что наступательная сила Красной Армии возросла. Наши войска не только вышибли немцев с территории, захваченной ими летом 1942 года, но и заняли ряд городов и районов, находившихся в руках врага около полутора лет. Немцам оказалось не под силу предотвратить наступление Красной Армии.

Даже для контрнаступления на узком участке фронта в районе Харькова гитлеровское командование оказалось вынужденным перебросить более трех десятков новых дивизий из Западной Европы. Немцы рассчитывали окружить

советские войска в районе Харькова и устроить нашим войскам «немецкий Сталинград». Однако попытка гитлеровского командования взять реванш за Сталинград провалилась.

Одновременно с этим победоносные войска наших союзников разбили итало-германские войска в районе Ливии и Триполитании, очистили эти районы от врагов и теперь продолжают их громить в районе Туниса, а доблестная англо-американская авиация наносит сокрушительные удары военно-промышленным центрам Германии, Италии, предвещая образование второго фронта в Европе против итало-немецких фашистов.

Таким образом, удар по врагу с востока, со стороны Красной Армии впервые за время войны слился с ударом с запада, со стороны войск наших союзников — в единый общий удар.

Все эти обстоятельства, взятые вместе, потрясли до основания гитлеровскую военную машину, изменили ход мировой войны и создали необходимые предпосылки для победы над гитлеровской Германией.

В результате враг оказался вынужденным признать серьезное ухудшение своего положения и стал вопить о военном кризисе. Правда, враг старается прикрыть свое критическое положение шумихой о «тотальной» мобилизации. Но никакая шумиха не может отменить того факта, что лагерь фашистов действительно переживает серьезный кризис.

Кризис в лагере фашистов выражается, прежде всего, в том, что враг оказался вынужденным открыто отказаться от своей первоначальной установки на молниеносную войну. В лагере врагов теперь уже не в моде говорить о молниеносной войне, — крикливая болтовня о молниеносной войне сменилась унылыми причитаниями о неизбежности затяжной войны. Если раньше немецко-фашистское командование хвастало тактикой молниеносного наступления, то теперь эта тактика отброшена прочь, и немецкие фашисты хвастают уже не тем, что они провели или намерены провести молниеносное наступление, а тем, что им удалось ловко улизнуть из-под охватывающего удара английских войск в Северной Африке или из окружения со стороны советских войск в районе Демянска. Фашистская печать пестрит хвастливыми сообщениями о том, что немецким войскам удалось удрать с фронта и избежать нового Сталинграда на том или ином участке Восточного или Тунисского фронта. Повидимому, больше нечем хвастать гитлеровским стратегам.

Кризис в лагере фашистов выражается, во-вторых, в том, что фашисты начинают все чаще поговаривать о мире. Если судить по сообщениям иностранной печати, можно прийти к выводу, что немцы хотели бы получить мир с Англией и США при условии их отхода от Советского Союза, или, наоборот, они хотели бы получить мир с Советским Союзом при условии его отхода от Англии и США. Будучи сами до мозга костей вероломными, немецкие империалисты имеют наглость мерить союзников на свой аршин, полагая, что кто-либо из союзников попадет на удочку. Ясно, что не от хорошей жизни болтают немцы о мире. Болтовня о мире в лагере фашистов говорит лишь о том, что они переживают тяжелый кризис. Но о каком мире может быть речь с империалистическими разбойниками из немецко-фашистского лагеря, залившими кровью Европу и повесившими ее виселицами? Разве не ясно, что только полный разгром гитлеровских армий и безоговорочная капитуляция гитлеровской Германии могут привести Европу к миру? Не потому ли болтают немецкие фашисты о мире, что они чувствуют приближение грядущей катастрофы?

Немецко-итальянский фашистский лагерь переживает тяжелый кризис и стоит перед своей катастрофой.

Это еще не значит, конечно, что катастрофа гитлеровской Германии уже наступила. Нет, не значит. Гитлеровская Германия и ее армия потрясены и переживают кризис, но они еще не разбиты. Было бы наивно думать, что катастрофа придет сама, в порядке самотека. Нужны еще два-три таких мощных удара с запада и востока, какой был нанесен гитлеровской армии последние 5—6 месяцев, для того, чтобы катастрофа гитлеровской Германии стала фактом.





Поэтому народам Советского Союза и их Красной Армии, равно как нашим союзникам и их армиям предстоит еще суровая и тяжелая борьба за полную победу над гитлеровскими извергами. Эта борьба потребует от них больших жертв, огромной выдержки, железной стойкости. Они должны мобилизовать все свои силы и возможности для того, чтобы разбить врага и проложить таким образом путь к миру.

Товарищи! Советский народ проявляет величайшую заботу о своей Красной Армии. Он готов отдать все силы дальнейшему усилению военной мощи советской страны. Менее, чем за 4 месяца, народы Советского Союза внесли в фонд Красной Армии более 7 миллиардов рублей. Это еще раз показывает, что война против немцев является действительно общенародной войной всех народов, населяющих Советский Союз. Рабочие, колхозники, интеллигенция, не покладая рук, стойко и мужественно перенося лишения, вызванные войной, трудятся на предприятиях и в учреждениях, на транспорте, в колхозах и совхозах. Но война против немецко-фашистских захватчиков требует, чтобы Красная Армия получала еще больше орудий, танков, самолетов, пулеметов, автоматов, минометов, боеприпасов, снаряжения, продовольствия. Значит необходимо, чтобы рабочие, колхозники, вся советская интеллигенция работали для фронта с удвоенной энергией.

Нужно, чтобы все наши люди и все учреждения в тылу работали слаженно и четко, как хороший часовой механизм. Вспомним завет великого Ленина: **«РАЗ ВОЙНА ОКАЗАЛАСЬ НЕИЗБЕЖНОЙ — ВСЕ ДЛЯ ВОЙНЫ, И МАЛЕЙШАЯ РАСПУЩЕННОСТЬ И НЕДОСТАТОК ЭНЕРГИИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ КАРАЕМЫ ПО ЗАКОНУ ВОЕННОГО ВРЕМЕНИ».**

В ответ на доверие и заботу своего народа Красная Армия должна еще крепче бить врага, беспощадно истреблять немецких захватчиков, непрестанно гнать их с советской земли. Красная Армия за время войны приобрела богатый военный опыт. Сотни тысяч бойцов в совершенстве овладели своим оружием. Многие командиры научились умело управлять войсками на поле боя. Но успокаиваться на этом было бы неразумно. Бойцы должны научиться хорошо владеть своим оружием, командиры должны стать мастерами ведения боя. Но и этого мало. В военном деле, а тем более в такой войне, как современная война, нельзя стоять на месте. Остановиться в военном деле — значит отстать. А отстающих, как известно, бьют. Поэтому главное сейчас состоит в том, чтобы **ВСЯ** Красная Армия изо дня в день совершенствовала свою боевую выучку, чтобы **ВСЕ** командиры и бойцы Красной Армии изучали опыт войны, учились воевать так, как этого требует дело победы.

Товарищи красноармейцы и краснофлотцы, командиры и политработники, партизаны и партизанки!

Приветствуя и поздравляя вас с днем 1 Мая,  
**ПРИКАЗЫВАЮ:**

1. Всем бойцам — пехотинцам, минометчикам, артиллеристам, танкистам, летчикам, саперам, связистам, кавалеристам — продолжать без устали совершенствовать свое боевое мастерство, точно выполнять приказы командиров, требования уставов и наставлений, свято блюсти дисциплину, соблюдать организованность и порядок.

2. Командирам всех родов войск и общевойсковым командирам — стать мастерами вождения войск, умело организовать взаимодействие всех родов войск и управлять ими в бою. Изучать противника, улучшать разведку — глаза и уши армии, помнить, что без этого нельзя бить врага наверняка. Повысить культуру работы войсковых штабов, добиться того, чтобы штабы частей и соединений Красной Армии стали образцовыми органами управления войсками. Поднять работу войсковых тылов на уровень требований, предъявляемых современной войной, твердо помнить, что от полного и своевременного снабжения войск боеприпасами, снаряжением, продовольствием зависит исход боевых операций.

3. Всей Красной Армии — закрепить и развить успехи зимних боев, не отдавать врагу ни одной пяди нашей земли, быть готовой к решающим сражениям с немецко-фашистскими захватчиками. В обороне проявлять упорство и стойкость, свойственные бойцам нашей армии. В наступлении —

Решительность, правильное взаимодействие войск, смелый маневр на поле боя, завершаемый окружением и уничтожением противника.

4. Партизанам и партизанкам — наносить мощные удары по вражеским тылам, путям сообщения, воинским складам, штабам и предприятиям, разрушать линии связи противника. Вовлекать широкие слои советского населения в захваченных врагом районах в активную освободительную борьбу, спасая тем самым советских граждан от угона в немецкое рабство и от истребления гитлеровскими зверями. Мстить беспощадно немецким захватчикам за кровь и слезы наших жен и детей, матерей и отцов, братьев и сестер. Всеми силами помогать Красной Армии в ее борьбе с подлыми гитлеровскими поработителями.

Товарищи!

Враг уже изведal силу сокрушительных ударов наших войск. Близится время, когда Красная Армия совместно с армиями наших союзников сломает хребет фашистскому зверю.

ДА ЗДРАВСТВУЕТ НАША СЛАВНАЯ РОДИНА!

ДА ЗДРАВСТВУЕТ НАША ДОБЛЕСТНАЯ КРАСНАЯ АРМИЯ!

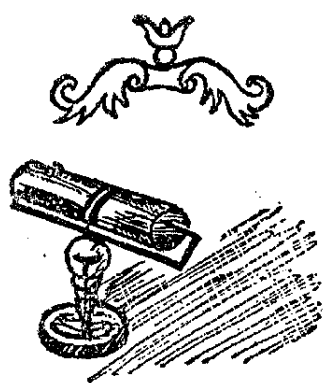
ДА ЗДРАВСТВУЕТ НАШ ДОБЛЕСТНЫЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ!

ДА ЗДРАВСТВУЮТ НАШИ ОТВАЖНЫЕ ПАРТИЗАНЫ И ПАРТИЗАНКИ!  
СМЕРТЬ НЕМЕЦКИМ ЗАХВАТЧИКАМ!

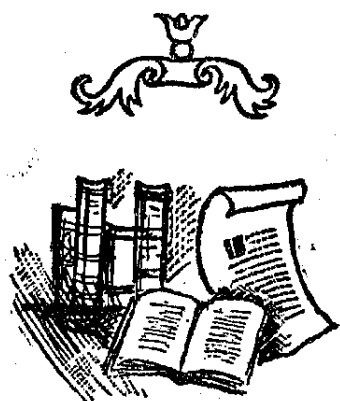
*Верховный Главнокомандующий  
Маршал Советского Союза*

**И. СТАЛИН**

---



# ГАЛИЛЕЙ И НЬЮТОН



(ОКОНЧАНИЕ)

Профессор  
Н. И. ИДЕЛЬСОН



В предыдущей статье<sup>1</sup> мы показали, что к половине XVII в. Галилео Галилей достиг весьма значительных результатов, изучая движение тел, происходящие непосредственно в сфере нашего наблюдения и опыта.

8. На разных путях. В его замечательных «Беседах» (1638 г.)

было установлено понятие непрерывности движения и было развито учение о движениях составных. Что касается равномерно ускоренных движений, имеющих место под действием силы тяжести, то они были изучены Галилеем настолько глубоко и детально, что его выводы и до настоящего времени составляют содержание соответствующих глав курсов механики. Но там, где речь шла о движениях в мировом масштабе, — будь то в отношении приливов вод океана на Земле или движений небесных тел в глубинах мирового пространства, — там механика Галилея оказывалась еще беспомощной и бессильной. Для Галилея несомненным здесь было только одно: никакое тело не может действовать на расстоянии, оказывать свое влияние там, где его нет; и Галилей предпочитал создавать своеобразные теории, только бы не идти вслед за теми, кто допускал, например, воздействие Луны на воды океана, вызывающее их приливные колебания. Мы видели в предыдущем, с каким нескрываемым гневом и раздражением Галилей обрушивался на своего современника, великого астронома Кеплера, мысли которого — правда, не отчетливые — шли именно в направлении признания такого притягательного действия Луны на воды Земли. Теория приливов, которую создал сам Галилей, давно уже забыта, и на ней мы здесь останавливаться детально не будем. Но характерно, что Галилей представляет себе все явление прилива как результат простого «раскачивания» воды в морских бассейнах, совершенно подобно тому, как раскачивается вода в трюме корабля, когда его движение замедляется или ускоряется. Причину подобных ускорений частиц воды в океане Галилей пытается найти, изучая совокупность движений — суточного и годичного, которым подвержены эти частицы вместе с самой Землей. Такая схема не содержит принципиальной ошибки; однако численные соотношения скоростей обоих этих движений здесь отнюдь не тако-

вы, какими их считал Галилей, пользуясь старинным, идущим еще от Коперника, определением размеров орбиты Земли; поэтому теория Галилея, явившаяся, кстати сказать, результатом его исканий и размышлений на протяжении почти трех десятилетий, может объяснить лишь некоторые детали явления, но она дает решительно неверное объяснение его в целом. Тем не менее, в истории науки значение ее остается заметным; она стремится обосновать теорию явлений, оставаясь на одной лишь почве тех движений, которые в данном случае имеют место, и отнюдь не примешивая к ним влияния каких-либо посторонних агентов, т. е. исключая воздействие одних тел на другие на расстоянии. Короче говоря, эта теория механистична в самом элементарном значении этого слова. Напротив, Кеплер, строя свою «Новую астрономию» (1610 г.), мыслит ее вместе с тем как «физику Неба». Он надеяется Солнце способностью вызывать движения планет: Солнце действует на них как бы некоторым магнитным истечением, и за самими планетами Кеплер склонен признать способность реагировать на эти воздействия. Точно так же Луна притягивает воды океана, и если бы «Земля перестала притягивать их, то они втекли бы в тело Луны». Так, для Кеплера вся вселенная насыщена действиями сил. Для Галилея все это не наука, не рациональное познание природы. В одном из писем он прямо высказывает опасение, что такие рассуждения Кеплера могут вызвать у читателя лишь насмешку, лишь издевательство над самым учением Коперника, если только этот читатель признает, что подобные измышления являются дополнением и следствием самого коперниканского учения. Так, в первой половине XVII в. развиваются два диаметрально противоположных, два непроницаемых друг для друга, но одинаково глубоких и важных мирозерцания; ничто не предвещает еще возможного синтеза их коренных противоречий.

На совершенно иных путях стоит еще одна научно-философская доктрина, развившаяся в те же первые десятилетия XVII в. и представляющая собой одну из первых попыток познать явления природы в их целом. Она принадлежит знаменитому французскому математику и мыслителю Рене Декарту (1596—1650 гг.); мы должны коснуться ее в немногих словах, так как без понимания основных установок Галилея, Кеплера, Декарта невозможен и правильный исторический подход к механике Ньютона.

<sup>1</sup> См. «Наука и жизнь», № 3 за 1943 г.

Центральным и глубоким тезисом учения Декарта является утверждение, что наши понятия о пространстве, с одной стороны, и о заключенной в нем материи, с другой, имеют одно и то же конкретное содержание. Отщепить эти понятия одно от другого, по мысли Декарта, невозможно. «Природа вещества или тела состоит вовсе не в том, что оно твердо, или тяжело, или окрашено, и не в том, что оно каким-либо образом действует на наши чувства, но только в том, что оно есть вещество, протяженное по длине, ширине и глубине». Обратно, по Декарту, пространство, свободное от материи, пустого вместителя вещей, пустой коробки для них, не существует. «Протяженность пространства не отличима от протяженности тела». Поэтому, если спросить, что произошло бы с любым сосудом, «если бы можно было изъять все телесное вещество, внутри его находящееся, и притом так, чтобы в него не вошло ничего иного, то в таком случае стенки сосуда сблизилась бы настолько, что они немедленно бы пришли в соприкосновение».

Из этих основных положений развивается у Декарта своеобразное понимание самого явления движения тел. «Так как каждая часть материи настолько соразмерена величине места, которое она занимает, что невозможно, чтобы она распространилась по месту большему или сжалась в меньшее, то мы должны заключить, что всегда имеется круг или кольцо частей материи, которые движутся совместно и одновременно, так что когда одно тело покидает свое место и уступает его какому-либо другому, которое его изгоняет, то само это тело вступает на место другого, а это другое на место третьего и так далее, пока, наконец, последнее в тот же момент не займет места, покинутого первым».

Таким образом, для Декарта и его школы вся мировая материя может двигаться только как бы в виде некоторых замкнутых цепей: в этом положении содержится основа его знаменитой в свое время «теории вихрей». Объяснить какое-либо движение с точки зрения декартовой физики — означало включить это движение в состав того или иного вихря; так, планеты движутся, как бы захваченные подобными вихрями, имеющими свой центр в Солнце; так, воды морей движутся под действием давления вихря, действующего от Луны на земную атмосферу (кстати сказать, Декарт особенно резко подчеркивает свое несогласие с галилеевой теорией приливов); словом, всюду и везде движутся вихри материй, то обычной, то особенной, так называемой «тонкой» или «субтильной», измышленной специально для того, чтобы не оставить во Вселенной ни куска пустого пространства.

Нельзя отрицать, разумеется, что вся эта теория была замечательной по своему замыслу попыткой построить целостное учение о природе, очищенное от пустых схоластических «скрытых свойств» материи, от всяких сил притяжения, действующих между ее частями; все это было, в сущности, программой новой науки о мире как едином учении о материи и ее движениях. В эпоху ее появления такая программа во всяком случае имела всю прелесть свежести и новизны (мы оставляем в стороне ее довольно банальную и неизбежную в эту эпоху религиозную окраску). Один историк науки писал в начале XIX в., что тогда, в XVII в., «не только читались книги Декарта, но молодые профессора философии с жадностью воспринимали его учение либо потому, что оно действительно приводило их в восхищение, либо по той причине, что, объявляя себя

сторонниками новой доктрины, они стремились только найти повод к дискуссиям и к утверждению положений, соблазнительных по их странности»<sup>1</sup>.

Однако дальше этих дискуссий дело не пошло. Ни Декарту, ни его последователям не удалось вывести из «теории вихрей» ни одной из важнейших закономерностей, о которых упоминалось выше: ни галилеева закона падения тяжелых тел, ни кеплеровых законов движения планет по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Как метод и как инструмент научной мысли, декартова теория осталась бесплодной; она игнорировала факты; ломая схоластическое мировоззрение, она строила на его месте догматическое. И, тем не менее, долгие десятилетия эта теория безраздельно господствовала во французской науке, а отзвуки ее можно найти еще и значительно позже — у такого великого мыслителя, как Лейбниц, у механика и математика такой огромной силы, каким был Леонард Эйлер. Когда Эйлер в своей «Теории движения твердых тел» (1765 г.) отказывается представить себе, «каким образом сила (в данном случае — сила тяжести) могла бы распространяться на далекие расстояния от Земли, без посредства какой-либо промежуточной материи»; когда он считает более правдоподобным предположение, что «сила тяжести происходит вследствие действия некоторой тонкой материи, ускользающей от наших чувств», — то он несомненно отдает дань тем же декартовым теориям. В медленном развитии науки XVII—XVIII вв. великие и оригинальные мысли так просто и скоро не отмирают.

Вернемся, однако, к XVII в. Помимо тех главных течений, которые мы связали с именами Галилея, Кеплера и Декарта, можно было бы наметить тут не мало любопытных высказываний, имеющих несомненный интерес для изучения возможных источников мыслей Ньютона. Так, в 1645 г. французский астроном Бульо, полемизируя с Кеплером, утверждает, что если между небесными телами действуют силы притяжения, то их величина должна убывать обратно пропорционально квадрату расстояний, т. е. по тому же самому закону, который Кеплер установил для падения силы света в зависимости от расстояния от его источника. Далее, в 1666 г. итальянец Борелли, создатель весьма странной и абсолютно забытой теперь «математико-врачебной науки», в книге о «Движениях спутников Юпитера», утверждал, что у спутника, вращающегося вокруг планеты, проявляется стремление от нее оторваться, но это стремление уравнивается некоторой тенденцией спутника соединиться с центральной планетой. Высказывая такие суждения, наш математик и медик шел прямо против Галилея, который в одном из своих писем говорил: «Разве не утверждают философы, будто бы Луна и планеты не падают потому, что их удерживает скорость их движения? Вот, действительно, глубокие соображения!» Однако именно здесь Борелли подходил гораздо ближе к истине, чем это мог допустить Галилей в своих жестких механических схемах. Наконец, чтобы исчерпать круг тех имен, на которые ссылается сам Ньютон в своих «Началах», следовало бы остановиться на его вечном оппоненте Роберте Гуке, который в 1674 г. развивал, и притом довольно детально, мысли о взаимных притяжениях небесных тел, не будучи, однако, в состоянии подчинить их определенному математическому закону. Но все это, по нашему мне-

<sup>1</sup> Делямор. История современной астрономии. Париж, 1821, т. II.

1643



1727

## ИСААК НЬЮТОН

нию, не больше как дополнения и варианты к намеченным основным направлениям; все они, несомненно, дают историку науки возможность утверждать, что к концу XVII в. великая задача раскрытия закона движения небесных тел приближалась к решению, но ничто не предвещает той изумительной мощи и законченности, с которыми это решение было представлено Ньютоном в его книге (1687 г.), полное название которой гласит: «Математические начала натуральной философии», — книге, исполненной всей прозорливости гениального математика и физика, где дано окончательное объединение всем конкретным истинам, открытым Кеплером и Галилеем, и где с этих новых позиций нанесен сокрушительный удар декартовой догме и доктрине.

9. Ньютонова «Система мира». В манускриптах Леонардо да-Винчи, столь знаменитого итальянского художника, изобретателя и мыслителя эпохи Возрождения, записан вопрос следующего содержания: «Луна, тяжелая и плотная, на чем она держится, эта Луна?» От вопроса Леонардо веет как бы глубокими предчувствиями: те формальные кинематические схемы, с помощью которых древние геометры стремились представить движение Луны и планет — с той единственной целью, чтобы можно было предвычислять их положения на будущее время, уже больше не удовлетворяют Леонардо; как человек новой культуры, он ищет более глубокого, более проникновенного познания небесных явлений: что удерживает Луну в глубинах мирового пространства? в чем заключается таинственная связность и цельность мироздания?

От постановки вопроса, приблизительно в 1500 г., до окончательного его решения в книге Ньютона проходит около двухсот лет. В третьей части этой книги, носящей название «Система мира», Ньютон дает прямой ответ на неведомый ему вопрос Леонардо: «Луна тяготеет к Земле и силою тяготения отклоняется от прямолинейного пути и удерживается в своей орбите».

Уже в самой формулировке этого тезиса раскрывается перед нами вся глубокая сущность ньютонова решения: прежде всего им устанавливается, что данные самим же Ньютоном общие законы движения, изложенные в 1-й книге «Начал», находят свое применение не только в «Механике земной», но и в «Механике небесной»; таким образом, здесь достигается то объединение двух разделов науки о движении, перед которым остановилась мысль Галилея. Далее, им утверждается единство природы сил — как действующих у самой Земли, так и между небесными телами; иными словами, здесь раскрывается, в очищенном от фантазий виде, та «физика Неба», о которой мечтал Кеплер. Наконец, из этого же тезиса выпадают, как лишний, хотя и невесомый балласт, все те вихри «субтильной» материи, которые, по Декарту, увлекают Луну в ее обращение вокруг Земли.

Для того чтобы выяснить, в результате каких выводов и опираясь на какие именно факты Ньютон приходит к своему фундаментальному положению, мы должны на самое короткое время перейти к языку формул и чисел. Как было ука-



зано в предыдущей статье, важнейшим открытием Галилея в механике было то, что все и всякие тела, какова бы ни была их масса или их состав и какой бы скоростью они ни обладали, при их движении у поверхности Земли приобретают одинаковое во всех случаях ускорение; оно направлено вертикально вниз и потому увеличивает составляющую скорости, взятую в этом же направлении; эта составляющая скорости увеличивается на 9,8 метра в секунду; поэтому всякое брошенное тело непрерывно падает к Земле, и ясно, что до своего падения на Землю оно сможет пролететь тем дальше, чем большей будет его начальная скорость, взятая в направлении горизонта. Поставим поэтому вопрос: можно ли сообщить телу такую начальную скорость, чтобы оно вовсе не упало на Землю, а продолжало бы непрерывно обращаться вокруг нее наподобие некоторого спутника? Механика Ньютона дает утвердительный ответ на этот вопрос; она устанавливает, что любое тело может обращаться по окружности, но лишь в том случае, если оно обладает центростремительным ускорением; иначе оно двигалось бы прямолинейно. Величина этого ускорения определяется скоростью движения тела по кругу (которую назовем  $v$ ) и радиусом круга (который пусть будет  $R$ ). По формуле, данной еще несколько ранее появления книги Ньютона знаменитым механиком и математиком Гюйгенсом, величина центростремительного ускорения оказывается равной  $v^2/R$ . И вот, если это центростремительное ускорение любого тела, — например, камня, брошенного горизонтально у поверхности Земли, — будет как раз равно «галилеевскому» ускорению свободного падения тел, то такой камень не сможет ни оторваться от Земли в силу избытка скорости, ни упасть на нее в силу ее недостатка; следовательно, в таком случае наш камень будет вечно падать на Землю, никогда ее не достигая. Поэтому, если обозначим через  $g$  величину галилеевского ускорения, то ответ на вопрос, поставленный выше, мы найдем в формуле  $v^2/2 = gR$ ; подставляя в нее наблюдаемое значение  $g$  и величину радиуса земного шара ( $R = 6370$  км), получим  $v = 7,90$  км/сек. Следовательно, если телу любой массы сообщить такую скорость, бросая его параллельно горизонту в плоскости земного экватора (иными словами, по касательной к экватору), то оно и будет кружиться вдоль экватора, как вечный спутник Земли.

Таков вывод ньютоновой механики. Можем ли мы проверить его на опыте? Разумеется, нет — и не только потому, что скорость в 7,9 км/сек. еще лежит за пределами наших возможностей, но и по той причине, что сопротивление воздуха существенно исказит картину явления. Но вот оказывается, — и в этом рассуждении мы подчеркнем один из центральных моментов всей ньютоновой системы, — что мы в состоянии проверить этот вывод совершенно иначе, именно *связав его с космическими явлениями, с движениями Луны*. В самом деле, поскольку в галилеевском поле ускорений масса ускоряемого тела роли не играет, мы можем рассматривать наш камень и Луну как два равноправных спутника Земли. Луна описывает в своем обращении вокруг Земли орбиту, которую мы с большим приближением можем принять за окружность со средним радиусом  $r$ , равным 60,3 радиуса земного шара  $R$  ( $r = 60,3 R$ ), т. е. приблизительно 384 000 км. Развивая дальше всю цепь космических обобщений, уподобим систему «Земля — камень — Луна» системе «Солнце — планеты», ибо планеты такие же спутники Солнца, как Луна — спутник Земли.

Движения планет вокруг Солнца по эллиптическим орбитам подчиняются закону, открытому Кеплером (1619 г.); квадраты времен их обращения относятся друг к другу, как кубы больших полуосей соответственных эллипсов. Допустим еще, что этот закон применим и к спутникам, движущимся не по эллипсам, а по кругам. Тогда из закона Кеплера следует, что квадраты скоростей двух спутников, в их обращении вокруг центрального тела относятся друг к другу обратно пропорционально их расстояниям до этого тела. В применении к системе «Земля — камень — Луна» это означает, что скорость Луны должна быть в  $\sqrt[3]{60,3}$ , т. е. в 7,74 раза меньше скорости камня, движущегося у поверхности Земли, и потому она должна бы равняться  $7,90/7,74$ , т. е. 1,02 км/сек. Если же такова ее скорость, то период ее обращения вокруг Земли, по окружности радиуса в 384 000 км, рассчитать не трудно: для него получается 27,3 дня. Но ведь такова и есть истинная наблюдаемая продолжительность обращения Луны вокруг Земли! С незапамятных времен известно, что Луна, обойдя все небо, возвращается к той же звезде через 27 дней 8 часов. Таким образом, все наше вычисление сошлось с действительностью,<sup>1</sup> и, следовательно, все космические обобщения были уместны. Луна действительно непрерывно падает к Земле, так же как к ней падает любой камень; стало быть, и в системе Солнца все планеты падают к нему непрерывно; они «тяготеют» к нему; аналогично, в системе Юпитера и его спутников эти последние непрерывно падают на Юпитер. «Планыты, обращающиеся вокруг Юпитера», — говорит Ньютон, — *тяготеют к Юпитеру; обращающиеся около Сатурна — к Сатурну; обращающиеся около Солнца — к Солнцу, и силою этого тяготения постоянно отклоняются от прямолинейного пути и удерживаются на криволинейных орбитах*. Так переброшен окончательно мост между законами Галилея и Кеплера — мост, который выдержит испытание столетий!

Полученный выше результат относительно скорости Луны можно легко выразить теперь иначе, перенеся весь упор на величину ускорения Луны в ее падении к Земле; действительно, если по закону Кеплера квадраты скоростей движения спутников убывают, как их расстояния до центрального тела, то центростремительные ускорения спутников, равные  $v^2/r$ , должны убывать как квадраты тех же расстояний; значит, ускорение падения Луны должно быть в  $(60,3)^2$  раз меньше галилеева ускорения  $g$  т. е. оно должно быть равно  $0,27$  см/сек<sup>2</sup>. Но здесь уже важно не самое число, а тот общий результат, что на любом расстоянии от центра Земли центростремительное ускорение спутника, иными словами — ускорение его падения к Земле, должно быть равно  $g/r^2$ ; такова общая формула, описывающая гравитационное поле Земли. Такое же поле существует и вокруг Солнца, поскольку система «Солнце — планеты» подчиняется тому же закону Кеплера, который, как мы видели, оправдывается столь замечательно на системе «Земля — камень — Луна». Однако в области Солнца гравитационному полю будет соответствовать формула  $g_1/r^2$ , где  $g_1$  есть ускорение падения тел к Солнцу у его поверхности, не зависящее от их массы; то же самое будет иметь место и в отношении системы Юпитера, где будет действовать уже ускорение

<sup>1</sup> В пределах той небольшой точности, с которой оно проведено, чтобы выяснить, лишь принципиальную сторону дела.

<sup>2</sup> Подразумеваются четыре спутника Юпитера, открытые Галлеем 8 января 1609 г.

вида  $g_2/r^2$  \*. В каком же отношении находятся все эти ускорения, если для сравнения мы возьмем их на одинаковых расстояниях от центров соответствующих небесных тел?

Ответ Ньютона, глубоко материалистический в своей сущности, гласит, что *каждое из этих ускорений является мерилом массы соответствующего тела*; ускорения падения к планетам или к Солнцу, на разных расстояниях от их центров, относятся друг к другу, как массы этих тел: тяготение к какой-либо массе пропорционально этой массе, если под тяготением понимать лишь самое ускорение падения. Но если ввести дополнительно понятие о весе тяготеющих тел как некоторой действующей на них силе и подчинить его общему определению ньютоновой механики, в которой сила полагается пропорциональной произведению массы движущегося тела на его ускорение, то из всего сказанного и получится знаменитое ньютоново «предложение»: *«Все тела тяготеют к каждой отдельной планете, и веса тел на всякой планете, при одинаковых расстояниях до ее центра, пропорциональны массам этих планет»*.

Таков конечный вывод. Как видим, он имеет своими истоками все те же законы Галилея и Кеплера, но отличается от них существенно в одном отношении: Ньютон дает в нем количественное определение меры действия материи, производящей гравитационное галилеево поле: впервые это действие связывается здесь с ее массой. Установив же этот принцип, Ньютон переходит к следующей ступени обобщения и распространяет его на всю материю мира, на все ее части и частицы: *«Тяготение существует ко всем телам вообще и пропорционально массе каждого из них»*. Если кто возразит, — продолжает он, — что все тела, находящиеся у нас, по этому закону должны бы тяготеть друг к другу, тогда как такого рода тяготение совершенно не ощущается, то я на это отвечаю, что тяготение к этим телам, будучи во столько же раз меньше тяготения к Земле, во сколько раз масса тела меньше массы всей Земли, окажется гораздо меньше такого, которое могло бы быть ощущаемо».

Так, постепенно, мы поднимаемся к одному из величайших достижений человеческой мысли — к закону всемирного тяготения, который дается Ньютоном отнюдь не как некоторая абстрактная истина. Напротив, на самых страницах ньютоновых «Начал» мы находим столько замечательных его приложений, что и сейчас невозможно без изумления перелистывать страницы этой книги. Одна за другой, все из этой же простой формулы, раскрывается гармония движений небесных тел; планеты движутся по эллипсам именно под действием центростремительного ускорения, пропорционального массе притягивающего тела и обратно пропорционального квадрату их расстояний; строится понятие возмущающей силы третьего тела на движение планеты или спутника вокруг центрального тела и доказывается, например, что все особенности движения Луны с теми неравенствами, некоторые из которых были известны еще в древности, не потребуют иного объяснения, кроме влияния возмущающего притяжения Солнца; его действием, налагающимся на притяжение Земли, объясняются непрерывные изменения орбиты нашего спутника. Далее, воды океана подчинены тому же действию притяжения Луны и Солнца; в формуле притяжения скрыта вся теория приливов, получившая, как

мы видим, свое завершение отнюдь не на тех путях, которые думал проложить перед ней Галилей. Изучается фигура Земли, устанавливается, что вращающаяся жидкая планета, все частицы которой взаимодействуют по закону тяготения, не может сохранить сферической формы. Здесь же выводится зависимость между ее сжатием, скоростью вращения и притяжением ее массы. В последнем разделе «Системы Мира» Ньютон обращается к проблеме, волновавшей поколения астрономов и представлявшей для них неразрешимую загадку, именно к вопросу о движении комет; он доказывает, что кометы могут двигаться в гравитационном поле Солнца либо по эллипсам, либо по кривым, уходящим в бесконечность, по параболам и гиперболам. Здесь же он дает метод вычисления кометных орбит по наблюдениям их и прилагает его к нескольким кометам, наблюдавшимся в XVII в.

Можно смело сказать, что никогда — ни до, ни после появления ньютоновых «Начал» — совокупность проблем такого порядка не ставилась перед мыслителем, и никогда природа не открывала сразу столько своих тайн перед единым грандиозным усилием.

Огромная наука развилась на основе ньютонова закона; в начале XIX в. знаменитый астроном и математик Лаплас дал ей название «Небесной механики», как бы подчеркивая им, что сверхестественного и божественного нет не только на Земле, но его нет и выше. Но уже и основная ее часть, заключенная в ньютоновых «Началах», должна была произвести потрясающее впечатление на современников; а в то же время неясным и недоказанным представлялось им — особенно за пределами Англии — учение Ньютона с его общей, научно-познавательной стороны. Как, опять притязания! Казалось, Декарт их уничтожил навсегда, а теперь снова их воскрешают англичане, — так мыслил, например, один французский математик начала XVIII в. Тогда же, через несколько лет после появления «Начал», Гюйгенс, которого сам Ньютон не называл иначе, как *великим*, писал: «Декарт лучше, чем его предшественники, познал, что в физике никогда не удастся понять чего-либо за пределами того, что относится к принципам, постижимым человеческому уму, а именно таким, которые зависят от самих тел, рассматриваемых безотносительно к их качествам, и от движений этих тел», и он добавлял: «Для меня очевидно, что причина подобных притязаний [между любыми частицами материи] не может найти объяснения ни в общих принципах механики, ни в законах движения тел». Так началась знаменитая дискуссия между «картезианцами» и «ньютонианцами», длившаяся почти в течение всего XVIII в., — жаркая битва, в которой со всей страстью и мощью своего великого темперамента на стороне Ньютона выступал Вольтер. Чрезвычайно интересные отзывы ее можно найти еще в творчестве Ломоносова. Много раз в своей — увы, слишком короткой — жизни Ломоносов возвращался к фундаментальным вопросам о массе, о весе и тяготении. В диссертации «Об отношении количества материи и веса» он говорил, что «самые первые начала механики, даже физики, еще находятся в периоде обсуждения, так что наиболее выдающиеся ученые этого столетия не могут еще прийти к соглашению о них». Стоя на почве своих физико-химических концепций, он не мог признать, что «в телах существует чистая притягательная сила», и соответственно не мог принять фундаментального тезиса галилеево-ньютоновой механики о незави-

\* Единичей расстояний  $r$  надо считать в первом случае радиус земного шара, во втором — радиус Солнца, в третьем — радиус Юпитера; здесь существенно предположение о том, что фигура этих тел сферична.

симости ускорения падения тел от их веса. Но именно эти сомнения побудили Ломоносова стать одним из пионеров совершенно новой тогда области науки — гравиметрии; он создал маятниковые приборы, с помощью которых надеялся определять малейшие изменения силы тяжести...<sup>1</sup>

Итак, перед наукой XVIII в. стояла глубокая дилемма: существуют ли в действительности все эти силы притяжения и тяготения или это только фантом, созданный человеческим умом? Трудность ее осложнялась еще той особенной позицией, которую занял в этом кардинальном вопросе сам Ньютон. В «Математических началах» Ньютон многократно и с особенной настойчивостью подчеркивал, что физическая сущность тяготения им не рассматривается. Как возникает сила притяжения, посредством каких агентов осуществляется ее действие? — ответа на эти вопросы Ньютон не давал. «Под словом *притяжение*, — говорил он, — я разумею здесь вообще какое бы то ни было стремление тел к взаимному сближению, происходит ли это стремление от действия самих тел, которые или стараются приблизиться друг к другу, или которые приводят друг друга в движение посредством испускаемого эфира, или это стремление вызывается эфиром или воздухом или вообще какой-либо средой, материальной или нематериальной, заставляющей погруженные в нее тела приводить друг друга в движение». Таким образом, Ньютон оставлял открытыми для современников все, какие только мыслимы, пути к объяснению тяготения, но сам не становился ни на один из них. «Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам, и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря» — так гласит в ее торжественной уверенности одна из заключительных фраз «Математических начал». Подобно тому как Галилей за столетия до появления этой книги считал несвоевременным — как мы поясняли в предыдущей статье — входить в обсуждение причин одинакового, равноускоренного падения всех тел к Земле, а предпочитал показать, что наблюдаемые явления протекают соответственно его простому постулату, так теперь Ньютон, расширив столь изумительно весь круг рассматриваемых явлений, оставался на той же самой галилеевой позиции. «Здесь мы занимаемся математикой, и потому, оставив в стороне физические споры, будем пользоваться более обычными названиями, чтобы быть понятными читателям-математикам». Совершенно ясно, что для физиков и астрономов XVIII и даже XIX в. такая установка могла казаться слишком формальной, слишком далекой от первосущности явлений. Они строили одну за другой «теории тяготения» и вели бесконечные споры о природе этой силы, как и предвидел Ньютон.

Однако, пока шли эти дебаты, «Небесная механика» Ньютона уверенно переходила от одного триумфа к другому. Так, один из труднейших для нее вопросов — к тому же очень неясно освещенный самим Ньютоном — касался некоторых особенностей движения Луны, ускоряемого и Землей и Солнцем; этот вопрос приобрел тогда характер пробного камня для всей теории тяготения, и одно время даже казалось, по слову одного из первых русских астрономов<sup>2</sup>, что вся ньютонова теория, взвалившая, как некий Ат-

лант, все небо на свои плечи, теперь грозит разрушиться под его весом и упасть разбитой на Землю. Однако уже в 1750 г. по конкурсу, объявленному Петербургской Академией Наук, знаменитый французский математик Алексис Клеро представил работу, содержавшую полное освещение этого темного вопроса; в ней же он дал и первые таблицы движения Луны, построенные исключительно на ньютоновом законе. Еще через восемь лет тот же Клеро привел ньютонову теорию как бы к некоторому всенародному торжеству. Речь шла о предвычислении возвращения к Солнцу одной из ярких комет, наблюдавшихся еще при жизни Ньютона; она появлялась в 1682 г., и астроном Галлей, великий поклонник Ньютона, установил, что орбита ее весьма походит на орбиту кометы, наблюдавшейся в 1607 г. «Если это была одна и та же комета, появившаяся дважды, — замечает Ньютон в своих «Началах», — то время ее оборота составляет 75 лет... Зная это, не трудно будет определить эллиптическую орбиту этой кометы; но это будет верно, если через 75 лет комета действительно возвратится по этой орбите.<sup>1</sup> Итак, возвращения галлеевой кометы можно было ожидать начиная с 1757 г.; однако Клеро, определив аналитически ее движение, с учетом ускорений, сообщаемых комете как Солнцем, так и наиболее массивными планетами солнечной системы, именно Юпитером и Сатурном, нашел, что данный оборот кометы должен длиться уже не 75, а почти полных 77 лет; в ноябре 1758 г. он сообщил Парижской Академии, что возвращение кометы к ее ближайшему расстоянию от Солнца (технически говоря — к перигелию) произойдет в апреле 1759 г. Из узкого круга академиков и астрономов известие об этом проникает в более широкие народные слои; впервые за всю историю человеческой культуры люди начинают *ожидать комету*: до тех пор они испытывали перед кометами, неожиданно появлявшимися на небе, суеверный страх; они строили гадательные предположения о их природе; но теперь наука сказала им совершенно новое слово: в такой-то месяц комета должна прийти! И вот, толпы веселых и нервных парижан начинают искать на небе хвостатое светило; и оно действительно приходит, на восторг народа, на славу Ньютона и Клеро.<sup>2</sup>

Совершенно естественно, что после таких триумфов ньютонова закона споры философов и физиков о том, существует ли тяготение, является ли оно первичным атрибутом материи или нет, — все это отодвигалось как бы на второй план. А его действительность, его достаточность и необходимость продолжала все более утверждаться в общей системе познания природы; на его основе было предугадано существование двух планет солнечной системы; и эти теоретические указания были подтверждены наблюдениями (открытие Нептуна в 1846 г. и Плутона в 1930 г.); этому же закону, как твердо знает современный астроном, подчинены не только движения планет и комет в солнечной системе, но и относительные движения звезд в двойных и тройных звездных системах, от которых свет идет к нам десятки лет.

При таком положении вещей как надлежит теперь нам относиться к вопросам, когда-то вы-

<sup>1</sup> Подчеркнем еще раз, что масса ускоряемого тела безразлична; для комет она всегда полагается равной нулю.

<sup>2</sup> Как выяснилось, впоследствии, Клеро ошибся всего лишь на 1 месяц в отношении возвращения кометы к перигелию. Комета Галлея возвращалась затем в 1835 и в 1909/10 годах. Последнее вычисление было сделано английскими астрономами Коуэллем и Коммелином и оказалось точным до двух дней.

<sup>1</sup> См. Меншуткин Б. Н. Труды Ломоносова по физике, т. VIII, гл. VIII.

<sup>2</sup> Никита Попов, современник Ломоносова, профессор Петербургской Академии.



звивавшим столь напряженные дебаты? Какой интерес, кроме чисто исторического, представляет для нас эта знаменитая борьба вокруг вопроса о существовании тяготения? Мы думаем, что такая тема имеет в наши дни в основном лишь педагогический, если позволено применить здесь этот термин, интерес. Речь идет о том, как нужно излагать теперь учение Ньютона, а не о том, какое в него вкладывать содержание. Ньютон мыслил свое учение в терминах «сила» и «тяготение», причем этот последний доходил до него от Аристотеля, через Коперника и Галилея, и нес на себе отпечаток совершенно разнородных философских и механических традиций. Однако на предыдущих страницах мы поставили себе целью показать, что изложение основных положений ньютоновой «Небесной механики» опирается лишь на учение о тех ускорениях, которые одни части материи сообщают другим. Эти ускорения наблюдаемы; формы траекторий и время движения несут на себе их явный отпечаток. При этих условиях понятие *силы*, действующей между частями материи, перестает играть доминирующую роль. Такую мысль развивал еще Фр. Энгельс, когда, опираясь на Гегеля, он порицал манеру «придумывать повсюду силы» и говорил: «Если какую-нибудь причину движения [ускорения] называют силой, то это насколько не вредит механике как таковой; но когда благодаря этому при выкают переносить это наименование также и в область физики, химии и биологии, то это приводит к неизбежной путанице».

По Ньютону, материя не отделима от поля развивающихся вокруг нее центростремительных ускорений; в этом ее специфическая, ее органическая активность; она «открыта» и познаваема для нас; по современным, значительно более сложным и абстрактным построениям теории относительности активность материи проникает гораздо глубже: материя модифицирует самое пространство, в которое она погружена, и в этом пространстве ньютоновы ускоренные движения частиц становятся как бы свободными, происходящими по инерции, с той разницей, что их траектории здесь уже не будут прямолинейными; вся ньютонова механика является лишь самым простым «предельным» случаем этих весьма общих схем<sup>1</sup>. Однако, только дойдя до этих глубин, мы начинаем постигать, насколько правы и мудры были Галилей и Ньютон, когда в создаваемой ими науке они отказывались идти дальше изучения движений материи, которое они проводили со всей математической ясностью и полнотой, исходя из простых законов и постулатов, и когда они признавали единственным критерием истинности этих законов соответствие всех выводов из них с миром наблюдаемых явлений.

10. У истоков науки. В истории физико-математических дисциплин ньютоновым «Началам» принадлежит совершенно особенное место: это одно из очень немногих творений по механике, физике и астрономии (и, вероятно, даже единственное), в котором не содержится ни одной принципиальной ошибки<sup>1</sup>. Этого нельзя сказать ни про кого из великих предшественников Нью-

тона: когда мы читаем Коперника или Кеплера, то наряду с вечными истинами мы находим у них целые пласты мышления, неверного в его основе; то же самое, хотя и в значительно меньшей степени, относится и к Галилею. Но на грандиозном здании ньютоновых «Начал» ни одной сколько-нибудь заметной трещины не появилось. И особенно поразительной остается общая архитектура этого здания, поставленного на фундамент немногих «определений» (именно определений тех основных понятий и терминов, которыми будет пользоваться Ньютон) и трех законов (или «аксиом») движения. Разумеется, каждое из ньютоновых определений, так же как и его законы, имеет за собой довольно сложную историю. Так, понятие «абсолютного пространства», в которое Ньютон вмещает материю, идет к нему, повидимому, от одного схоластика VI в. (Иоанн Филопон) и далее через Томаса Мора, автора знаменитой «Утопии». Так, первый закон движения (закон инерции) был высказан в довольно отчетливой форме еще Декартом. К познанию третьего закона (равенство действия и противодействия) весьма близко подходил Галилей: Ньютон признавал даже, что Галилею были известны первые два закона и два следствия из них (паралеллограмм сил). Однако только Ньютон, развив весь комплекс исходных понятий до предельной ясности, сковал его в единое целое и дал основную направленность всей науке о материи и ее движениях. Вместе с тем Ньютон отмечает, что распознавание истинных движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся весьма трудно». Должен ли человеческий разум слагать оружие перед этой трудностью? Нет, отвечает Ньютон, и подчеркивает, что все его сочинение предлагается именно с тем, чтобы показать, как определяются «истинные движения тел по причинам, их производящим, по их проявлениям и по разности кажущихся движений, и наоборот, как находятся по истинным или кажущимся движениям их причины». Знаменитым примером движения воды во вращающемся сосуде Ньютон показывает, как отличать здесь относительное движение воды и стенок сосуда и абсолютное вращение ее вместе с сосудом. В сущности он предугадывает здесь возможность раскрыть вращение системы с помощью наблюдений, не требующих связи ее с внешним пространством; он предвещает этим схему доказательства вращения Земли при помощи маятника Фуко. Этим примером и всем своим учением о силах, всегда пропорциональных ускорениям тел в их абсолютных движениях, Ньютон ищет поднять науку о движениях на более высокий уровень объективного знания; затем на базе его строятся и вся физика, очищенная от ненужных гипотез; первая глава ее есть «Физика Космоса», она же — «Небесная механика» Ньютона. Как далеко ушли мы здесь от бесплодных фантазий и Кеплера и Декарта! Освобождающая мысль Ньютона, построившая науку от самых ее глубоких истоков, открыла перед человечеством невиданные горизонты — как для творческого труда в безбрежных возможностях технической культуры, так и для разумного истолкования движений всей могучей природы, начиная от вечного бега планет и неустанного рокота моря...

правильных рассуждений и выводов по частным вопросам; важнейший из них относится к теории фигуры Земли и был раскрыт еще Клербо.

<sup>1</sup> Именно если принять, что скорость света бесконечно велика. Мысли о связи тяготения с пространством не были чужды и Ньютону; об этом весьма интересные данные в новой книге С. И. Вавилова, Исаак Ньютон, стр. 138—141.

<sup>2</sup> Вообще в «Началах» обнаружено всего лишь несколько не-

# НЬЮТОН - ТВОРЕЦ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

Профессор  
А. А. МИХАЙЛОВ



Четыреста лет назад, в мае 1543 г., умирающий Коперник держал в слабеющих руках первый печатный экземпляр своей бессмертной книги *De revolutionibus orbium coelestium*, в которой он обосновал гелиоцентрическую систему мира. Три четверти века спустя Кеплер

ценой огромной работы, преодолев почти сверхчеловеческими усилиями все превратности судьбы, с точки зрения Коперника вывел из наблюдений Тихо Браге три знаменитых закона движений планет:

1. Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце (рис. 1).
2. Радиусы-векторы планет описывают площади, пропорциональные времени.
3. Квадраты времен обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.

Геометрия планетных движений была разгадана, недоставало физики и динамики.

Сам Кеплер усматривал в Солнце причину планетных движений, приписывая ему притягательную силу, которую он уподоблял силе магнита. Кеплер предполагал, однако, что сила притяжения Солнца действует только в плоскости вращения планет и убывает обратно пропорционально расстоянию планеты от Солнца.

Итальянский математик и астроном Борелли в середине XVII в. говорит о стремлении планет соединиться с центральным телом планетной системы — Солнцем и старается пояснить, как из этого стремления, совместно с противоположно

направленной и не в точности равной ему центробежной силой, возникает движение планеты по эллипсу.

Французский астроном и физик Буалль (латинизировано — Буллиальдус) высказался против неправильных предположений Кеплера. По Буллиальдусу, сила солнечного притяжения должна распространяться от поверхности к поверхности и поэтому должна убывать пропорционально квадрату расстояния.

Еще ближе подошел к открытию закона всемирного тяготения известный английский физик Гук. В 1674 г., за 12 лет до того как Ньютона были переданы Королевскому обществу, Гук писал: «Я изложу систему мира, во многих частностях отличающуюся от всех до сих пор известных систем, но во всех отношениях согласную с обычными механическими законами. Она связана с тремя предположениями. Во-первых, все небесные тела производят притяжения к их центрам, притягивая не только свои части, как мы это наблюдали на Земле, но и другие небесные тела, находящиеся в сфере их действия. Таким образом, не только Солнце и Луна оказывают влияние на форму и движение Земли, а Земля на Луну и Солнце, но также Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн влияют на движение Земли; в свою очередь притяжение Земли действует на движение каждой планеты. Второе предположение состоит в том, что всякое тело, получившее однажды простое прямолинейное движение, продолжает двигаться по прямой до тех пор, пока не отклонится в своем движении другой действующей силой и не будет вынуждено описывать круг, эллипс или иную сложную линию. Третье предположение заключается в том, что притягивающие силы действуют тем больше, чем ближе тело, на которое они действуют, к центру притяжения. Что касается степени этой силы, то я не мог еще определить ее на опыте; но во всяком случае, как только эта степень станет известной, она чрезвычайно облегчит астроному задачу нахождения закона небесных движений, без нее же это невозможно...»

В 1680 г. в письме к Ньютону Гук пишет, что его предположение состоит в том, что притяжение обратно пропорционально квадрату расстояний между центрами. Таким образом, на протяжении 20 лет Гук высказал почти все основные положения «Начал» Ньютона. Если, тем не менее, мы считаем, что именно Ньютон открыл закон всемирного тяготения и прославляем его как

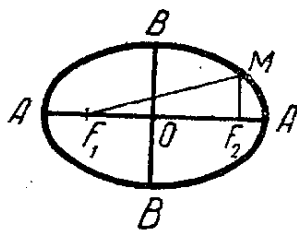


Рис. 1. Эллипс — кривая, характеризующаяся тем, что для любой ее точки  $M$  сумма длин отрезков  $MF_1$  и  $MF_2$  имеет одно и то же значение ( $MF_1 + MF_2 = \text{const}$ ). Точки  $F_1$  и  $F_2$  называются фокусами эллипса, отрезки  $MF_1$  и  $MF_2$  — радиусами-векторами точки  $M$ . Точка  $O$  — центр эллипса,  $AA'$  — его большая ось,  $BB'$  — малая ось

творца небесной механики, то для этого есть глубокие основания.

Высказывания Гука были именно «предположениями», сделанными в неуверенной и бездоказательной форме и продиктованными гениальной догадкой, интуицией, а не строгим расчетом и обоснованием. Ньютон же сумел не только безупречно обосновать закон всемирного тяготения, но и сделать из него все выводы, заложив незыблемые основы науки о движении небесных тел под действием силы тяготения. Как замечает в своей биографии Ньютона С. И. Вавилов, «бесцельная борьба за приоритет набросила тень на славное имя Гука, но истории пора, спустя почти три века, отдать должное каждому. Гук не мог идти прямой, безукоризненной дорогой «Математических начал» Ньютона, но своими окольными тропинками, следов которых нам теперь уже не найти, он пришел туда же».

Представьте себе человека, который высказал догадку о существовании за океаном еще не известной земли, и другого человека, который, руководствуясь таким же предположением, построил и снарядил корабль, переплыл на нем океан, обнаружил новую землю, определил ее положение, проехал ее вдоль и поперек и дал ее подробное географическое описание. Естественно, что мы второго человека будем считать за настоящего открывателя новой земли. Таково же, примерно, соотношение между Ньютоном и его предшественниками, в частности Гуком.

Как же Ньютон подошел к своей задаче — вывести из наблюдений закон тяготения? Прежде всего для этого нужно было знать основные законы механики. Ньютон сформулировал их в трех кратких аксиомах, вернее в словесных формулах, с такой точностью и совершенством, что за прошедшие с тех пор 250 лет не понадобилось изменить в его формулировках ни единого слова, ни единой буквы в отношении явлений, для которых эти законы были даны. Из этих законов он вывел ряд основных положений, касающихся относительного движения тел. Эти законы и теоремы представляют собою тот корабль, на котором Ньютон отправился в путешествие по планетной системе.

Ньютон доказал в общем виде так называемую «теорему площадей» для центральных сил, заключающуюся в том, что если сила, действующая на тело, постоянно направлена к одной точке — центру, то площади, описываемые радиусом-вектором этого тела, т. е. отрезком, соединяющим центр с этим телом, пропорциональны времени, за которое тело проходит соответствующие отрезки своего пути. А так как, согласно второму закону Кеплера, этот закон площадей справедлив для движения планет относительно Солнца, то отсюда Ньютон заключает, что это последнее является центром притяжения.

Далее Ньютон показывает, что движение тела по эллипсу под действием центральной силы возможно в двух случаях: когда сила меняется прямо пропорционально расстоянию и когда она меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Но в первом случае центр притяжения находится в центре эллипса, во втором — в его фокусе. Согласно первому закону Кеплера, Солнце стоит в фокусе эллипса, следовательно сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Этим закон действия силы притяжения был доказан, но пока только в пределах движения каждой планеты в отдельности. Как же меняется сила при переходе от одной планетной орбиты к

другой? Другими словами, что делается в промежутках между эллипсами планетных орбит?

Ньютон доказывает общую теорему, что если времена обращения планет по круговым орбитам пропорциональны радиусам орбит в некоторой степени  $n$ , то центростремительные силы обратно пропорциональны радиусам в степени  $2n - 1$ . Отсюда следует, что если по третьему закону Кеплера  $n = 3/2$ , то сила обратно пропорциональна квадрату расстояния. Это было выведено пока еще только для движения по кругам, но дальше он доказывает и для эллиптического движения, что если сила меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, то удовлетворяется третий закон Кеплера. Таким образом, закон тяготения был установлен для движения всех планет и для пространства между их орбитами.

Спутники Юпитера и Сатурна тоже подчиняются второму и третьему законам Кеплера. Отсюда Ньютон заключает, что эти планеты также притягивают своих спутников с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния. Наконец, движение Луны вокруг Земли также подчиняется второму закону Кеплера, — значит, и Луна притягивается Землей с такой же силой. Вычисляя из скорости движения Луны по ее орбите величину этой силы для поверхности Земли, Ньютон находит, что она численно равна силе тяжести у поверхности Земли. Таким образом, оказалось, что сила тяжести, заставляющая все тела падать на Землю, по своей природе тождественна с силой тяготения.

Итак, тяготение присуще всем телам: Солнцу, планетам и их спутникам. Сила его пропорциональна массе и не зависит от химического состава или физического состояния тел. Она обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами и, следовательно, выражается универсальной формулой:

$$F = f \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  — массы притягивающих тел,  $r$  — расстояние между ними,  $f$  — постоянная, зависящая от единиц измерения масс и расстояния.

Обычно так и формулируют закон тяготения, говоря, что сила пропорциональна массам взаимно притягивающихся тел и обратно пропорциональна квадратам расстояний между ними. Ньютон писал по-латински и употреблял слово *corpusculum* — тельце или частица, т. е. тело исчезающе малых размеров, — то, что мы теперь называем материальной точкой. Это очень существенно, потому что все тела природы состоят из огромного числа таких корпускул; каждая корпускула первого тела притягивает все корпускулы второго, и притом каждую из них иначе, в зависимости от направления и расстояния. Поэтому формулу (1) нужно написать для всех комбинаций корпускул первого и второго тел, попарно взятых; если в первом теле  $n_1$  корпускул, а во втором  $n_2$ , причем эти числа очень велики, то всего выражений (1) для сил притяжения нужно написать  $n_1 \cdot n_2$  и затем для всех этих сил найти равнодействующую. Вот к какому сложному следствию приводит простой по выражению закон тяготения для случая только двух тел. Но тяготение называется «всемирным», потому что все тела природы взаимно притягиваются, а таких тел бесчисленное множество, причем каждое из них состоит из огромного числа «корпускул». Все эти корпускулы взаимно связаны бесчисленными незримыми нитями тяготения, и мы должны найти суммарное действие всех

этих сил. Вот откуда происходит вся сложность науки, называемой небесной механикой, начало которой положил Ньютон. Однако Ньютон не только положил начало небесной механике, он определял и ее дальнейшее развитие.

Ясно, к чему сводится задача: определить притяжение заданного тела на заданную точку. В этом случае второе притягивающее тело состоит из одной только корпускулы; выражение (1) нужно написать по числу корпускул в первом теле и найти равнодействующую всех этих сил. Выразаясь математически, задача сводится к интегрированию силы  $F$ , выраженной формулой (1) и спроектированной на оси координат, по всем массам притягивающего тела. Следовательно, закон тяготения в простом случае притяжения телом точки сводится к нахождению трех интегралов по числу осей координат, по которым ищут составляющие. Но математик знает, насколько трудно бывает вычисление интегралов; лишь для немногих простых тел удастся вычислить эти интегралы в конечном виде.

Ньютон изобрел дифференциальное и интегральное исчисление; он мог поэтому найти притяжение тела простейшей формы — материального шара. Оказалось, что шар притягивает внешнюю точку так, как будто вся масса шара сосредоточена в его центре. Для силы притяжения шара можно написать формулу

$$F = f \frac{Mm}{r^2}, \quad (2)$$

где  $M$  — масса шара,  $m$  — масса притягиваемой точки,  $r$  — расстояние точки от центра шара. Первоначально эта формула была выведена Ньютоном для однородного шара, а затем он показал, что та же формула остается в силе и для шара неоднородного, если только его плотность зависит лишь от расстояния от центра, т. е. имеет одно и то же значение во всех точках, равно удаленных от центра шара.

Ясно, что тот же результат получится и для притяжения двух шаров. Таким образом, простая формула (2) применима к притяжению шаров, причем нужно под  $m$  подразумевать массу второго шара, а под  $r$  — расстояние между их центрами. Так будет, однако, обстоять дело только в том случае, если притягиваемая точка находится вне притягивающего шара. Если же она находится внутри однородного шара, то, как показал Ньютон, закон притяжения совершенно меняется: вместо обратной пропорциональности квадрату расстояния до центра шара притяжение становится прямо пропорциональным первой степени расстояния, хотя каждая отдельная корпускула шара продолжает притягивать по закону (1). Следовательно, по мере углубления внутрь шара сила притяжения равномерно убывает и в центре шара, естественно, становится равной нулю.

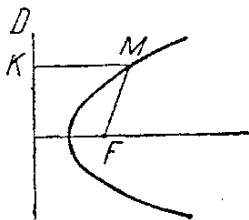


Рис. 2. Парабола — кривая, характеризующаяся тем, что расстояния любой ее точки  $M$  от точки  $F$  (фокуса) и прямой  $D$  (директрисы) равны друг другу:  $MK = MF$

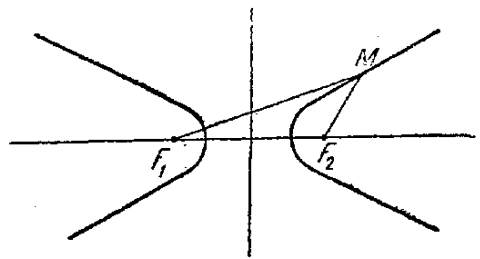


Рис. 3. Гипербола. Для любой точки  $M$  этой кривой разность расстояний ее от двух точек  $F_1$  и  $F_2$  (фокусов) имеет одно и то же значение:  $MF_1 - MF_2 = \text{const}$ . Кривая состоит из двух ветвей, уходящих в бесконечность

Солнце имеет почти точно шарообразную форму; форма планеты тоже близка к шарообразной. Вот почему задача об исследовании движения планет очень близко сводится к задаче о движении материальных точек с массами, равными массам Солнца и планет и помещенными соответственно в их центрах.

Ньютон математически вывел, что под действием центральной силы Солнца планета должна двигаться согласно законам Кеплера, но эти законы получили у него два существенных дополнения.

Во-первых, движение оказалось возможным не только по эллипсу, но и по другим коническим сечениям — по параболе и гиперболе, в фокусах которых находится Солнце (рис. 2 и 3). Примеров таких движений до Ньютона не было известно, но Ньютон указал, что по коническим сечениям, очень близким к параболе, движутся кометы. Мимоходом, одной лишь фразой Ньютон замечает, что если вместо силы притяжения действует сила отталкивания, то движение тела происходит по ветви гиперболы, обращенной к Солнцу своей выпуклой стороной. Это замечание легло в основу теории кометных хвостов, разработанной Бесселем, Бредихиным и нашим современником С. В. Орловым.

Во-вторых, третий закон Кеплера получил хотя и мало заметную, но принципиально важную поправку. Если, по Кеплеру, можно написать его в виде:

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{const}, \quad (3)$$

где  $T$  — период обращения,  $a$  — большая полуось орбиты или среднее расстояние планеты от Солнца, то Ньютон ввел еще поправочный множитель, положив

$$\frac{T^2}{a^3} \cdot \frac{M + m}{M} = \text{const}, \quad (4)$$

где  $M$  — масса Солнца,  $m$  — масса планеты. Так как масса планеты мала по сравнению с массой Солнца, то этот множитель очень близок к единице и практически больших изменений в закон Кеплера не вносит. Происхождение этого множителя объясняется тем, что мы рассматриваем относительное движение планеты вокруг центра Солнца и полуось  $a$  относим именно к этому движению, вместо того чтобы измерять ее в эллипсе, который Земля описывает вокруг общего центра тяжести Земли и Солнца.

Из периода обращения планеты вокруг Солнца и ее расстояния от Солнца, принимая круговое движение, Ньютон находит ускорение, которое Солнце сообщает планете, а отсюда и массу Солнца в условных единицах. Рассматривая таким

же образом движение спутника вокруг планеты, он находит массу планеты в тех же условных единицах. Отсюда Ньютон получает возможность определить относительные массы Солнца и планет, имеющих известных спутников. Так, приняв массу Солнца за единицу, он находит для массы Юпитера  $\frac{1}{1067}$  вместо современного значения  $\frac{1}{1047}$  и для Сатурна  $\frac{1}{3021}$  вместо  $\frac{1}{3501}$ . Для Земли Ньютон получает массу в два раза больше действительной из-за преувеличенного значения параллакса<sup>1</sup> Солнца, точная величина которого в то время была неизвестна.

Определив массы и зная размеры планет, Ньютон находит их плотность, сначала тоже в относительных единицах. Вот его слова: «Солнце немного плотнее Юпитера, Юпитер плотнее Сатурна, Земля же вчетверо плотнее Солнца». Эти данные находятся в полном согласии с современными. Здесь ошибка солнечного параллакса при расчете отношения массы к объему исключилась. Для Земли Ньютон принимает, с удивительной прозорливостью, среднюю плотность между пятью и шестью по отношению к плотности воды. Современное точное значение средней плотности Земли — 5,52 находится как раз по середине между указанными Ньютоном пределами.

Рассматривая вращательное движение планет вокруг их осей, Ньютон заключает, что возникающая при вращении центробежная сила должна растягивать планету по экватору и сжимать по оси вращения. Вот подлинные слова Ньютона: «Если бы у планеты было устранено суточное вращение, то вследствие одинакового отовсюду тяготения частей ее она должна была бы принять форму шара. Вследствие же вращения части близ экватора стремятся удалиться от оси; следовательно, если бы вещество было жидким, то оно своим подъемом увеличило бы диаметр по экватору и своим опусканием уменьшило бы ось у полюсов. Так, диаметр Юпитера (согласно наблюдениям астрономов) оказывается меньшим между полюсами, нежели между востоком и западом. На основании этого рассуждения, если бы наша Земля близ экватора не была немного выпле, нежели у полюсов, то моря, понижаясь у полюсов и поднимаясь у экватора, все бы затопили».

Заметим, что это заключение Ньютона о сплюснутости Земли шло в разрез с результатами градусного измерения Кассини, проведенного в конце XVII и начале XVIII в. во Франции и давшего для Земли форму, вытянутую к полюсам. Ньютон усматривал доказательство своей правоты в том, что многочисленные наблюдения над ходом часов с маятником под разными широтами обнаружили замедление хода часов под экватором по сравнению со средними и северными широтами. Ньютон объяснил это явление уменьшением силы тяжести на экваторе под влиянием двух причин: центробежной силы, которая, однако, сама по себе еще не достаточна для полного объяснения наблюдаемого уменьшения, и сжатия Земли. Он дал верную формулу, выражающую закон изменения силы тяжести с широтой.

Ньютон не только качественно заключил о сжатии Земли у полюсов, но сделал попытку количественно определить, насколько полярный диаметр Земли короче экваториального. Он вы-

числил, на какую долю притяжение однородного сфероида малого сжатия меньше на экваторе, чем на полюсе, решив этим частный случай задачи, полное решение которой было дано лишь 54 года спустя Маклореном; отсюда, исходя из соображений гидростатики, он получил отношение упомянутых диаметров. По его вычислениям оказалось, что Земля должна быть сплюснута у полюсов на  $\frac{1}{230}$  долю экваториального диаметра.

Великий современник Ньютона — голландский физик Гюйгенс тоже произвел расчет сплюснутости Земли, считая, что во всех точках Земли притяжение направлено к ее центру; он получил, однако, для сжатия Земли гораздо меньшую величину —  $\frac{1}{578}$  долю диаметра.

Это разногласие объяснил через 50 лет молодой французский математик Клеро. Оказалось, что расчеты Ньютона верны для однородного строения Земли, т. е. в предположении, что плотность ее всюду одинакова. Сжатие же Гюйгенса, наоборот, относится к такой Земле, вся масса которой сосредоточена в центре, а поверхностные слои имеют бесконечно малую плотность. Эти два значения сжатия представляют крайние пределы, между которыми должно заключаться действительное сжатие, в зависимости от внутреннего строения планеты. Так оно и оказалось, и притом не только для Земли, но и для всех прочих планет, для которых установлено сжатие из наблюдений. Конечно, числовая величина этих пределов для разных планет разная и зависит от их размеров и скорости вращения. Для Земли, например, отношение полярного радиуса (6356,9 км) к экваториальному (6378,8 км) равно 0,9968, тогда как по Ньютону оно должно было бы быть равно 0,9956, а по Гюйгенсу — 0,9984.

Сплюснутая форма Земли не позволила во всех случаях отождествлять Землю с точечной массой, помещенной в ее центре. Ньютон показывает, что сжатую Землю можно в ее механическом действии уподобить шару с насаженным на него по экватору кольцом. Это кольцо, притягиваясь Луною неравномерно в разных своих частях, стремится повернуться так, чтобы плоскость его была постоянно направлена к Луне. Движение Луны по наклонной орбите вызывает мелкие колебания земной оси при медленном ее протрессивном отклонении, сопровождающемся перемещением точки весеннего равноденствия. Так впервые была объяснена причина предварения равноденствий, обнаруженного из наблюдений во II в. до нашей эры Гиппархом, и было предсказано существование нутации, открытой сорок лет спустя Брадлеем.

Притяжением Луны и Солнца Ньютон объяснил известное явление морского прилива. Он вычислил изменение в силе тяжести, вызываемое притяжением этих светил, и показал, что оно в состоянии произвести периодические изменения уровня воды в океане, по величине соответствующие наблюдаемым приливам. Он объяснил наблюдаемые неравномерности приливов различным положением Луны относительно Солнца, изменением расстояния до этих светил и их положения. Он показал при этом, что величина приливобразующей силы обратно пропорциональна кубу расстояния до притягивающего светила.

Вернемся, однако, к движению планет. «Тяготение существует ко всем телам вообще», говорит Ньютон в предложении VII третьей книги своих «Начал». Поэтому тяготение планет друг к другу несколько отклоняет их от движения по кеплеровым эллипсам. Ньютон ввел для этих отклонений

<sup>1</sup> Параллакс — угол, под которым виден с того или иного светила (в данном случае с Солнца) радиус Земли. Зная солнечный параллакс, можно определить расстояние между Солнцем и Землей.



термин «возмущения», применяемый и поныне. Об этих возмущениях он говорит следующее: «Если тело, движущееся по коническому сечению, будет сбито со своей орбиты каким-либо натиском, то можно определить ту орбиту, по которой оно будет затем продолжать свой путь» (следствие 3 предложения XVIII книги I). В этих замечательных словах заключены два понятия, получившие развитие впоследствии и играющие большую роль в современной небесной механике. Во-первых, понятие орбиты, по которой планета «будет продолжать свой путь» по прекращении возмущения, — это то, что ныне называется оскулирующей орбитой. Во-вторых, в этих словах содержится идея метода изменения произвольных постоянных — одного из основных методов учета возмущений.

В другом месте Ньютон сформулировал два случая, когда возмущения остаются в ограниченных рамках и когда планеты «лишь немного уклоняются от эллипсов». Первый случай — когда «несколько малых тел обращается около какого-нибудь одного большого в различных от него расстояниях»; второй случай — когда «система многих малых тел, обращающихся около большого, или просто система двух тел, обращающихся друг около друга, подвергаются действию еще гораздо большего тела, находящегося весьма далеко в стороне».

Первый случай имеет место в движении планет вокруг Солнца, второй — в движении спутников вокруг планеты, в частности в движении Луны вокруг Земли, при наличии возмущающего действия Солнца. Это последнее движение Ньютон исследовал с большими подробностями. Он объяснил притяжением Солнца все неравенства движения Луны, которые были известны из наблюдений; открыл ряд новых неравенств, не наблюдаемых прежними астрономами по их малости или сложности действия. По остроумию и глубине теории движения Луны Ньютона не превзойдена никем в области физико-математических наук.

Последний раздел книги Ньютона посвящен кометам, которые представляли в то время и по своему движению и по природе полную загадку. Ньютон приводит убедительные доводы в пользу того, что кометы движутся вокруг Солнца по очень эксцентричным вытянутым орбитам, близким к параболам (рис. 2); что они сияют отраженным солнечным светом и поэтому бывают видны только в достаточной близости к Солнцу; что хвост кометы «есть тончайший пар, испускаемый головой или ядром кометы вследствие его теплоты при нагревании Солнцем».

Дальше, после некоторых вспомогательных теорем, ставится такая задача: «Определить по заданным трем наблюдениям орбиту кометы, движущейся по параболе». Эту задачу Ньютон признает «весьма трудной» и тем не менее дает ее решение с помощью геометрического построения, причем попутно выводит замечательное соотношение между двумя радиусами-векторами, хордой, соединяющей их концы, и временем. Расшифрованное это соотношение дает знаменитую формулу, ныне называемую уравнением Эйлера-Ламберта и составляющую краеугольный камень всех способов определения параболических орбит. Наш крупнейший знаток Ньютона и переводчик «Начал» академик Алексей Николаевич Крылов, пользуясь замечанием Лагранжа, вывел формулу Эйлера-Ламберта из леммы X, данной Ньютоном.

Ньютон применил свой способ для определения параболических элементов орбиты большой кометы 1682 г., пользуясь наблюдениями Галлея, Поунда и своими собственными, произведенными семифутовым телескопом с нитяным микрометром. В течение почти трехмесячного промежутка, охваченного наблюдениями, движение кометы представилось орбитой Ньютона с точностью до  $10'$ , что для графического решения нужно признать превосходным. Галлей, определивший орбиту той же кометы по методу Ньютона при помощи вычислений, получил согласие с наблюдениями с еще большей точностью.

Считая, что движение комет, возможно, происходит и по очень вытянутым, близким к параболам эллипсам, Ньютон указал способ исправления параболической орбиты и превращения ее в эллиптическую. Как известно, Галлей блестяще оправдал это предположение, открыв периодичность кометы 1682 г., получившей название кометы Галлея и появлявшейся с тех пор в 1759, 1835 и 1910 гг.

Величие и значение Ньютона в большой степени связаны с двумя характерными чертами его творчества.

Во-первых, Ньютон никогда не ограничивается одной лишь качественной стороной явлений, а всегда исследует и количественную, не успокаиваясь до тех пор, пока не приведена в согласие с наблюдением теоретически выведенная величина явлений. Это относится и к движению планет, их спутников и комет, и к вращению Земли, и к приливам, и ко многим другим явлениям, рассмотренным Ньютоном. При этом мастерство, с которым Ньютон исследует количественную сторону явлений, поистине изумительно и превосходит все, что было сделано в этом отношении до него. То обстоятельство, что во время Ньютона не были еще точно известны некоторые фундаментальные величины, как, например, параллакс Солнца, вследствие чего некоторые численные данные Ньютона ошибочны, несколько не умаляет его заслуг.

Вторая черта заключается в том, что Ньютон не ограничивается формулировкой основных законов и положений, но выводит из них разнообразнейшие следствия, с удивительной полнотой исчерпывая весь круг охватываемых явлений. В результате этого в трудах Ньютона мы встречаем уже вполне развитые основы всех современных разделов небесной механики. Трудно найти такую область этой науки, в которой Ньютон не сказал бы первого слова, предвосхитившего и предопределившего ее дальнейшее развитие.

Со времени выхода в свет первого издания «Начал» Ньютона прошло 256 лет. За это время каждый раздел, каждая глава этой книги развились в большой отдел науки. Открытие двойных звезд, совершающих эллиптическое движение вокруг общего центра тяжести, и успешное применение ньютоновского закона тяготения в звездной динамике, с одной стороны, и экспериментальное обнаружение притяжения между телами, с другой — сделали этот закон действительно законом всемирного тяготения. Трудными великими математиками и астрономами, из которых в первую очередь нужно назвать Лагранжа, Лапласа, Лаверрье и Ньюкомба, из закона всемирного тяготения были выведены, в применении к солнечной системе, все вытекающие следствия и объяснены мельчайшие детали наблюдаемого движения планет и их спутников. Каждое открываемое отклонение наблюдаемого движения от

теории, после дополнительного развития теории, превращалось в триумф этой последней: так было во время Лапласа с большим неравенством в движении Сатурна, объясненным возмущением Юпитера, связанным с близкой соизмеримостью между периодами обращения этих двух планет; так было с вековым ускорением Луны, объясненным уменьшением эксцентриситета земной орбиты; так было с загадочными отклонениями в движении Урана, поведшими к открытию новой планеты — Нептуна, которую увидел «на кончике пера» в своих вычислениях Леверрье. Теория движения Луны, развитая Эйлером, Делоне, Ганзеном, Хиллом и Броуном, позволила составить таблицы движения нашего спутника, учитывающие свыше 1500 членов разложения пертурбационной функции и представляющие высшее достижение вычислительного искусства.

Теория вращения Земли позволила обосновать координатную систему для ориентировки в космическом пространстве и разработать систему для измерения времени.

Теория притяжения, основанная Ньютоном, дала начало теории потенциала со всеми многочисленными приложениями ее, в частности теории фигуры планет. Практическим приложением этой теории являются успешные поиски полезных ископаемых с помощью гравиметрического метода разведки.

Определение орбит по трем наблюдениям, развитое Гауссом, Ольберсом, Энке и другими теоретиками, позволило организовать планомерные поиски малых планет и развить область кометной астрономии.

Таким образом, «Начала» Ньютона являются могучим корнем, из которого выросло ветвистое дерево современной динамической астрономии.

Все ли наблюдаемые движения небесных тел объясняет теория Ньютона? Еще недавно оставались необъясненными довольно значительные, с точки зрения современной точной науки, флуктуации (колебания) в движении Луны и гораздо меньшие отклонения в движениях Меркурия, Венеры и Земли. Теперь они объяснены неравномерностью вращения Земли вокруг оси, вызывающей неправильность измерения времени по сравнению со временем уравнений динамики. Достаточно уверенно можно говорить лишь о небольшой доле в вековом движении перигелия Меркурия, которая не объясняется теорией Ньютона и требует поправки, вводимой теорией относительности Эйнштейна.

Но если закон всемирного тяготения получил такое всеобъемлющее развитие и применение в динамической астрономии, то относительно природы силы тяготения, механизма ее действия и скорости распространения известно еще очень мало, несмотря на большие работы в этом направлении. Этому вопросу мы здесь касаться не будем.

В заключение, говоря о великом творении Ньютона, мы скажем словами Лапласа, что «наука беспредельна, как и природа. Она разрастается в бесконечность работами последовательных поколений. Самый совершенный труд поднимает ее на высоту, с которой она уже никогда не спустится, и порождает новые открытия, которые поднимают ее еще выше, но вместе с тем подготавливают новые труды, которые его заменят. Другие исследователи представят с более общей и простой точки зрения теории, изложенные в книге «Начал», и раскрытые в ней истины. Но этот труд останется вечным памятником глубины гения, раскрывшего нам величайший закон природы».

# УЛЬТРАЗВУК

(ОКОНЧАНИЕ)

Доктор физико-математических наук

С. М. РЫТОВ

## СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА

В

первой части этой статьи<sup>1</sup> мы ознакомились с теми способами, при помощи которых получают ультразвук, т. е. механические колебания с частотами, превышающими верхнюю границу слышимости человека являются: 1) колебания некоторых кристаллов (кварца, турмалина),

помещенных в переменное электрическое поле, например между металлическими обкладками, на которые подано переменное электрическое напряжение высокой частоты, и 2) колебания стержней или трубок, сделанных из феррометаллов (железа, никеля, кобальта и их сплавов) и помещенных в переменное магнитное поле, например внутри проволочной катушки, по которой пропускается ток высокой частоты. Первый способ основан на пьезоэлектрическом эффекте, второй — на явлении магнитострикции. Пьезоэлектрические силы, как мы видели, намного превосходят силы электростатического притяжения и отталкивания между заряженными телами. Равным образом магнитострикционные силы гораздо больше обычных магнитных сил, вызываемых электрическими токами. Именно поэтому указанные два явления и позволили решить задачу о превращении электрических колебаний высокой частоты (радиопередач) в достаточно мощные механические колебания той же частоты.

Каковы же свойства ультразвуковых колебаний и волн? В чем заключаются их особенности по сравнению со звуком — тоже механическими колебаниями и волнами, но с частотами, лежащими в границах слышимости: от 16 циклов (колебаний в секунду) до 17–20 килоциклов? И, наконец, что дает ультразвук физике и технике?

В первой части статьи мы коснулись по сути дела всех характерных особенностей ультразвука. Вкратце они сводятся к следующему:

1) ультразвук неслышим, и поэтому можно использовать очень большие его мощности, не перегружая собственных ушей и не выдавая себя посторонним ушам, когда это не нужно;

2) ультразвук большой мощности легче получать, чем звук;

3) ультразвуковые волны имеют весьма малые длины: до десятых долей миллиметра в твердых телах и до сотых — в жидкостях и газах. Это обстоятельство, также обусловленное высокой частотой колебаний<sup>2</sup>, влечет за собой особенно важ-

ные следствия, а именно — легкость получения направленного ультразвукового излучения и наличие сильной оптической активности ультразвуковых волн (ниже мы остановимся и на том, и на другом); наконец, что особенно интересно для физиков,

4) при таких высоких частотах механических колебаний, какие мы имеем в ультразвуке, в телах наблюдаются некоторые явления, связанные со свойствами молекул, из которых тела построены.

Имея в виду все перечисленные особенности ультразвука, мы начнем наш краткий обзор его физики и техники с его механических действий.

Ультразвуковая волна, как и волна звуковая, распространяясь в газе или жидкости и встречая на своем пути какие-либо инородные тела, оказывает на поверхность этих тел давление, которое периодически изменяется с такой же частотой, с какой происходят колебания в самой волне и в ее источнике. При благоприятных условиях это давление может вызвать интенсивные колебания тела, на поверхность которого оно действует.

Если тело очень маленькое, например взвешенная в жидкости или газе пылинка, то оно будет колебаться вперед и назад по направлению распространения волны. К этому случаю мы вернемся ниже.

Если же тело велико по сравнению с длиной волны ультразвука и в целом остается неподвижным, то в нем возникнут колебания отдельных частей друг относительно друга. Иными словами, в теле начнутся так называемые вынужденные упругие колебания.<sup>1</sup> Это обстоятельство оказывается практически чрезвычайно важным, так как вынужденные ультразвуковые колебания позволяют создать приемник ультразвука, так сказать ультразвукое ухо.

Действительно, представим себе, что тело, на которое падает ультразвуковая волна, есть пьезокварцевая пластинка — совершенно такая же, какая используется в качестве излучателя. Падающая на пластинку волна возбудит вынужденные колебания пластинки по толщине. Как мы уже указывали в первой части статьи, колебания будут наиболее интенсивными при резонансе, т. е. при совпадении частоты волны с какой-либо из собственных частот пластинки. Вспомним теперь, что пьезоэлектрический эффект обратим. Электрическое поле деформирует пьезокристалл,

<sup>1</sup> Для читателей, более знакомых с физикой, должно быть ясно, что эти упругие колебания представляют собой не что иное, как устанавливающиеся в теле стоячие ультразвуковые волны.

<sup>1</sup> См. «Наука и жизнь», № 3, за текущий год.

<sup>2</sup> Напомним, что длина волны равна скорости распространения звука, деленной на частоту.



### Схема радиосвязи



### Схема ультразвуковой связи

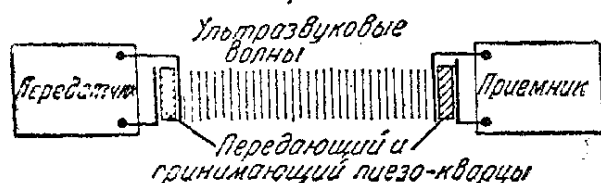


Рис. 1. Схема радиосвязи и связи при помощи ультразвуковых волн.

что и используется для получения ультразвука. Но и обратно — при деформации пьезокристалла на его поверхности появляются электрические заряды. Это последнее обстоятельство тотчас же можно использовать для того, чтобы превратить вынужденные механические колебания пьезокварцевой пластинки в колебания электрического напряжения между ее металлическими обкладками.

Все последующее осуществляется хорошо известными методами радиотехники: колебания напряжения на обкладках принимающей пьезопластинки усиливаются с помощью радиоламп, гетеродинируются, детектируются и т. д. Короче говоря, эти слабые электрические колебания подводятся к обыкновенному радиоприемнику, который реагирует совершенно так же, как и на электрические радиокосебания, принимаемые антенной (рис. 1).

Если, в частности, излучатель ультразвука работает не непрерывно, а только при нажатии ключа, т. е. посылает отдельные ультразвуковые сигналы большей или меньшей длительности (рис. 2, а), то приемник воспринимает их как радиотелеграфные сигналы — точки и тире азбуки Морзе. Но не трудно осуществить и ультразвуковую телефонию, заставить ультразвук переносить с собой слышимый звук. С этой целью амплитуду (размах) электрических колебаний, подаваемых на обкладки кварца-излучателя, меняют в такт со звуковыми колебаниями, которые необходимо передать (рис. 2, б). Процесс этот называется *модуляцией* и знаком каждому, кто хоть немного интересовался радиосвязью. Вместе с усилением и ослабле-

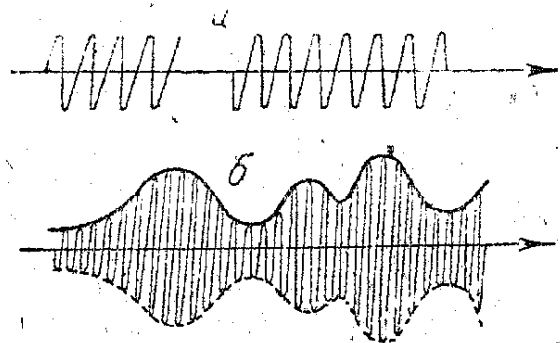


Рис. 2, а — отдельные «пакеты» или «цуги» ультразвуковых волн различной длительности, б — модулированная ультразвуковая волна

нием колебаний излучающего кварца усиливается и ослабляется посылаемая им ультразвуковая волна. Падающая на приемный пьезокварц, такая волна заставит его колебаться с такой же модуляцией, и в телефоне приемника мы услышим передаваемые звуки.

Итак, ультразвук может служить средством связи наряду с радиоволнами. Особенно пригодной средой является при этом вода, а не воздух, вследствие гораздо лучшей отдачи мощности излучателя и значительно меньшего поглощения ультразвуковых волн. Поэтому на практике ультразвуковая связь осуществляется только как подводная связь<sup>1</sup>.

Радио и ультразвук равноценны в отношении отсутствия непосредственной слышимости, но, разумеется, у каждого из этих средств связи есть свои особенности. По сравнению с радио ультразвуковая связь имеет существенный недостаток — гораздо меньшую дальность передачи, не превышающую нескольких километров. С другой стороны, огромным преимуществом ультразвука является легкость получения резкой направленности излучения.

Мы привыкли к тому, что звук хорошо огибает препятствия. Когда мы подходим к перекрестку улиц, то гудок автомобиля, едущего наперекрест, слышен из-за угла. Это значит, что звуковые волны огибают углы домов (рис. 3, а). Свет же автомобильных фар не заворачивает за углы домов: он распространяется в резко очерченном конусе, и заштрихованные места на рис. 3, б оста-

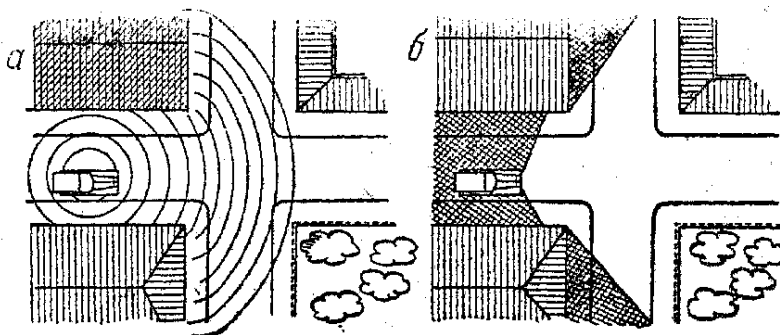


Рис. 3, а — звуковые волны огибают углы домов, б — световые волны не огибают препятствий, создают тень

ются в тени. Существенно ли здесь, что в одном случае речь идет о звуке, т. е. о механических колебаниях, распространяющихся в воздухе, а в другом — о свете, об электромагнитных волнах, или это различие обусловлено другими факторами, не связанными с природой волн?

В первую очередь обращает на себя внимание чисто геометрический фактор — соотношение ширины улицы и длины волн. В то время как звуковые волны, испускаемые автомобильными гудками, имеют длину больше метра и, следовательно, лишь раз в десять меньше ширины улицы, световые волны имеют длину в несколько десятых миллиметра и, следовательно, меньше расстояния между углами домов в десятки миллионов раз. Не будет ли свет огибать углы пропорционально уменьшенным отверстиям, и не даст ли звук со значительно более короткой волной столь же резко ограниченный конус, какой дает свет? Оказывается, дело обстоит именно так.

Прямолинейное распространение любых волн имеет место лишь до тех пор, пока размеры встречающихся на пути тел — отверстий, экранов, отражателей и т. д., заметно превышают дли-

<sup>1</sup> Хотя бы и между надводными объектами, например кораблями.

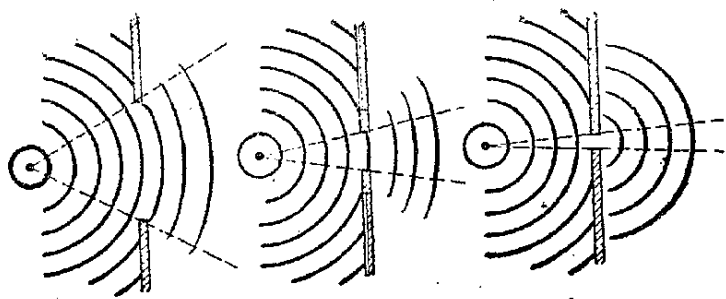


Рис. 4. Отверстие в перегородке выделяет тем менее резкий пучок волн, распространяющихся по поверхности воды, чем оно меньше

ну волны. В противном случае можно наблюдать так называемое явление дифракции волн: волны огибают препятствия, заворачивают за их края. Положим, например, что периодическими ударами по поверхности воды мы создали на этой поверхности волны. Перегородка с отверстием, поставленная на пути распространения волн, будет выделять «пучок» тем менее резкий, чем меньше отверстие (рис. 4). При отверстии, малом по сравнению с длиной волны, из него будет выходить отнюдь не узкий луч, показанный пунктиром на рис. 4, а полукруглая волна, как будто самое отверстие является источником.

Из сказанного ясно, почему легко получить направленное излучение ультразвуковых волн. Для этого не нужно даже применять какие-либо диафрагмы или рефлекторы: поверхность самого излучателя — пьезокварцевой пластинки или мозаики — уже сама дает направленный пучок, так как эта поверхность в несколько раз больше длины ультразвуковой волны. Правда, практически не удастся получить колебания всей поверхности излучателя как единого целого: колебания всегда неоднородны, т. е. поверхность разбивается узловыми (неподвижными) линиями на отдельные участки, колеблющиеся в противоположных фазах. Однако размеры таких участков все еще велики (или, лучше сказать, не малы) по сравнению с длиной волны ультразвука, и поэтому хорошая направленность излучения сохраняется.

Радиоволны тоже можно излучать в виде направленного «пучка», но при одинаковой частоте длины радиоволны во столько же раз больше длины ультразвуковой волны, во сколько раз скорость распространения радиоволн (300 000 км/сек.) больше скорости распространения ультразвука (в воде 1,5 км/сек.). Например, при частоте 50 килогерц радиоволна имеет длину 6 км, а ультразвуковая волна в воде — 3 см. Чтобы излучать километровые волны направленным образом, необходимы огромные антенные устройства. Для волны же в 3 см хорошая направленность получается от кварцевой мозаики диаметром в 10–15 см. Конечно, для ультракоротких радиоволн получение направленного излучения также не представляет труда, но этим волнам соответствуют очень высокие частоты. Говоря о преимуществе ультразвука в отношении направленности, мы имеем в виду такие частоты, при которых создание направленного излучения в случае радиоволн является весьма сложным делом.

Направленность важна не только потому, что она дает дополнительную гарантию от подслушивания. Направленность означает также концентрацию излучаемой энергии в сравнительно узком конусе; она позволяет поэтому при одной и той же мощности излучателя увеличить дальность связи. Кроме того, принимая «эхо» от направленного пучка ультразвуковых волн, отраженного от того или иного препятствия, мы можем

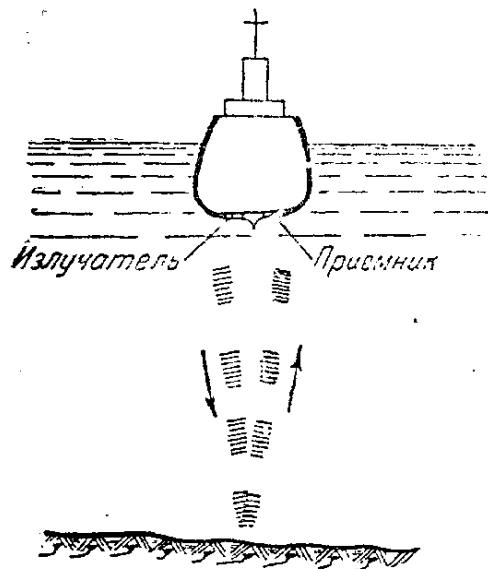


Рис. 5. Схема устройства эхолота

правильно определить расстояния до этого препятствия. Это обстоятельство позволило осуществить устройство ультразвукового эхолота, т. е. прибора для измерения глубины морского дна.

Эхолот состоит из излучателя и приемника ультразвука, большей частью магнитострикционных, которые укреплены в дне корабля (рис. 5). Излучатель посылает короткие сигналы, а приемник снабжен устройством, измеряющим время между моментом посылки сигнала и моментом прихода сигнала, отраженного морским дном. Это запаздывание ультразвукового эхо ( $t$ ) равно, очевидно, удвоенной глубине в данном месте ( $2h$ ), деленной на скорость распространения звука в воде, т. е. на постоянную известную величину  $v$ :

$$t = \frac{2h}{v}.$$

Таким образом, измерив  $t$ , мы тотчас же получим глубину  $h$ . Прибор обычно имеет автоматический регистрирующий механизм, который при движении корабля непрерывно вычерчивает на равномерно движущейся бумажной ленте профиль морского дна.

Если применять в эхолоте звуковые сигналы, то излучение их будет почти ненаправленным и приемник воспримет эхо, приходящее от ближайшего к кораблю участка дна, лежащего, вообще говоря, не на вертикали под кораблем. При этом

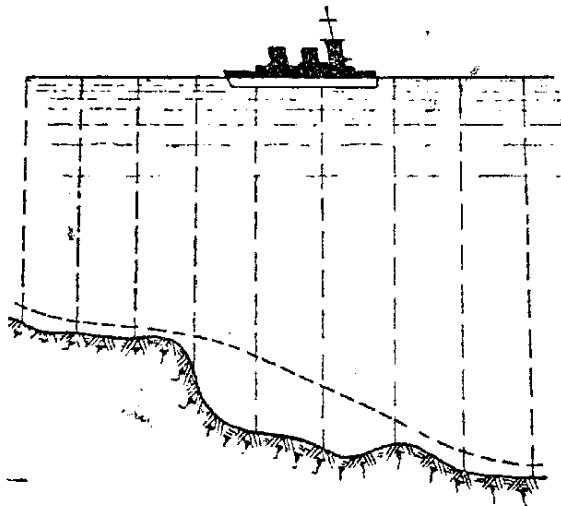


Рис. 6. Искажение профиля дна, которое имело бы место при применении звуковых волн вместо ультразвуковых

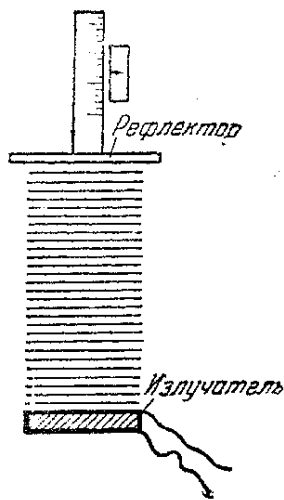


Рис. 7. Схема ультразвукового интерферометра

профиль дна получился бы искаженным, а глубина была бы преуменьшена. Рис. 6 поясняет это. На этом рисунке показан истинный профиль, снятый с помощью ультразвука, и искаженный профиль, снятый с помощью слышимого звука (пунктирная кривая).

Само собой понятно, что устройство, аналогичное эхолоту, но действующее в горизонтальном направлении, дает возможность предупреждать корабль при отсутствии видимости о близости скал или айсбергов.

Существуют навигационные устройства, в которых ультразвук используется в комбинации с радиоволнами. У входа в порт Кале еще в 1923 г. была установлена так называемая ультразвуковая фара. На берегу находится передатчик, одновременно посылающий радиосигнал и ультразвуковой сигнал. Эти сигналы принимаются двумя приемниками на корабле. При помощи таких же устройств, как и в эхолоте, производится сравнение моментов прихода обоих сигналов. Радиосигнал практически доходит до корабля мгновенно, запаздывание же ультразвукового сигнала позволяет определить расстояние от корабля до входа в порт.

Достоинством всех таких способов сигнализации по сравнению с оптическими является их независимость от наличия тумана и вообще от условий видимости.

До сих пор мы говорили о технических приборах, в которых функции излучателя и приемника ультразвука разделены. Но представим себе теперь, что перед излучателем, например пьезокварцевой пластинкой, поставлен рефлектор, возвращающий ультразвуковую волну обратно на излучатель. В газе таким рефлектором может служить металлическая пластинка, в жидкости — воздушная «пластинка», т. е., попросту, плоская полая коробка. Реакция отраженной рефлектором волны на излучатель может быть использована для выяснения некоторых свойств среды, находящейся между излучателем и рефлектором. Поэтому такой аппарат приобретает непосредственный интерес для физиков. Он был впервые предложен Пирсом в 1925 г. и назван ультразвуковым интерферометром. На рис. 7 показана схема интерферометра Пирса.

Наиболее интенсивные ультразвуковые колебания в столбе жидкости или газа между излучателем и рефлектором будут получаться тогда, когда частота ультразвука совпадает с какой-либо из собственных частот этого столба. Собственные же частоты такого столба соответствуют тем условиям, когда на длине столба укладывается целое

число полуволн. Для продольных колебаний столба жидкости или газа дело обстоит здесь совершенно так же, как и для поперечных колебаний струны<sup>1</sup>. Если мы будем изменять расстояние между излучателем и рефлектором, удаляя или приближая последний, то через каждые полуволны будет происходить большое усиление колебания промежуточной среды, а значит и усиление реакции на излучатель<sup>2</sup>.

О величине этой реакции легко судить по изменению режима того электрического устройства, от которого берется переменное напряжение на обкладки излучателя. Если, например, это ламповый генератор, то с изменением реакции будут меняться сеточный и анодный токи. Таким образом, измерив перемещение рефлектора и разделив его на число пройденных максимумов обратной реакции, мы получим половину длины ультразвуковой волны  $\lambda/2$ . Зная же  $\lambda$  и частоту ультразвука  $f$ , мы тотчас же получаем скорость распространения ультразвука в исследуемой среде по формуле

$$v = \lambda f.$$

Точность определения скорости ультразвука  $v$  с помощью интерферометра Пирса удастся довести до 0,1%. Столь точное определение скорости распространения ультразвука представляет интерес потому, что позволяет обнаружить зависимость скорости распространения ультразвука  $v$  от его частоты  $f$  (так называемую дисперсию скорости звука) даже в том случае, если эта зависимость очень невелика.

В области слышимого звука дисперсия практически отсутствует, и это чрезвычайно существенно для того, что и как мы слышим. Действительно, вообразим на минуту, что имелась бы заметная дисперсия скорости звука в воздухе. Пусть, для примера, звуки низкой частоты распространялись бы медленнее, чем высокой. Тогда, находясь на некотором удалении от оркестра, мы услышали бы вместо гармоничных созвучий какофонию, так как высокие тоны достигали бы наших ушей раньше низких.

Отсутствие дисперсии при звуковых частотах вполне согласуется с теорией распространения звука. Для высоких ультразвуковых частот теория предсказывает в некоторых случаях появление дисперсии. Она должна иметь место в многоатомных газах, т. е. таких газах, молекулы которых состоят из двух и более атомов. Таковы, например, хлор (два атома в молекуле) и углекислый газ (один атом углерода и два атома кислорода в молекуле). Кроме того, на основании теоретических соображений можно ожидать наличия дисперсии в вязких жидкостях (глицерин, касторовое масло и т. п.). Измерения вполне подтверждают эти выводы теории. Например, для углекислого газа получено, что скорость распространения ультразвука увеличивается на 4% в интервале частот от 100 кц до 1 Мц. Как величина прироста скорости, так и значения частот, при которых он происходит, теоретически связаны со структурой молекул. Таким образом, ультразвуковой интерферометр Пирса дает дополнительный материал для изучения молекул.

Интерферометр Пирса позволяет измерять не только дисперсию скорости распространения ультразвука, но и его поглощение в различных жидкостях и газах. Распространяясь в той

<sup>1</sup> Эта аналогия была подробно рассмотрена в первой части статьи.

<sup>2</sup> При этих положениях рефлектора в среде между излучателем и рефлектором устанавливается наиболее интенсивная стоячая волна.

или иной среде, ультразвуковая волна постепенно теряет свою энергию, поглощается. Энергия ультразвуковых колебаний переходит в теплоту, идет на нагревание среды. Легко понять, что произойдет благодаря поглощению в интерферометре Пирса. При достаточно большом удалении рефлектора от излучателя волна, посланная излучателем и отраженная рефлектором, вернется настолько ослабленной, что практически не даст никакой реакции на излучатель. Ослабление обратной реакции по мере удаления рефлектора и дает возможность измерить поглощение волны в той или иной среде.

Поглощение быстро усиливается с увеличением частоты ультразвука, в газах оно больше, чем в жидкостях. Например, в воздухе при частоте 100 кц волна поглощается на расстоянии 3 м от излучателя, а при частоте 1 Мц — уже на расстоянии всего в 2,5 см. В воде же, даже при частоте 3,6 Мц, волна поглощается на расстоянии 80 см.

Мы не можем входить в детали этого интересного и важного вопроса, который также связан со строением молекул и структурой жидкостей. Следует отметить, что в излучении дисперсии и поглощения ультразвука не мало сделано советскими физиками, в частности в работах, проведенных в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР.

В твердых телах, в том числе в металлах, ультразвуковые волны даже при очень высоких частотах поглощаются сравнительно мало. Это обстоятельство весьма существенно для большой области технического применения ультразвука — ультразвуковой дефектоскопии, созданной сталинским лауреатом проф. С. Я. Соколовым.

Речь идет об обнаружении внутренних изъянов — раковин, трещин — в металлических отливках, бетонных балках и т. п. Большое экономическое значение такой предварительной отбраковки материала очевидно. По сравнению с рентгеновскими и радиоактивными гамма-лучами ультразвук обладает тем преимуществом, что он позволяет «просвечивать» очень большие толщи металла или бетона — до нескольких метров. Способы, развитые проф. Соколовым, основаны на том, что ультразвук сильно отражается от границы твердого тела с воздухом. Поэтому даже очень тонкие полости в металле практически не прозрачны для ультразвука и, так сказать, отрабатывают «ультразвуковую тень».

На рис. 8 показана схема одного из дефектоскопов проф. Соколова. В наполненной трансформаторным маслом ванне 1 находится ультразвуковой излучатель 2, над которым по роликам 3 передвигается исследуемый образец 4. Пройдя через металл, ультразвуковая волна создает на поверхности масла рябь, которая хорошо видна

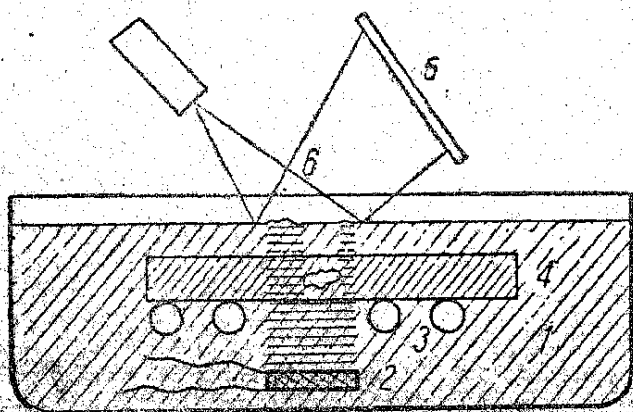


Рис. 8. Схема ультразвукового дефектоскопа

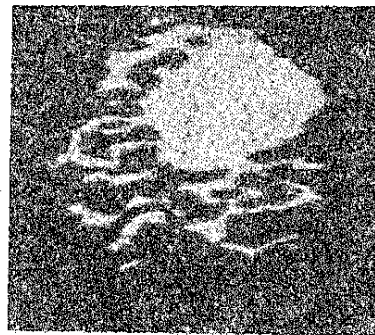


Рис. 9. «Сонограмма» дефектного места в отраженном фотографическом блике на экране

на экране 5 в отраженном от поверхности масла пучке света 6. В том месте, где в металле имеется внутренняя полость, ультразвуковая волна не проходит (отражается), и на поверхности масла остается гладкий участок, дающий на экран яркий блик отраженного света. Рис. 9 представляет собой фотографию картины, наблюдаемой при этом на экране.

Говоря выше о направленности ультразвукового излучения, мы указывали, что волны огибают встречные препятствия. Это огибание не будет существенным только при том условии, что размеры препятствия не малы по сравнению с длиной волны. Отсюда следует, что, чем короче длина применяемой ультразвуковой волны, т. е. чем выше ее частота, тем более мелкие дефекты можно обнаруживать при «просвечивании» ультразвуком.

Мы можем лишь упомянуть об исследованиях влияния ультразвукового облучения на затвердевание бетона, на структуру и скорость отвердевания расплавленных металлов и сплавов. Эти интересные технические вопросы также были затронуты в работах проф. Соколова.

В числе своеобразных и практически интересных механических действий ультразвука следует отметить также его способность образовывать эмульсии и суспензии. Эмульсией называется смесь двух не растворимых друг в друге жидкостей, причем одна из жидкостей взвешена в другой в виде мельчайших капелек. Примером может служить молоко — взвесь капелек жира в водном растворе ряда веществ (сахар и др.). Суспензия — аналогичная взвесь в жидкости, но не капелек другой жидкости, а частичек твердого вещества. При облучении ультразвуком в пробирке, в которую налиты, скажем, вода и сверху масло, или ртуть и сверху вода, чрезвычайно быстро происходит распыление, образование эмульсии масла в воде или ртути в воде. Особенно хорошо этот процесс идет в фокусе вогнутого зеркала, где концентрируется ультразвуковая волна (см. рис. 13, а). При достаточно большой интенсивности ультразвука происходит распыление в жидкости и твердых металлов. Над поверхностью жидкости ультразвуковая волна создает облачко тумана — взвесь капелек жидкости в воздухе.

Распыляющее действие ультразвуковых волн связано в первую очередь с их малой длиной. Перепад давления в акустической волне, т. е. изменение давления от максимума в месте сгущения, уплотнения среды до минимума в месте ее разрежения, происходит на протяжении каждой полуволны. Поэтому в ультразвуковой волне, длина которой составляет в жидкости миллиметры и доли миллиметра, изменения давления происхо-



дят гораздо круче, резче, чем в звуковой волне, имеющей длину в десятки сантиметров и более.

Газы во много раз более сжимаемы, чем жидкости, и в них перепады давления значительно меньше. Поэтому в газах распыление сменяется другим явлением, в известном смысле обратным, — коагуляцией взвешенных частиц, т. е. их укрупнением. Под действием ультразвука взвешенные в газе мелко распыленные частицы какого-либо вещества (например, табачного дыма) начинают колебаться. Более крупные частицы совершают меньшие колебания, у более мелких частиц размах колебаний больше. Поэтому увеличивается число ежесекундных встреч или соударений между частицами. Кроме того, между колеблющимися частицами возникают особые силы притяжения и отталкивания. Все эти моменты благоприятствуют быстрому объединению частиц в более крупные хлопья, т. е. процессу коагуляции.

При еще большем увеличении интенсивности ультразвуковая волна в жидкости способна не только распылять инородные тела, но и вызывать в местах разрежения разрывы самой жидкости. Через полпериода, когда такая полость оказывается в месте уплотнения жидкости, она сжимается, и при этом освобождается большая энергия, потраченная первоначально на образование полости. Эта энергия освобождается в виде кинетической энергии жидкости, быстро «захлопывающей» образовавшуюся полость. Явление сопровождается сильным характерным шипением и выделением пузырьков растворенных газов. Если столь сильная ультразвуковая волна падает на поверхность погруженного в жидкость металла, то получается кавитация, или «изъязвление», разрушение поверхности металла, из которой удары жидкости при сжатии полостей вырывают кусочки металла.

Возникновение разрывов жидкости и кавитации кладет естественный предел повышению интенсивности ультразвуковой волны.

Естественно, что столь сильные и разрушительные действия ультразвуковых волн приводят к своеобразным эффектам при действии ультразвука на живые существа.

Уже в первых опытах Ланжевена с подводной сигнализацией было отмечено, что мелкие рыбы оглушаются ультразвуком, переворачиваются брюхом кверху и затем дохнут. Микроорганизмы — инфузории, красные и белые кровяные тельца — под действием интенсивного ультразвука разрушаются. Что касается бактерий и даже вирусов, то во многих случаях удавалось констатировать убивание их ультразвуком, что может иметь большое значение для антисептики.

Ультразвуковое облучение тканей организма означает, очевидно, сильную механическую их «встряску» и в ряде случаев может быть использовано как средство для глубокого и особого по своим свойствам массажа. Однако при чрезмерно больших интенсивностях возникают болевые ощущения — результат разрушения тканей. Любопытно, что разрушение мышечных тканей является не прямым следствием ультразвукового облучения, а возникает в результате слишком учащенной нервной реакции на раздражающее действие ультразвука. Облучение предварительно анестезированной мышцы при той же мощности ультразвука не вызывает ее разрушения.

При концентрированном действии ультразвука на кожу получается ожог. Если взяться пальцами за стеклянный капилляр, совершающий интенсивные ультразвуковые колебания, то на коже появляется характерное покраснение и ощущается

жжение, как будто это не холодное стекло, а горячая проволока. Таким образом, ультразвуковые колебания уже настолько быстры, что действуют на кожу так же, как и бомбардировка молекулами нагретого тела.

Известен ряд физико-химических и химических действий ультразвука (разложение бромистого серебра в фотоэмульсии, каталитическое действие, т. е. ускорение ряда химических реакций, и др.). С положительными результатами делались опыты по влиянию ультразвука на повышение урожайности (путем облучения картофельных клубней, семян гороха и т. п.).

Этот беглый перечень имеет целью лишь подчеркнуть, насколько обширно поле, открываемое ультразвуком для исследования и для разнообразнейших практических применений.

Обзор механических действий ультразвука был бы неполным, если бы мы не упомянули о давлении и ультразвуковых волн. Речь идет при этом не о переменном давлении, меняющемся с частотой ультразвуковой волны, а о постоянном давлении, которое волна оказывает на встречные тела в направлении ее распространения.

Это давление не специфично для ультразвуковых волн, а составляет неотъемлемое свойство всякого волнового процесса. Электромагнитные и, в частности, световые волны тоже дают на тела.<sup>1</sup> Давление пропорционально мощности, которую несет волна, что справедливо как для света, так и для звука. При легко достигаемых в ультразвуке больших мощностях можно получить давления гораздо большие, чем в случае звуковых волн. Давлением ультразвуковой волны в жидкости удавалось, например, поддерживать на весу тарелочку диаметром в 8 см и весом в 150 г. Однако интерес этого явления состоит не в установлении рекордов, а в использовании его для измерения интенсивности волн.

С этой целью применяются так называемые радиометры — устройства, состоящие в основном из легкой пластинки на тонком подвесе; измеряя отклонение этой пластинки под влиянием ультразвука, можно по величине этого отклонения находить давление на пластинку. Такого рода устройства применялись уже давно в акустике, где они известны под названием шайб Рэлея; они оказались весьма полезными и в ультразвуковой акустике. Наиболее совершенные конструкции радиометров позволяют измерять давления меньше 0,1 мт на 1 см<sup>2</sup> с точностью до 1%.

Если ультразвуковая волна падает на поверхность жидкости снизу, то, по мере увеличения интенсивности волны, а следовательно и ее давления, сначала начнется выпучивание поверхности, а затем образуется ультразвуковой «фонтан». Жидкость бьет вверх на высоту более 10 см.



Нам остается рассмотреть одну из самых интересных особенностей ультразвуковых волн — их оптическую активность. Всем хорошо известны такие явления, как мерцание звезд или дрожание очертаний удаленных предметов. Последнее особенно хорошо заметно в жаркий день. Эти явления происходят потому, что в атмосфере непрерывно циркулируют потоки воздуха, нагретого до различных температур. При разных температурах воздух имеет разную плотность, а вследствие этого и разные показатели преломления. Таким образом, атмосфера является для све-

<sup>1</sup> Световое давление было экспериментально доказано и измерено в классических работах П. Н. Лебедева.

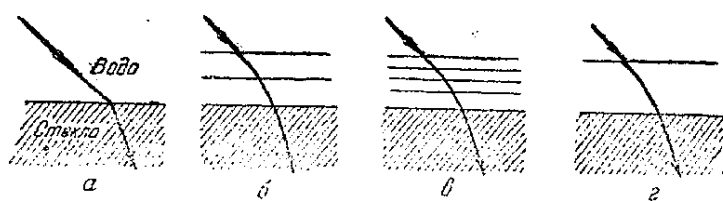


Рис. 10. Преломление света в среде с меняющимся показателем преломления

та чрезвычайно неоднородной, пестрой смесью различно преломляющих областей, форма и размеры которых непрерывно и быстро меняются. Именно поэтому лучи света, идущие от звезды или удаленного предмета к нашему глазу, непрерывно и настолько сильно «коверкаются», что мы видим мерцание или дрожание контуров.

Но в ультразвуковой волне мы также имеем чередование уплотнений и разрежений среды, а следовательно и чередование мест с увеличенным и уменьшенным показателем преломления. Иначе говоря, среда, в которой распространяется ультразвуковая волна, является оптически неоднородной. Поэтому световые лучи, пронизывая ультразвуковую волну, определенным образом преломляются, искривляются, что мы и называем оптической активностью ультразвука.

На первый взгляд может показаться, что в этом отношении ультразвук ничем не отличается от слышимого звука. Ведь и в звуковой волне чередуются уплотнения и разрежения среды. Однако здесь сказывается обстоятельство, о котором мы уже не раз говорили выше и которое, собственно, и отличает ультразвук от звука. Это малая длина ультразвуковых волн.

Луч света преломляется на границе двух прозрачных тел тем сильнее, чем больше отличаются друг от друга их показатели преломления. Представим себе, что на поверхность раздела двух тел, например, на поверхность стекла, помещенного в воде, наложен ряд пластинок из материалов, показатели преломления которых имеют значения, промежуточные между показателями преломления стекла и воды. При этом пластинки расположены в порядке возрастания показателя преломления от его значения в воде до значения в стекле. Тогда луч света, падающий на стекло, преломится не сразу (рис. 10, а), а в несколько приемов; преломление будет происходить на поверхностях соприкосновения каждой пары пластинок (рис. 10, б). Если делать пластинки все тоньше и тоньше, но брать все большее их количество, уменьшая одновременно разницу показателей преломления смежных пластинок (рис. 10, в), то получится в конце концов переходный слой, в котором показатель преломления постепенно и непрерывно переходит от того значения, которое он имеет в воде, до значения, которое он имеет в стекле. В таком слое и световой луч будет изгибаться непрерывно, сделается криволинейным (рис. 10, г). Полное отклонение луча от его первоначального направления определяется соотношением показателей преломления в воде и в стекле. Это отклонение происходит в переходном слое. Следовательно, кривизна луча в этом слое будет тем большей, чем слой тоньше, т. е. чем резче переход от одного значения показателя преломления к другому.

В звуковой и в ультразвуковой волнах мы также имеем постепенный переход от увеличенных значений показателя преломления (в местах уплотнений среды) к уменьшенным (в местах разрежений). Таким образом, толщина «переходных слоев» попросту равна половине длины звуковой или ультразвуковой волны. Величина перепада показателя преломления, т. е. разность его наи-

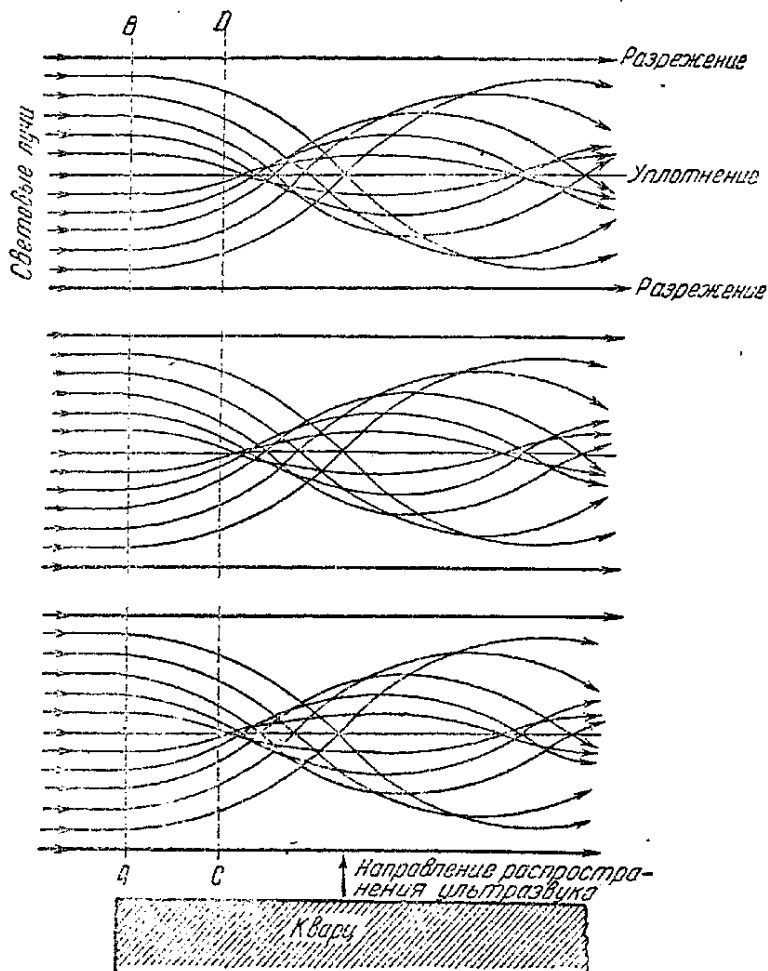


Рис. 11. Искривление световых лучей при прохождении через ультразвуковую волну в жидкости

большого и наименьшего значений, зависит только от мощности волны и, вообще говоря, может в звуковой волне не уступать перепаду в ультразвуковой волне. Но в ультразвуке этот перепад происходит в слоях, во столько же раз более тонких, во сколько раз ультразвуковые волны короче звуковых. Напомним, что различие длин волн звука и ультразвука может достигать до десятков тысяч раз. В силу этого ультразвуковые волны заворачивают проходящие через них лучи света гораздо круче, чем волны звуковые, и ультразвук создает гораздо большую оптическую неоднородность среды, чем слышимый звук той же мощности.

Как же преломляются или искривляются световые лучи, пронизывая ультразвуковую волну?

На рис. 11 изображена ультразвуковая волна, распространяющаяся снизу вверх от пьезокварцевой пластинки. Слева падает пучок параллельных

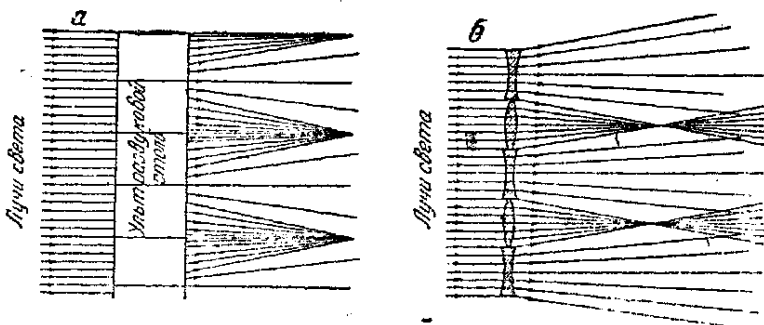


Рис. 12. Аналогия между оптическим действием ультразвуковой волны и цепочки рассеивающих и собирающих линз

лучей света. Войдя в ультразвуковой «столб» где-либо между местами уплотнения и разрежения, луч искривится в сторону уплотнения, т. е. в сторону возрастания показателя преломления. Минув максимум плотности, луч выгнется в обратную сторону. Искривление различно для лучей, вошедших в ультразвуковой столб в разных точках. Прямолинейными останутся только те лучи, которые входят в местах наибольшего уплотнения или наибольшего разрежения. Ход лучей света в ультразвуковой волне, показанный на рис. 11, был вычислен французскими физиками Люка и Бикаром.

Направления световых лучей при их выходе из ультразвукового столба будут различны в зависимости от толщины столба. Действительно, если взять толщину от плоскости АВ до плоскости CD, то лучи выйдут так, как показано на рис. 12, а. Картина получается такая же, какую дает набор чередующихся собирающих и рассеивающих линз (рис. 12, б). Если же взять тонкий столб (практически меньше 1 см), то в нем лучи еще не успеют заметно искривиться и выйдут с почти неизмененными направлениями.<sup>1</sup>

Мы подошли теперь к одному из наиболее существенных результатов.

Предположим, что в плоскости CD (рис. 11) поставлено матовое стекло или же на эту плоскость сфокусирован фотоаппарат. В соответствии со сгущениями и разрежениями световых лучей на плоскости CD, мы получим на матовом стекле, стоящем непосредственно в этой плоскости, или же на матовом стекле фотоаппарата чередование светлых и темных полос. Таким образом, при достаточной толщине ультразвукового столба ультразвуковые волны можно просто видеть и фотографировать. Для звуковых волн, вследствие их ничтожного влияния на ход световых лучей, такая возможность — по крайней мере без создания некоторых специальных условий — практически исключена.

Следует отметить существенную разницу в методике наблюдения стоячих и бегущих ультразвуковых волн. В стоячей волне имеются узлы, т. е. места, в которых нет колебаний, и пучности — места наибольшего размаха колебаний. Узлы и пучности чередуются друг с другом, причем и те и другие не перемещаются в пространстве. Поэтому и изображение стоячей волны неподвижно. Иначе обстоит с бегущей волной, в которой чередующиеся сгущения и разрежения среды перемещаются со скоростью распространения звука, т. е. со скоростью сотен и даже тысяч метров в секунду (в воде — 1,5 км в 1 сек.). Как же увидеть бегущую волну? Здесь приходит на помощь остроумный и хорошо известный прием — применение прерывистого или стробоскопического освещения. Если освещать бегущую ультразвуковую волну не непрерывно, а короткими вспышками, следующими друг за другом с частотой самой ультразвуковой волны, то последняя будет видна только в те моменты, когда каждое сгущение (или разрежение) как раз сменяется последующим. В результате наблюдаемая картина окажется остановленной. Чтобы прерывать свет с частотой ультразвука, т. е. с высокой радиочастотой, обычно используется специальное устройство — так называемый конденсатор Керра, применяемый также в телевидении.

<sup>1</sup> Это не означает, однако, что ультразвуковая волна не оказала никакого влияния на световую. Уже в этом случае скажется разница в скорости распространения света в местах увеличенного и уменьшенного показателей преломления. Через разрежения свет продвигается быстрее, чем через уплотнения, и поэтому по выходе из ультразвукового столба фронт световой волны из плоского сделается «гофрированным».

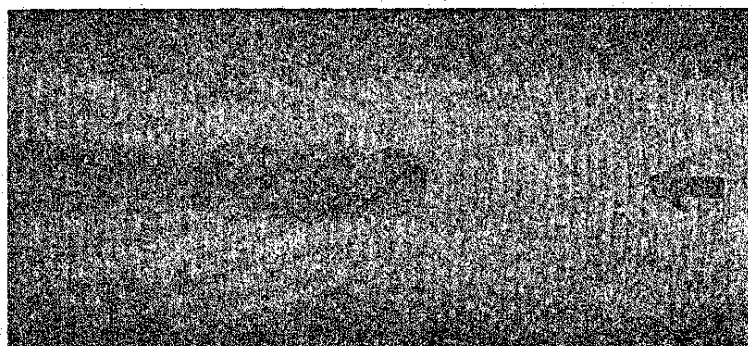
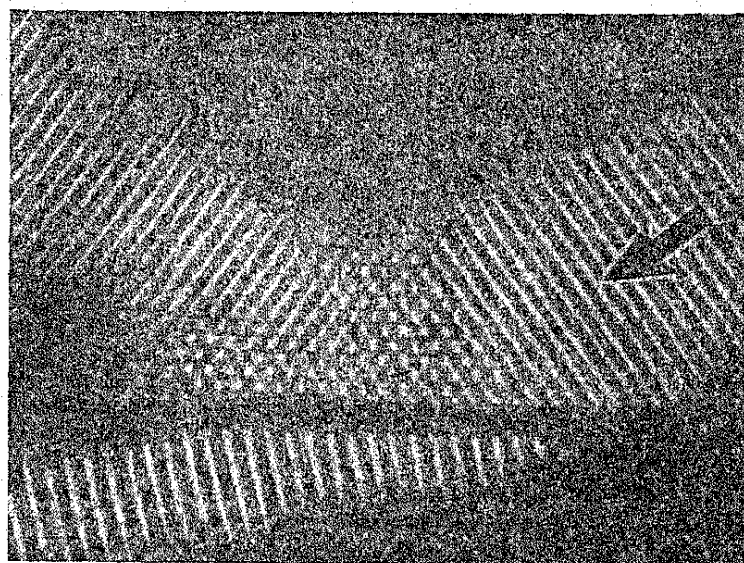
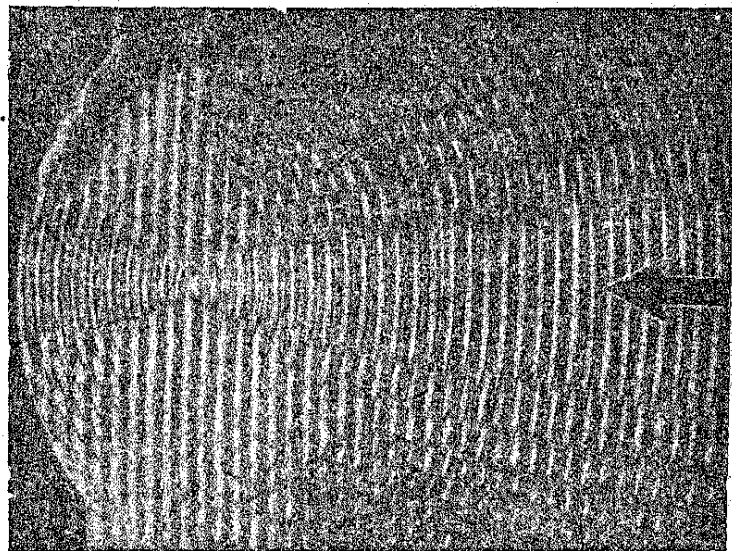


Рис. 13. а, б, в — картина распространения ультразвуковых волн в жидкости

Именно таким способом были получены фотографии бегущих волн, показанные на рис. 13. На фотографии а заснято отражение плоской ультразвуковой волны от вогнутого сферического зеркала. Отчетливо виден фокус, куда зеркало собирает отраженную волну. Фокус находится на расстоянии половины радиуса зеркала от его поверхности, как это и должно быть по законам отражения. Фотография б изображает отражение и преломление ультразвуковой волны на границе раствора соли и вазелинового масла. Стрелкой отмечена волна, падающая со стороны масла на

соляной раствор. Кроме нее мы видим отраженную волну в масле и преломленную волну в растворе соли. Кружок на фотографии в представляет собою торец металлического цилиндра, погруженного в масло. Мы видим, как ультразвуковая волна огибает этот цилиндр, образуя позади него сложную дифракционную картину.

Возможность непосредственно видеть ультразвуковые волны, фотографировать их отражение, преломление, дифракцию и т. п. имеет большое значение как для научных, так и для практических целей.

Прежде всего снимки, вроде приведенных на рис. 13, б, позволяют очень точно измерять длину ультразвуковой волны, а значит и скорость распространения ультразвука. Мы уже указывали, почему это представляет большой интерес. Далее, по ослаблению контраста между светлыми и темными полосами можно судить об ослаблении ультразвуковой волны, т. е. об ее поглощении. Здесь разработано много различных методов, на которых мы, конечно, не можем останавливаться.

Непосредственная видимость ультразвуковых волн приносит большую пользу в архитектурной акустике. При проектировании аудиторий, концертных и театральных залов, радиостудий и т. п. чрезвычайно существенно знать заранее распределение звуковых волн в помещении. В частности, этот вопрос играет большую роль в строительстве Дворца Советов с его колоссальным основным залом. Решать этот вопрос путем вычислений практически невозможно из-за сложности геометрических условий — формы и расположения различных архитектурных элементов. Легко, однако, изготовить совсем маленькую модель помещения или его отдельных архитектурных элементов — колонн, карнизов, сводов и т. п. и на этой модели исследовать распространение ультразвуковой волны. Если модель во столько же раз меньше проектируемого помещения, во сколько раз ультразвуковая волна короче звуковой, то вся картина распределения волн будет в точности подобной. Такого рода исследования проводились у нас в Союзе, в частности в Физическом институте АН СССР. Снимки, приведенные на рис. 13, также получены в этом институте.

Аналогичные способы применимы и к вопросу обнаружения подводных объектов (подлодок, мин) при помощи длинных ультразвуковых волн. Отражение и дифракцию волн на таком объекте можно изучить, пользуясь маленькой его моделью и соответственно короткими ультразвуковыми волнами.

Однако «ультразвуковая оптика» далеко не исчерпывается сказанным. Мы упомянули о том, что при выходе из ультразвуковой волны световые лучи, вообще говоря, оказываются отклоненными от своего первоначального направления. Это явление — дифракция света, обусловленная ультразвуковыми волнами, также имеет ряд важных и интересных применений.

Прежде всего дифракция света на ультразвуке дает возможность определять с большой точностью упругие свойства твердых тел, причем не статические, а динамические, т. е. свойства их не при постоянной деформации, а при быстрых — ультразвуковых — колебаниях. Если тело прозрачно, то исследование проводится при помощи прошедшего через него света. Если же тело не прозрачно (металл), то пользуются отраженным светом: отраженный свет дифрагирует тогда на поверхностных ультразвуковых волнах, образующих как бы рябь на первоначально плоской поверхности тела.

Во-вторых, дифракция света на ультразвуке позволяет создать ультразвуковой прерыва-



Рис. 14. Диффракция света на стоячей ультразвуковой волне в кварце

тель, или модулятор света. Это применение ультразвука было предложено советскими учеными, академиками А. И. Мандельштамом и Н. Д. Пацалекси и членом-корреспондентом Академии Наук СССР Г. С. Ландсбергом.

Представим себе стоячую ультразвуковую волну, например колебания по толщине в самом излучателе ультразвука — пьезокварцевой пластинке. В первой части этой статьи мы разобрали подробно, как происходят такие колебания. Для нас существенно только то, что в пластинке имеются параллельные ее торцам узловые плоскости, в которых плотность кварца остается все время неизменной, чередующиеся с пучностями, в которых колебания наиболее сильны. В пучностях через каждые полпериода максимальное сжатие сменяется максимальным растяжением и обратно. В эти моменты наибольшей деформации пластинка отклоняет направленный на нее сбоку свет сильнее всего (рис. 14, а). В промежуточные моменты времени, т. е. через четверть периода после каждой максимальной деформации, пластинка полностью выравнивается, и тогда свет проходит не отклоняясь (рис. 14, б).

Если соответствующей заслонкой мы преградим путь неотклоненного пучка света, то позади этой заслонки света вообще не будет при недеформированной пластинке кварца и будет отклоненный (диффрагированный) свет в моменты деформации пластинки. Таким образом, ультразвуковая волна позволяет прерывать свет, причем изменение его интенсивности происходит с высокой частотой. Ультразвук выступает здесь конкурентом обычного электрооптического прерывателя света — конденсатора Керра, о котором мы уже упоминали выше, и, следовательно, может быть применен всюду, где применяется этот конденсатор. При этом ультразвуковой прерыватель (модулятор) света обладает одним чрезвычайно существенным преимуществом — большой светосилой. По некоторым причинам конденсатор Керра приходится делать маленьким, и поэтому через него можно пропустить лишь узкий световой пучок. Через стоячую же ультразвуковую волну можно пропустить очень широкие пучки, большие количества света. Это относится даже к достаточно толстой кварцевой пластинке, а тем более к стоячей волне в длинном столбе жидкости.

Из технических и научных вопросов, в которых ультразвук применяется в качестве модулятора света, можно назвать телевидение, запись звука на пленку, измерение скорости света по методу Физо<sup>1</sup>, измерение продолжительности очень быстрых процессов.

В телевидении светосильный ультразвуковой модулятор позволил разрешить задачу передачи изображений на большой экран площадью в несколько квадратных метров (вместо обычного экрана величиной с открытку).

<sup>1</sup> Напомним, что в этом методе сам Физо прерывал свет с помощью вращающегося зубчатого колеса (1849 г.). Точность измерения скорости света тем выше, чем больше частота прерываний. Поэтому в 1923 году Миттельштедт воспользовался конденсатором Керра.



Примером быстрых процессов, длительность которых удастся определить с помощью высокочастотного ультразвукового модулятора света, является затухание свечения флуоресцирующих веществ. Флуоресценцией называется свечение вещества, обусловленное действием на него света. Многие, вероятно, замечали, как на солнечном свете флуоресцирует одеколон (синее свечение) или керосин (зеленое свечение). Если прекратить освещение, то флуоресценция гаснет, причем это угасание происходит в течение миллиардных долей секунды. Длительность таких исключительно кратковременных процессов и позволяет измерять ультразвуковой прерыватель света. В этом направлении Физический институт АН СССР также дал существенные результаты.

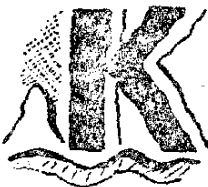
☆

Подведем итог. Изучение ультразвука было стимулировано специальной технической зада-

чей обнаружения айсбергов в тумане. Сегодня благодаря двадцатилетней работе десятков ученых и инженеров во всем мире, ультразвук сделался одним из наиболее многосторонне исследуемых явлений. От подводной сигнализации и связи до модуляции света, от проверки материалов до терапии, от образования эмульсий до архитектурной акустики, от молекулярного механизма дисперсии и поглощения звука до биологических и физиологических действий его — таков диапазон научных и практических применений ультразвука. Многие из этих применений еще мало изучены и являются скорее лишь возможностями. Но возможностей этих так много и они так заманчивы, что нет никакого сомнения в дальнейшем, еще более плодотворном развитии физики и техники неслышимого звука. Советская исследовательская мысль безусловно должна сохранить за собой одно из первых мест в этой важной и многообещающей области.

# Развитие ЗЕМНОЙ КОРЫ

Б. ПЕТРУШЕВСКИЙ



ак? — может быть спросят некоторые читатели, — да разве земная кора развивается? Земная кора, по которой мы ходим, на которой построены наши города, твердая неподвижная оболочка земного шара, — и вдруг развивается? Ведь понятие развития приложимо только к живым существам — растению, животному, человеку, к растительному миру в целом, к человеческому обществу.

Большинству из читателей, которые могут задать эти вопросы, конечно, известно, что не всегда землю окружала кора, что в ранние стадии существования наша планета представляла собой огромный сгусток огненно-жидкой материи, остывавшей очень медленно. Однако доказательств того, как образовалась земная кора, не сохранилось, и при недостаточном знакомстве с ней может показаться, что, раз возникнув, она должна была существовать во все времена и эпохи такой же неизменно твердой и неподвижной, какой видим ее мы сейчас, так что говорить о ее развитии не приходится.

Точка зрения эта совершенно не верна. Не надо быть специалистом-геологом, чтобы знать о проявлениях внутренних сил земли, принимающих подчас характер катастрофических бедствий для человека. Если однажды ночью, весной 1941 г., многие москвичи проснулись от толчка, скрипа балок над головой, дребезжанья посуды на столе и с удивлением, к которому лишь чуть-чуть примешивался безотчетный страх, спрашивали: неужели землетрясение? — то в темную сентябрьскую ночь 1927 г. по всему южному берегу Крыма люди в ужасе спасались из рушащихся домов, слушали нарастающий подземный гул, на который эхом откликались рожденные землетрясением обвалы в горах, и с отчаянием убеждались, что твердая надежная земля может уходить из-под ног не хуже, чем палуба корабля в качку. Несравненно более сильным землетрясением в 1923 г., в течение нескольких минут, город Токио был разрушен так, как не могут разрушить город сотни тяжелых бомбардировщиков.

Во время извержения Везувия в 79 г. были потрепаны под пеплом римские города Помпеи и Геркуланум. Облако раскаленных газов, вырвавшееся из кратера горы Пеле в 1902 г. и скатившееся вниз по ее склонам, в несколько минут уничтожило целиком население г. Сен-Пьер на острове Мартиника. В августе 1883 г. страшные взрывы раздались над Индийским океаном: взлетела на воздух часть вулканического островка Кракотату в Зондском проливе; волны, образовавшиеся в океане от взрыва, до 35 м высотой, об-

рушились на острова, расположенные в десятках километров от Кракотату, смывая и уничтожая все на своем пути, — от них погибло около 40 000 человек.

Землетрясения и вулканические извержения ярко свидетельствуют о том, что земная кора отнюдь не является окостеневшей и мертвой оболочкой. Кора продолжает жить и иногда чересчур настойчиво напоминает нам об этом. Но отсюда следует, что она жила и во все предыдущие эпохи с момента своего возникновения на поверхности земного шара, жила и развивалась. Процесс ее развития, сравнительно мало известным широкому кругу читателей, интересующихся естествознанием, и посвящен настоящий очерк.

★

Убедиться в том, что развитие земной коры происходило по-разному в разных районах, что нигде она не была создана в виде какого-то законченного целого, довольно просто. Знакомство с ее строением в разных районах не только наглядно показывает, что она далеко не везде одинакова, но говорит о существовании различий и в геологическом прошлом.

На великих равнинах Европейской части СССР — под Москвой, у Курска, в Саратове и в других местах, — пласты горных пород залегают горизонтально или почти горизонтально. Все породы, развитые здесь, принадлежат к нормально-осадочным, происходящим от осадения различных илов, песка, микроскопических известковых раковинок животных и т. д. в морях, лагунах и озерах былых эпох. Мы не найдем здесь гранитов и им подобных изверженных пород, образовавшихся при застывании жидкой магмы, подымавшейся из глубоких зон земной коры и не достигшей ее поверхности (интрузивные породы) или излившейся лавовыми потоками из жерл вулканов (эффузивные породы). Нет здесь и пород, до неузнаваемости измененных внедрявшимися в них раскаленными изверженными телами и называемых метаморфическими. Содержащиеся в осадочной толще (мощность ее достигает более тысячи метров), остатки животных и растений, некогда населявших водоемы, в которых она образовалась, принадлежат к различным геологическим эпохам, в том числе и очень древним. Следовательно, уже и в эти, отдаленные от нас сотнями миллионов лет времена описываемая территория представляла собой такую же равнину, как и теперь, то затоплявшуюся мелким морем, то превращавшуюся в невысокую сушу.

В Карелии, на берегах Ладожского озера, у Петрозаводска, — картина существенно иная. Здесь

развиты почти исключительно изверженные (граниты, сиениты и другие) и чрезвычайно сильно метаморфизованные породы огромной мощности; нигде они не залегают не только горизонтально, но даже и сколько-нибудь полого, — пласты их смяты в сложные складки, опрокинутые в разные стороны, надвинутые друг на друга, рассеченные бесконечными трещинами и разломами. В этих породах не сохранилось органических остатков, и только наличие в немногих местах залегающих на них маломощных нормально-осадочных глин и песчаников с фауной позволяет установить, что по возрасту изверженно-метаморфические толщи значительно старше древнейших пород Русской равнины. Характерно, что и здесь эти нормально-осадочные пласты лежат почти горизонтально. Изучая южную границу распространения изверженно-метаморфического комплекса Карелии, мы убедимся, что в районе Ленинграда он постепенно погружается под самые древние осадочные образования палеозоя — кембрийские (отчего и носит название докембрийского комплекса), на которые южнее налегают более молодые — силурийские, девонские и другие. Сначала докембрийские породы хорошо прослеживаются скважинами, но затем глубина их залегания возрастает, и о ней можно говорить только предположительно.

Не похожи на описанные области горы Кавказа. Мы увидим здесь все три типа пород — осадочные, изверженные и метаморфические, достигающие нескольких тысяч метров мощности; возраст двух последних далеко не всегда будет самым древним, — не менее часто наблюдаются и очень молодые изверженные породы, прорывающие толщи не только палеозойских, но и мезозойских осадков. В отличие от ранее описанных областей, в горах Кавказа в складки смяты (или, как говорят геологи, дислоцированы) все развитые здесь породы; интенсивность дислокаций обычно более велика в древних толщах, но нередко очень сложно нарушены и молодые осадки. К северной окраине Кавказа складки постепенно становятся более спокойными и пологими, пока, наконец, не исчезают совсем, а участвовавшие в дислокациях пласты не приобретают характерного для Русской равнины горизонтального положения.

Сходно с Кавказом построен Урал, с той разницей, что здесь сильно дислоцированными являются лишь докембрийские и палеозойские толщи, а мезозойские и кайнозойские осадки нарушены слабо. Центральный Казахстан по характеру своего геологического строения очень близок к Уралу, хотя по рельефу представляет мелкосопочную и холмистую страну.

Эти описания дают достаточное представление о неоднородности земной коры в различных районах, неоднородности, существовавшей уже и в прошлые геологические эпохи. Не менее важно, что и в каждом данном районе развитие коры не шло все время одним путем. На Русской равнине и в Карелии наблюдаются резкие отличия в строении докембрийского комплекса и более молодых осадочных толщ. В горах Кавказа и Урала между докембрием и более молодыми толщами нет таких отличий, но в одном случае дислоцированы все породы, а в другом — только до палеозойских включительно; мезокайнозойские же играют по отношению к ним примерно такую же роль, как все осадочные породы к докембрию на Русской равнине. Наконец, в центральном Казахстане мы видим похожую на Урал картину, но область эта не является горной. Таким образом, и внутри каждого из описанных районов наблюдаются раз-

личия в строении более древних и более молодых геологических образований, говорящие об определенных этапах развития земной коры.



Выделенные три различно построенных участка земной коры отвечают наиболее крупным и наиболее важным ее структурным элементам. Области, подобные Русской равнине, в которых слои нормально-осадочных пород, вплоть до наиболее древних из развитых в этом районе, на огромных пространствах залегают очень полого, часто практически горизонтально, не будучи метаморфизованы и прорваны изверженными телами, и подстилаются очень сложно дислоцированным, в значительной части изверженно-метаморфическим комплексом более древнего возраста, носят название платформ. Помимо уже указанных различий состава и условий залегания осадочного покрова платформы и ее фундамента, надо еще подчеркнуть, что мощность пород первого достигает сотен или немногих тысяч метров, тогда как мощность пород второго измеряется несколькими десятками километров.

Районы поверхностного залегания фундамента, как в Карелии, называются щитами. Характерны для них почти полное отсутствие осадочного покрова или, во всяком случае, распространение его лишь отдельными пятнами и очень небольшая мощность. Мы увидим дальше, что здесь приходится говорить о первичном отсутствии, а не о последующем размыве и уничтожении пород осадочного покрова.

Наконец, области, в которых слои горных пород, независимо от их возраста, дислоцированы и обычно в той или иной степени метаморфизованы и пронизаны изверженными телами, носят название геосинклинальных областей. Чрезвычайно характерна для них огромная мощность слагающих их толщ, достигающая нередко 10—15 км и больше, т. е. близкая к мощностям пород фундамента платформ.

Каковы же соотношения платформ, щитов и геосинклинальных областей, какова их взаимосвязь и надо ли вообще говорить о ней? На первый взгляд может показаться, что различия между скалистыми снеговыми хребтами Кавказа и Памира и лесистыми или распаханными равнинами Горьковской области и Украины так велики, что никакой связи между ними — ни сейчас, ни для прошлых эпох — наметить не удастся. Однако это только кажется.

В течение геологической истории на поверхности земного шара многократно менялись контуры океанов и материков. Там, где некогда возвышались величественные горные цепи, через миллионы лет оказывалось море, и, наоборот, на месте океанов с их пучинами возникали обширные материки. Подавляющее большинство осадочных пород, развитых сейчас на земном шаре, образовалось в этих морях; значительно меньшую роль играют континентальные осадки — озерные, болотные, речные и т. п. Это совершенно понятно, так как в моря сносятся впадающими в них реками огромные количества мелкообломочного материала (глины, песка), находящего здесь благоприятные условия для своего сохранения — на дне моря. На суше же накопление осадков происходит в несравненно меньших размерах, и условия для их сохранения здесь гораздо менее благоприятны, чем в море, вследствие господства процессов размыва и разрушения горных пород.

Окаменелые остатки животных и растений, содержащиеся в породах, дают возможность устанавливать их относительный возраст, позволяя распределять осадочные толщи по тем группам и системам, о которых мы говорили выше. Наиболее древней из них на земном шаре является кембрийская система, но довольно высокая организованность и разнообразие существовавшей тогда фауны свидетельствуют о том, что органическая жизнь началась задолго до кембрия и что осадки этого времени никак нельзя считать образованными в «первичном» море, в «первозданных» условиях.

В более древних, докембрийских, толщах растительные и животные остатки попадают в виде редчайших исключений и очень плохой сохранности, что зависит от весьма высокой степени метаморфизации пород. Однако самый факт присутствия этих остатков приводит нас к выводу, что и в докембрийское время существовали моря, в которых накапливались различные осадки. Специальные изучения этих толщ подтверждают сделанный вывод, позволяя выделять в них породы первично нормально-осадочного происхождения. Таким образом, на грани доступности геологической истории мы уже встречаемся с морскими осадками, в значительной своей части снеженными в моря с суши, — как об этом можно судить по их характеру. Несомненно, что и они не отвечают «первичной» коре земли, которая так и остается для нас пока не известной. Нам в нашей задаче это, однако, не мешает.

Изучение заведомо докембрийских толщ всюду, где они выходят на поверхность, как на щитах, так и в геосинклинальных областях, показывает, что повсеместно они характеризуются огромными мощностями, интенсивной метаморфизацией и дислоцированностью, наличием большого числа изверженных тел; среди метаморфических толщ значительную роль играют и первично-осадочные породы. Но ведь такими же особенностями мы характеризовали и геосинклинальные области позднейших времен — палеозойскую, как Урал, или мезозойско-кайнозойскую, как Кавказ. Разница заключается, пожалуй, лишь в общем меньшем метаморфизме пород этих геосинклиналей, хотя в отдельных районах она ничуть не меньше, чем в классических местах развития докембрия. Раз это так, то приходится признать, что развитие коры в Карелии в докембрийское время протекало примерно в таких же условиях, какие в палеозое имели место на Урале, в мезо-кайнозое на Кавказе и т. д.

Что же это за условия?

Одной из отличительных особенностей описываемых районов является огромная мощность осадков, превышающая нередко 10—15 км. Однако целый ряд фактов свидетельствует, что отлагались они в сравнительно мелких морях, глубины которых колебались около 500—1500 м. Чтобы совместить эти противоречия, мы должны допустить наличие постоянных опусканий дна таких морей, без чего они бы очень быстро целиком заполнились осадками, так что дальнейшее их накопление прекратилось бы. Длительные и глубокие опускания земной коры свидетельствуют о большой ее подвижности в геосинклинальных областях.

Далее, мы указывали, что слои горных пород здесь интенсивно дислоцированы, смяты в сложные складки. Это значит, что, после накопления мощных толщ рыхлых, сравнительно пластичных осадков, в геосинклинальных областях создаются условия, особенно благоприятные для образова-

ния систем складок, определенно линейно вытянутых, и превращения прежнего моря в высокогорную страну. Чем большей подвижностью обладала здесь раньше кора, чем больше накопилось осадков, тем интенсивнее протекает последующая складчатость, тем сложнее и разнообразнее становятся формы возникающих складок. Складкообразование, характерное само по себе для геосинклиналей, также говорит и о подвижности земной коры.

Наконец, для геосинклинальных областей типична напряженная вулканическая деятельность, как эффузивная, так и интрузивная, сопровождающаяся метаморфизацией пород, в которые проникают изверженные тела. Метаморфизм может быть здесь обусловлен также и дислокациями — при надвигании складок друг на друга и т. д., и общими региональными причинами, например при глубоких прогибаниях, когда осадки попадают в зону крайне высоких давлений и температур. Приуроченность вулканических проявлений к геосинклинальным зонам вполне закономерна, так как в условиях большой подвижности (и при прогибаниях, и при складчатости) здесь возникает много трещин, облегчающих магме подъем из глубоких частей коры, вплоть до излияния ее на поверхность.

Наряду с этими тремя особенностями для геосинклинальных областей характерны и многие другие, но менее важные (тип осадков, их соотношения в вертикальном разрезе и по горизонтали, изменения мощностей, состав вулканических пород и т. д.). Нам надо запомнить лишь три указанных: большую подвижность и пластичность земной коры, способность ее сминаться в складки, образуя при этом системы горных хребтов, и напряженный вулканизм, сопровождающийся метаморфизацией осадков. Общая ширина геосинклинальной области всегда в несколько раз меньше ее длины, так что в целом геосинклиналь представляется сравнительно узкой и длинной (нередко до нескольких тысяч км.).

Выше мы говорили, что везде, где известны докембрийские толщ, они построены по такому же принципу, как и более молодые образования в позднейших по времени и лучше поэтому изученных геосинклиналях. На этом основании мы не в праве утверждать, что в докембрийскую эру вся земная кора представляла собой единую геосинклиналь (хотя это и допустимое толкование), так как породы этого возраста дошли до нас в сравнительно небольшом количестве районов и недостаточно изучены, но можем с несомненностью говорить о весьма широком распространении в докембрии геосинклинальных условий, гораздо более широком, чем во все последующие времена. Земная кора обладала тогда большей подвижностью; прогибания ее происходили очень интенсивно, на широких площадях, а не по узким зонам, как в позднейших геосинклиналях; движения сопровождались гигантских масштабов вулканизмом; накапливались мощные толщ осадочных и эффузивных пород, которые затем, в эпохи складчатости, энергично сминались в складки, и на месте моря возникал континент; высокие горные цепи его сразу же становились ареной деятельности речных и атмосферных вод, ветра, химического выветривания и т. д.; материал разрушения суши поступал в соседние бассейны, которые затем, в свою очередь, подвергались смятию в складки, и т. д.

Эти процессы, однако, бесконечно не повторялись. В некоторых случаях участки, претерпевшие складчатость, позднее опять глубоко погру-

жались, накапливали мощные толщи осадков и вновь сминались. В других случаях испытывшие дислокации участки теряли свою былую подвижность и выключались из общего хода геосинклинального процесса; происходило это там, где особенно сильна была метаморфизация пород и особенно много внедрялось изверженных тел, как бы спаивавших воедино дислоцированные пласты различных пород.

Эти участки впоследствии уже не погружались сколько-нибудь глубоко, вследствие чего покров более молодых пород на них не достигал значительной мощности; на напряжения в земной коре они реагировали как жесткие, неподатливые глыбы, растрескиваясь и раскалываясь, но не сминаясь в складки.

В течение докембрийской эры неоднократно происходила складчатость, и многие части геосинклиналей превратились в устойчивые, малоподвижные образования, но дифференциация эта, в силу плохой изученности докембрийских толщ, не представляется нам вполне четкой. Существенно иная картина характеризует начало палеозойской эры. В ряде зон — на Урале, Кавказе, в Средней Азии продолжают геосинклинальные условия, идут прогибания, образуются тысячметровые толщи осадков, извергаются вулканы. На Русской же равнине мы впервые за ее историю встречаемся именно с равнинной, плоской, лишенной значительных высот, частично затопленной мелким морем, в котором за весь кембрийский период отложилось всего 2—3 сотни метров глин и песков. Русская равнина приобрела, — с тем, чтобы больше уже никогда не терять, — черты, характерные для платформ. В основании ее всюду залегает фундамент из пород изверженно-метаморфического комплекса докембрия, жесткий кристаллический фундамент, устойчивый и мало подвижный. Отдельные его части особенно устойчивы и неподвижны и в течение всей последующей геологической истории остаются приподнятыми, лишь изредка, на короткий срок и не на всей своей площади погружаясь ниже уровня мелководного моря. Это как раз те части, которые называют щитами. Платформа в целом или в отдельных своих частях испытывает и погружения и поднятия, но амплитуда их всегда незначительна, а распространяются они на очень обширные площади. Таким образом, на месте докембрийской геосинклинальной области (или, вероятнее, многих областей) в начале палеозоя мы видим платформу с ее щитами, тогда как другие геосинклинали сохраняют свои характерные особенности и продолжают развиваться и дальше как подвижные пластичные зоны.

Это превращение геосинклинальной области в свою прямую противоположность — и по характеру движений и захватываемой ими площади, и по мощности и типу осадков, и по вулканической деятельности (отсутствующей на платформах или же проявляющейся в виде эффузивных излияний базальтовых лав) — совершается, конечно, не сразу. Постепенно теряя в результате повторяющейся складчатости, метаморфизации и проникновения интрузий свою подвижность, геосинклинальная область не непосредственно превращается в платформу — в опрощенную устойчивую равнину. До этого она проходит стадию существования в виде высокогорной страны, первоначально возникающей после складчатости на месте геосинклинали. В течение миллионов лет агенты выветривания разрушают эту страну, сносят хребты, заваливают щебнем и песком понижения, сглаживают ее рельеф, приводя его примерно к одному уровню. Когда

впоследствии эту равнину — целиком или частично — заливает мелкое море, в котором образуется толща осадков незначительной мощности, резко отличных от пород фундамента, мы можем говорить уже о вполне сформировавшейся платформе; постепенные же этапы превращения высокогорной страны в равнину и те структурные изменения, которые при этом происходят, остаются для нас обычно неулавливаемыми.

Впервые встречаясь с резкой, чрезвычайно наглядной дифференциацией строения коры в начале палеозойской эры, мы затем можем наблюдать эти различия и ход развития вызвавшего их процесса и во всю последующую геологическую историю. Через все геологические периоды, как два антипода, проходят платформы и геосинклинальные области. Первые относительно мало меняются с течением веков: увеличивается мощность пород их осадочного покрова; на них возникают небольшие, обычно довольно пологие складки; образуются и более крупные, достигающие десятков и сотен километров в поперечнике, но также пологие понижения.

Иначе обстоит дело с геосинклинальными областями. Одна за другой в продолжение геологической истории они заканчивают складчатостью свой путь развития, проходят стадию гористого рельефа и превращаются в платформы, причленяясь к ранее существовавшим и образуя огромные устойчивые континенты, тянущиеся на тысячи километров. В силурийское время это происходит с геосинклиналью, располагавшейся на месте современной Норвегии. В конце палеозоя дислоцируется и, как говорят геологи, замыкается Уральская геосинклинальная область; в мезозое и кайнозое она является уже платформенной структурой. Именно поэтому, как мы отмечали выше, мезокайнозойские осадки здесь залегают довольно спокойно и не метаморфизованы, играя по отношению к докембрийско-палеозойскому фундаменту такую же роль, какую на Русской платформе играют по отношению к докембрию все более молодые осадки. Аналогичная картина наблюдается и в центральном Казахстане, — и Урал и Казахстан являются палеозойскими платформами для мезозойских и более юных геосинклиналей. Кавказская геосинклинальная область продолжает существовать в течение всей мезозойской эры, несмотря на ряд довольно интенсивных складчатостей, и дислоцируется лишь в конце кайнозоя, очень незадолго (по геологическим масштабам, конечно) до наших дней.

Однако говорить о превращении Кавказа в платформу мы пока не можем; мы остановимся на этом дальше.

Все меньше становится на земном шаре геосинклинальных областей, и все уже они делают; одновременно все больше разрастаются и расширяются платформы, соединяя в одно структурное целое чуть ли не все континенты земного шара. Большинство геологов считает этот процесс необратимым и односторонним направленным, не допуская возможности коренной переработки фундамента платформы или значительной его части (например, при длительных и достаточно глубоких прогибаниях, самостоятельных или в результате влияния движений соседней геосинклинали), приобретения ими вновь подвижности и пластичности и способности интенсивно сминаться в складки. Другие геологи говорят, что этот процесс обратим, хотя и весьма редко наблюдается в природе; они указывают при этом, в качестве примера, на Донецкий бассейн. На месте Донбасса в начале палеозойской эры (в кембрии и силуре)



кристаллический фундамент платформы был так же приподнят и устойчив, как и в соседних областях. Однако в девоне здесь произошли крупные расколы в земной коре, по которым обширная территория была опущена, образовав большую впадину. В карбоновое время ее прогибания достигли максимума, так что за один этот период здесь накопилось до 8—10 км (по мощности) осадков, среди которых находятся и хорошо всем известные каменные угли. В последующее, пермское, время опускания продолжались уже с меньшей силой, а в конце перми или начале мезозоя Донбасс был смят в складки и снова превратился в платформенное сооружение.

Таким образом, здесь как будто налицо явления коренной переработки платформенной докембрийской структуры — перехода ее опять в геосинклинальное состояние, лишь после чего, в результате новой складчатости, происходит уже окончательное превращение этого участка в платформу.

Независимо от того, какой точки зрения придерживаться, бесспорным является общее направление процесса развития земной коры — от геосинклинальной к платформенной стадии, от условий большой подвижности к устойчивому положению, от интенсивных и разнообразных проявлений вулканической деятельности к заметному ее сокращению и большему однообразию. Процесс этот идет постепенно, достигая максимума в эпохи наиболее напряженной складчатости, которых в истории земли было три — в первой половине палеозойской эры (каледонская складчатость), в конце ее (герцинская) и в кайнозойскую эру (альпийская); в докембрийское время известно несколько таких эпох интенсивной складчатости, но изучены они еще не достаточно.

После этих эпох становятся уже вполне заметными происшедшие изменения в земной коре, превращение геосинклинальных ее элементов в платформенные.

Не верно полагать этот процесс полностью повторяющимся и считать, что развитие коры идет по замкнутому кругу — от геосинклинали через складчатость к платформе с повторением во все позднейшие времена точно тех же условий, которые были характерны для этих областей в какой-то начальный момент истории, когда возникали первые геосинклиналь, складчатая зона и платформа. Не вдаваясь здесь в подробности, скажем только, что от периода к периоду эти условия значительно менялись и для характера движений земной коры (будь то геосинклинальная область или платформа), и для типа, состава и мощности осадков, и для характера вулканической деятельности и процессов метаморфизма. Если общее направление эволюции земной коры остается неизменным во все геологические времена, доступные нашему анализу, то целый ряд сторон этого процесса, хотя и второстепенных (по сравнению с общей линией развития, с его, так сказать, скелетом), но очень существенных, весьма значительно меняется от геологического периода к периоду.

В настоящий момент геосинклинальные области играют незначительную роль на земном шаре. Большинство геологов относят к ним районы архипелага Зондских островов, частью представляющего собой сушу, частью море. Район этот обладает большой подвижностью, насыщен вулканами и хотя явился ареной альпийской складчатости, но отнюдь не утратил черт, характерных для геосинклинальной области. Цепь Японских

островов, Охотское море, Камчатку многие геологи также рассматривают как еще не замкнувшуюся геосинклиналь. Возможно, что это справедливо и в отношении зоны Средиземного моря и соединенных с ним Черного и Азовского морей. Несравненно шире распространены платформенные структуры, обнимающие собой все материки земного шара, за исключением некоторых окраинных узких зон (частью только что перечисленных нами), и многие моря.

Мы совершенно не касались здесь проблемы океанов, относительно которой среди геологов нет единой точки зрения. Одни считают, что огромные океанические впадины существуют постоянно на поверхности земного шара, представляя собой особый структурный элемент коры; согласно этому мнению, на суше нигде не известны настоящие океанические глубоководные осадки, а все породы морского происхождения, с которыми мы имеем дело, образовались не в океане, а во внутренних, относительно мелководных морях. В свою очередь, не известны примеры превращения материков в океаны. Другие геологи, отмечая особенности строения океанических впадин (огромное развитие в них изверженных пород базальтового состава), полагают, что некогда они подвергались тем же процессам складчатости, прогибания и т. д., что и теперешние материки, но позднее обособились в качестве самостоятельных структурных элементов; на дне их мы вправе предполагать наличие структур, к которым эти районы принадлежали раньше.

С этой точки зрения не исключено быстрое вовлечение океанических впадин снова в общий процесс развития земной коры, каким он описан выше.

Проблема эта, представляющая исключительный интерес, не вносит (как бы ее ни решать) принципиальных изменений в наши рассуждения. Если правильно второе мнение, то океаны надо рассматривать как обособившиеся в процессе позднейшего развития участки земной коры, не отличающиеся по своим структурам от тех, которые известны на материках. Если океанические впадины существуют постоянно (что менее вероятно), то они в силу этого, постоянно оставаясь обособленным элементом, не влияют на общий ход эволюции остальной территории земной поверхности.

Наблюдая постепенное уменьшение значения геосинклинальных областей на земном шаре благодаря их превращению в платформенные сооружения, уместно задать вопрос: что же ждет земную кору в будущем? Ведь если в течение сотен миллионов лет развитие ее шло только в одном направлении (за редкими исключениями, как в Донбассе), то придется допустить, что по прошествии еще некоторого времени замкнутся последние геосинклинали и вся поверхность земли превратится в единую устойчивую платформу. Кора потеряет свою способность испытывать в отдельных зонах глубокие прогибания, а затем пластично сминаться в складки, исчезнут вулканы, будут снесены остатки когда-то грандиозных горных систем, земная поверхность сделается плоской, равнинной, наступит полное окостенение коры.

Некоторые геологи полагают, что именно такая судьба и ждет земную кору. Другие, соглашаясь с тем, что это состояние может наступить относительно скоро, вносят поправку за счет энергии, освобождающейся при распаде находящихся в коре радиоактивных элементов. По некоторым подсчетам при этом освобождается настолько много энергии, что она оказывается способной активно влиять на ход процесса развития коры, вызывая

расплавление твердой оболочки земного шара, излияния на поверхность огромного количества изверженных пород и т. д. Наконец, высказываются мнения, что, когда земная кора лишится последних геосинклиналей, она не умрет, а наступит какой-то новый этап в ее развитии, которого мы не знаем и не можем знать, так как в предыдущей истории Земли его не было.

Сторонники обратимости процесса превращения синклиналей в платформы считают, что в будущем неминуемо начнется переработка платформенных структур и возникновение за их счет новых геосинклинальных областей, которые далее будут вновь дислоцироваться и т. д., так что земная кора не потеряет своей подвижности. С этой точки зрения крайне, например, интересны новейшие движения в Тянь-шане, Алтае, южной части Восточной Сибири. По крупным расколам здесь происходят поднятия отдельных жестких участков палеозойских платформ, не сопровождающиеся значительным смятием слоев, — это складчатость отнюдь не того типа, которым характеризуется завершение геосинклинальной стадии развития. В понижениях между поднимающимися участками — хребтами накапливаются колоссальной мощности толщи рыхлых обломочных пород. И к востоку и к западу от указанных районов располагаются области, также характеризующиеся молодыми движениями, захватывающими разновозрастные структуры. Кое-где здесь в самое недавнее время имели место вулканические проявления. На востоке эта зона, имеющая в общем широтное простирание, смыкается с той Японо-Камчатской областью, о которой мы говорили как о возможной современной геосинклинали; на западе, через Кавказ, она соединяется со Средиземноморьем — другой гипотетической геосинклиналью. Напрашивается заманчивый вывод, что здесь перед нами единая огромная геосинклинальная область, на востоке и западе унаследованная от более древних геосинклиналей, а в центральной части возникшая вновь, за счет переработки разновозрастных платформенных структур. Именно поэтому она во многом отлична от геосинклинальных областей прошедшего времени (для которых, кстати, мы ничего не знаем об их особенностях в момент зарождения). Весьма возможно, что дальнейшее развитие земной коры пойдет как раз по такому пути.



На выделении трех описанных структурных элементов — геосинклинальных областей, платформ и щитов — основано тектоническое районирование территории земного шара, занятой суши (тектоника — это та часть геологии, которая изучает условия залегания пластов, формы складчатости, развитие складчатых процессов и т. д., т. е. изучает строение земной коры). При этом районировании руководствуются возрастным признаком, т. е. временем возникновения тех или иных крупных структур. Мы видели выше, что в истории Земли было несколько эпох особенно напряженной складчатости, в результате которых происходили значительные изменения в строении земной коры, в распределении геосинклинальных областей и платформ. Эти эпохи складчатости являются как бы завершающими моментами длительного цикла развития земной коры, знаменуя собой начало нового этапа ее жизни. Естественно и тектоническое районирование проводить по этим эпохам.

Таким образом, мы должны прежде всего выделить (и обозначить условным знаком на карте) области докембрийской геосинклинальной складчатости, т. е. те области, которые уже в палеозойское время были платформами. Далее надо будет выделить зоны каледонской складчатости, т. е. те зоны, которые характеризовались в нижнепалеозойское время геосинклинальными условиями, а затем, с конца силурийского периода, превратились в платформы. Точно так же будут выделены области герцинской и альпийской складчатости. Для последней, как происшедшей очень недавно и частью несомненно еще не завершенной, мы в большинстве случаев не можем пока говорить о превращении захваченных ею геосинклинальных областей в платформы.

Значение этого районирования заключается не только в его большом научно-теоретическом интересе; не меньший интерес представляет оно и для практических целей. Месторождения полезных ископаемых, поисками и разведками которых занимаются геологи, распределены в земной коре не как попало, не беспорядочно, а подчиняясь определенным закономерностям. Это могут быть закономерности условий образования минералов и пород, представляющих собой полезное ископаемое, или закономерности вторичного их накопления при наличии благоприятных для этого структур (речь идет, конечно, о мелких структурах — об отдельных складках, валах, трещинах разломов и т. д.), элементов рельефа и т. п. В качестве примера первых укажем на руды различных цветных и редких металлов (медь, свинец, цинк, олово, молибден и др.), образующихся во время проникновения интрузивных тел в толщу вышележащих пород, в качестве своего рода «отходов» от магмы при ее остывании (газообразным выделением из нее, с переходом затем в горячие водные растворы и последующей кристаллизацией в более высоких зонах коры, где уменьшаются температура и давление). Коренные месторождения этих руд, следовательно, всегда так или иначе связаны с интрузивными породами (очень часто с гранитами), и искать их где-либо в районе, целиком сложенном осадочными толщами, для которого совершенно не известны вулканические проявления, было бы напрасной тратой денег и времени.

В качестве примера связи месторождений с определенными структурами при вторичном накоплении полезного ископаемого укажем на очень часто наблюдающуюся приуроченность нефтяных месторождений к соляным куполам. Между солью и нефтью нет генетической связи, но купольные структуры создают благоприятные условия для скопления на них нефти. Образование рассыпных месторождений металлов зависит от рельефа, характера гидрографической сети и т. д.

Зная эти закономерности распределения полезных ископаемых и тектоническое строение района или области, мы во многих случаях можем заранее сказать (в общих чертах, конечно), на поиски каких минералов и руд здесь надо ориентироваться в первую очередь. Чем детальнее произведено тектоническое районирование, чем больше элементов выделено на карте (глубины залегания структур, сбросовые, надвиговые и другие так называемые разломные дислокации, участки возможной последующей переработки под влиянием движений соседних крупных структур и т. д.), тем правильнее можно сделать прогноз о наличии или отсутствии данного полезного ископаемого, тем точнее ориентировать направление дальнейших поисково-разведочных работ.

Сидя в своем кабинете, за письменным столом, геолог сможет рассказать многое о минеральных богатствах областей, в которых он никогда не был, удаленных за тысячи километров. Он делает это, конечно, не только на основании материалов по тектоническому районированию, а используя и многие другие данные, но роль этих материалов при подобных построениях очень значительна.

У нас в Советском Союзе, при строгом планировании работ во всех отраслях народного хозяйства, возможность дать общее правильное направление поискам и разведкам наших минеральных богатств особенно ценна. Производя геологическое сравнение различных районов, учитывая потребности промышленности, экономики и т. д., мы можем планомерно изучать недра всей обширной территории нашей страны, заранее более или менее представляя себе, каковы будут результаты этих работ (ошибки, конечно, бывают, но они нисколько не меняют всей картины в целом). И не случайно поэтому то внимание, которое правительственные органы уделяют картам прогнозов распространения полезных ископаемых и аналогичным научным работам геологического предвидения и предсказания, проводимым и Комитетом по делам геологии при СНК СССР, и Академией Наук СССР, и другими институтами и организациями.

Возможность делать такие прогнозы, на расстоянии «угадывая», какие породы и минералы лежат под землей, находит себе сейчас применение и в войне, которую Советский Союз ведет с

фашистской Германией. Правильная оценка запасов стратегического сырья противника (не только по наличию известных, но еще не достаточно разведанных месторождений, но и по перспективам открытия — если к тому есть геологические предпосылки — новых залежей необходимого сырья), возможность замены дефицитного металла другим, близким ему, определение районов, куда желательно направить удар, чтобы лишить врага тех или иных жизненно важных для него месторождений (может быть, в силу особенностей геологического строения, единственных на всей его территории), и целый ряд других вопросов, — вот задачи, поставленные сейчас войной перед советскими геологами. Знание их, так же как и знание геологической обстановки по стратегическому сырью своей страны, может в некоторых случаях помочь определить направления ударов противника, наносимых им для того, чтобы приобрести важные в военном отношении месторождения или лишить нас тех минеральных ресурсов, в которых мы особенно заинтересованы.

При решении этих задач известную, при том далеко не последнюю, роль играет и правильное проведение тектонического районирования — как территории врага, так и собственной, и территории наших союзников. Абстрактные, оторванные от живой жизни, — как это могло бы показаться с первого взгляда, — понятия о структурных элементах земной коры в действительности оказываются связанными с самыми насущными, самыми актуальными задачами сегодняшнего дня.

---



# ИВАН МИХАЙЛОВИЧ СЕЧЕНОВ

С. Я. ШТРАЙХ

**В** текущем году исполняется восемьдесят лет со времени опубликования «Рефлексов головного мозга» И. М. Сеченова. Книга эта до наших дней сохранила свое научное значение и, кроме того, занимает видное место в истории русского общественного движения 60-х — 70-х годов XIX в.

По своему научному и общественному влиянию «Рефлексы головного мозга» являются подлинным русским манифестом материализма в биологии эпохи Маркса и Дарвина. Для уяснения влияния сеченовских «Рефлексов» на развитие науки достаточно привести свидетельство гениального физиолога И. П. Павлова: «Когда я начинал... исследования..., главным толчком к моему решению... было давнее, еще в юношеские годы испытанное влияние талантливой брошюры Ив. Мих. Сеченова, отца русской физиологии, под заглавием «Рефлексы головного мозга...» В этой брошюре была сделана — и внешне блестяще — поистине для того времени чрезвычайная попытка... представить себе наш субъективный мир чисто физиологически. Иван Михайлович в это время сделал важное физиологическое открытие о центральном задерживании, которое произвело сильное впечатление в среде европейских физиологов и было первым вкладом русского естествознания» («Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Условные рефлексы». Изд. 6-е, М. — Л., 1938, стр. 13 и сл.).

Иван Михайлович Сеченов родился 13 (1) августа 1829 г. в помещичьей семье среднего достатка в с. Теплом Стане Курмышского уезда Симбирской губернии (ныне Ульяновская область). Предки его гордились прямым родством со знаменитым митрополитом Дмитрием Сеченовым. Кроме того, по свидетельству самого Ивана Михайловича, многие представители этого помещичьего рода, в том числе сестры его отца, искренно верили, что дворяне происходят от самого любимого Ноева сына — Иафета, а крестьяне — от самого неприятного из них — Хама. Но отец И. М. Сеченова был человек другого образа мыслей. Он не останавливался перед ужасным, с точки зрения дворянства, поступком — официальной женитьбой на крестьянке. М. А. Сеченов, хотя сам был едва грамотен, умел ценить образование и старался дать его своим сыновьям в полную меру тогдашних возможностей.

Младшему из пяти сыновей отставного майора гвардии М. А. Сеченова, Ивану Михайловичу, предназначалась военная карьера. Он поступил в

Военно-инженерное училище в Петербурге. По окончании училища Сеченов начал самостоятельную жизнь офицером саперных войск. Но Сеченова захватил распространенный в середине XIX в. интерес к естественным наукам. В феврале 1850 г. он вышел в отставку, осенью приехал в Москву и поступил на медицинский факультет, который окончил в 1856 г., а в августе уехал за границу и несколько лет работал в лабораториях лучших западноевропейских физиологов (Иоганнеса Мюллера, Дю-Буа, Реймона, Готте-Зейлера и др.). В Берлинском университете ему приходилось слышать от некоторых профессоров, считавшихся передовыми, что русские — низшая раса в сравнении с немцами («Автобиографические записки», М. 1907, стр. 78 и сл.).

В те же годы появилась первая самостоятельная работа Сеченова. Основанная на тщательно выполненных опытах, она свидетельствовала о большом творческом размахе и незаурядных способностях автора. Тогда же в германских университетских лабораториях экспериментировали Д. И. Менделеев, А. Г. Столетов, А. О. Ковалевский, А. П. Бородин и многие другие.

В 1860 г. Сеченов был назначен адъюнкт-профессором Медико-хирургической академии и начал читать совершенно не известный тогда в России курс электрофизиологии под названием «Лекции о животном электричестве», имевшие опромный успех. В них Сеченов проявил себя как пионер физико-химического направления в физиологии.

Уже первые работы Сеченова внесли значительный вклад в физиологию. В лаборатории Людвиг Сеченов построил впервые насос для выкачивания газов из крови и дал способ, который поставил на твердую почву учение о газах крови. Его руководитель, знаменитый германский физиолог К. Людвиг, включил в свой учебник результаты наблюдений Сеченова. Письмо Людвига с просьбой разрешить это заимствование опубликовано в биографии Сеченова при новом, советском издании его сочинений («Избранные труды», М. 1935, стр. 12 и сл.).

Так же ценны были по своим выводам исследования Сеченова в области дыхания. «Работы в области дыхания и содержания газов в крови можно назвать классическими», — писал в 1935 г. акад. Л. А. Орбели. — Сеченов один из первых стал точно количественно определять содержание углекислоты в крови при различных условиях давления, влажности и температуры. Сеченов является создателем этой главы физиологии не только у нас, но и во всем мире» (газ. «Известия», 8 августа 1935 г.).

1829



1903

## ИВАН МИХАЙЛОВИЧ СЕЧЕНОВ

Высоко ценил работы Сеченова один из крупнейших естествоиспытателей XIX в. — Гельмгольц (1821—1894). В переписке с немецкими учеными он отмечал достижения русского исследователя, заявляя, что пользуется его наблюдениями в своих собственных работах.

Когда Сеченов приступил к физиологическим исследованиям, в науке ничего еще не было известно о задерживающих или тормозящих действиях центральной нервной системы. Сеченов решил выяснить экспериментально, какие части головного мозга являются задерживающими центрами. Один из лучших западноевропейских экспериментаторов — К. Людвиг считал это невозможным. Он говорил, что производить намеченные Сеченовым опыты равносильно желанию «изучить механизм часов, стреляя в них из ружья».

Но Сеченов не боялся практических препятствий, если теоретические рассуждения подсказывали ему, что он стоит на верном пути. Русский ученый обладал мужеством новатора, прокладывающего новые пути, оставляющего в стороне исхоженные, истоптанные тропы. Многочисленные и труднейшие опыты привели его к открытию огромной важности, давшему сильнейший толчок развитию учения о тормозящих действиях нервной системы. Как и все открытия Сеченова, оно имеет большое значение и для практической медицины.

Свои опыты Сеченов повторил перед крупнейшими физиологами Вены, Парижа, Берлина. Исследование, основанное на них, напечатано в 1863 г. на русском, французском и немецком языках. Все это, как пишет проф. Н. Введенский, «произвело большое впечатление среди физиоло-

гов всех стран; указанный в средних частях головного мозга (зрительные бугры и четыреххолмие) физиологический центр получает название «Сеченовского центра» (Ив. Мих. Сеченов, Спб., 1906, стр. 24).

Упоминаемое здесь сочинение составляет экспериментальную основу «Рефлексов головного мозга». Впервые оно напечатано по-русски в «Медицинском вестнике» за 1863 год. В конце статьи дата: «Париж, 17 декабря 1862». Работа имеет следующее заглавие: «Исследование центров, задерживающих отраженные движения в мозгу лягушки» (№ 1, стр. 1—6; № 2, стр. 9—13; № 3, стр. 17—20). В том же 1863 г. и в том же журнале было напечатано «Прибавление к учению о нервных центрах, задерживающих отраженные движения» (№ 34, стр. 309—312; № 35, стр. 317—320).

В обоих случаях заглавия статей не связаны с названием последующего, знаменитого сочинения Сеченова. Однако в годичном указателе «Медицинского вестника», где перечислены темы всех помещенных в нем статей, очерки Сеченова характеризуются так: «Рефлексы. Нервные центры в мозгу, задерживающие их». Повидимому, редакция журнала хотела привлечь внимание читателей на связь «Исследования» с книгой Сеченова, которая немедленно по напечатании получила широкую популярность.

В дополнение к характеристике «Исследования», данной Н. Введенским (см. выше), приведем суждение И. П. Павлова об этом произведении Сеченова. В докладе о работе больших полушарий головного мозга (март 1911 г.) Павлов отметил, что «торможение как неперенное явление в деятельности нервной системы было...

добыто русским умом... именно И. М. Сеченовым. Иван Михайлович начал... блистательно, открытием центров задерживания рефлекторной деятельности» («Двадцатилетний опыт», 1938, стр. 157).

О той же работе И. П. Павлов говорил через год: «Как инициатора... и в качестве возбудителя всеобщего интереса к предмету надо... почтить... И. М. Сеченова... В 1863 г. им было обнародовано известное сочинение «О задерживающих рефлексы центрах». Сочинение это... надо считать первой победой русской мысли в области физиологии, первой самостоятельной оригинальной работой» (там же, стр. 193—194).

Вслед за «Исследованием», в том же году, появилась в печати работа Сеченова, произведшая целую революцию в науке о психической жизни. Это были знаменитые «Рефлексы головного мозга» («Медицинский вестник», 1863, №№ 47 и 48).

Работа имеет глубоко научный характер, основана на многочисленных, строго проверенных исследованиях и при всем этом предназначалась автором для напечатания в самом распространенном тогда общелитературном и политическом журнале — в «Современнике» Чернышевского. Согласно названию, данному этой работе Сеченова, она является «попыткой свести способ происхождения психических явлений на физиологические основы». Здесь систематически изложены общие выводы из его многочисленных экспериментальных исследований.

В вводной главе своей новой работы Сеченов пишет: «Все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению — мышечному движению. Смеется ли ребенок при виде игрушки, улыбается ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к родине, дрожит ли девушка при первой мысли о любви, создает ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге, — везде окончательным фактом является мышечное движение» («Рефлексы головного мозга», вступительная статья, примечания и редакция Х. С. Коштыянца, изд. Академии Наук, 1942, стр. 37).

Отметив в первой главе («Невольные движения»), что деятельность головного мозга «никогда еще не была разбираема с научной точки зрения» (стр. 50), приведя многочисленные, экспериментально установленные факты рефлекторной деятельности организма животного, автор во второй главе («Произвольные движения») подчеркивает, что он строит свои выводы «лишь на основании твердых фактов» (стр. 75). При этом Сеченов, с осторожностью настоящего ученого, отличавшей его всю жизнь, называет свои выводы гипотезами. Говоря о зависимости характера человека, в значительной степени, от его воспитания, Сеченов вспоминает расистские теории некоторых берлинских профессоров и подчеркивает: «Умного негра, лапландца, башкира европейское воспитание в европейском обществе делает человеком, чрезвычайно мало отличающимся со стороны психического содержания от образованного европейца» (стр. 137—138).

В заключение исследователь говорит, что его задачей было показать «возможность приложения физиологических знаний к явлениям психической жизни» (стр. 139). Выражаясь по-научному осторожно, он пишет: «Думаю, что цель моя хотя отчасти достигнута... Пусть доверят теперь, что без внешнего чувственного раздражения возможна хоть на миг психическая деятельность и ее выражение — мышечное движение» (стр. 139—140).

Спустя десять лет, в статье «Кому и как раз-

рабатывать психологию», Сеченов резче сформулировал сущность своих взглядов на происхождение психических процессов в мозгу человека. «Человек есть определенная единица в ряду явлений, представляемых нашей планетой, и вся его даже духовная жизнь, насколько она может быть предметом научного исследования, есть явление земное... Отрывать разум от органов чувств значит отрывать явление от источников, последствия от причины» («Избранные труды», М. 1935, стр. 275—276).

Но и в «Рефлексах» мысль автора была выражена достаточно ясно и определенно. Ее хорошо понял читатель-друг, ищущий истину и радостно воспринимающий ее. «Рефлексы» оказали опромное влияние на передовую мысль 60-х и 70-х годов и способствовали, как пишет акад. А. М. Деборин, «развитию материалистических взглядов» («Вестник АН СССР», 1936, № 3, стр. 14).

И. П. Павлов много раз говорил в своих выступлениях о «Рефлексах». В 1913 г., в очередном докладе о своих работах, великий физиолог назвал эту книгу Сеченова гордостью русской мысли. «Ровно столетия тому назад... была написана... русская научная статья «Рефлексы головного мозга», в ясной, точной и пленительной форме содержащая основную идею того, что мы разрабатываем в настоящее время. Какая сила творческой мысли требовалась тогда, при тогдашнем запасе физиологических данных о нервной деятельности, чтобы родить эту идею! А родившись, идея росла, зрела и сделалась в настоящее время научным рычагом, направляющим огромную современную работу над головным мозгом» («Двадцатилетний опыт», стр. 249—250; см. еще стр. 293).

В других своих выступлениях Павлов говорил о Сеченове как о «славном родоначальнике родной физиологии, носителе истинно свободного духа», а об исследованиях Сеченова — что «это целиком наша русская неоспоримая заслуга в мировой науке, в общечеловеческой мысли» («Полное собрание трудов», т. I, М. 1940, стр. 26—27).

В статье «Развитие естествознания в 3-й четверти XIX ст.» К. А. Тимирязев говорит о влиянии «Рефлексов» и других психологических исследований Сеченова на развитие научных идей в XIX в.: «В научной психологии он выступил таким же строгим мыслителем, как и в области физиологии, вызывая сильное неудовольствие психологов старого метафизического заката. Если прибавить к этому блестящую, замечательно простую, ясную форму, в которую он облачал свои мысли, то станет понятно то широкое влияние, которое он оказал на русскую науку, на русскую мысль даже далеко за пределами своей аудитории и своей специальности» (Соч., т. VIII, стр. 164 и сл.).

Указав, что Сеченов был «самой типичной центральной фигурой» 60—70-х годов, К. А. Тимирязев пишет: «История признает, что ни один русский ученый не имел такого широкого и благотворного влияния на русскую науку и развитие научного духа в нашем обществе», как автор «Рефлексов» (там же).

Новейший исследователь творчества Сеченова — проф. Х. С. Коштыянец пишет о том же: «Сеченов по-новому для своего времени выдвинул идею, что вся психическая жизнь, со всеми ее двигательными проявлениями, поддерживается и стимулируется теми воздействиями, которые получают органы чувств извне, и теми раздражениями чувствующей нервной системы, которые возникают внутри организма. Исключительно ярко

аргументировал Сеченов свои выводы... В совершенно исключительной форме, на многих примерах было показано формирующее влияние факторов среды на нервные процессы» («И. М. Сеченов — великий русский физиолог», Вестник АН СССР, 1941, № 2—3, стр. 90—91; ср. того же автора — «Сеченов», изд. АН СССР, М.—Л., 1941, стр. 68 и сл., 102 и сл.).

Широкое влияние ученых исследований Сеченова не только возмутило психологов старого заката. Оно испугало защитников старого мира. Они поняли, что ученые труды Сеченова революционизируют читателя. Проф. Х. С. Кошпотьниц приводит во вступительной статье к новому изданию «Рефлексов» заявление царского цензора своему начальству об опасности этой книги для тогдашнего государственного строя. «В обширном учебном трактате,— пишет официальный охранитель полицейского государства,— автор чрезвычайно ловко и более или менее для читателя-неспециалиста удовлетворительно объясняет чисто механическим образом все акты психической жизни. При спокойном и сдержанном изложении автор, хотя нигде прямо не касается религиозных верований и нравственных или политических начал, но тем не менее подрывает их, проводя самым обширным образом идею материализма во все акты жизни человека» (изд. 1942 г., стр. 16).

Всполошились все власти. Завелась переписка между цензурным ведомством, полицейской администрацией и судебными органами. Когда Сеченов пытался выпустить «Рефлексы» отдельным изданием, книга была арестована. Ее хотели сжечь, автора — привлечь к суду. Дело тянулось свыше года. Правящим кругам объяснили, что преследование ученого и его произведения создает лишнюю рекламу книге и заключающимся в ней идеям. «Рефлексы» были оставлены в покое.

Влияние «Рефлексов» на развитие научного материализма проявилось не только в России, но и в других странах культурного мира. От Сеченова идея материальной основы психологии распространилась по всем университетам и лабораториям Западной Европы и Америки посредством трудов его гениального последователя — Ивана Петровича Павлова.

К. А. Тимирязев в предисловии к своему сборнику «Насущные задачи современного естествознания» приводит заявление одного французского ученого о влиянии Сеченова на западноевропейскую науку. Говоря, что физиология должна объяснять психологию, «один ученый далекого Запада... приходит к заключению, что путь, намеченный И. М. Сеченовым, единственный, который не окажется пустой потерей времени» (Соч., т. V, стр. 25).

Кое-где на Западе пытались отгородиться от влияния научного материализма. И. П. Павлов рассказывает, что, когда он лет двадцать назад был приглашен в Лондон на юбилей Королевского общества (английская Академия наук), он встретился там с знаменитым английским физиологом-неврологом Шеррингтоном. «Он мне говорит,— сообщал Павлов на одной из своих лекций в 1934 г.: — «а знаете, ваши условные рефлексы в Англии едва ли будут иметь успех, потому что они пахнут материализмом».

Но от влияния идей, основанных на жизненной и научной правде, трудно отгородиться. В упомянутой только что лекции Павлов сообщил: «Как раз в той стране, относительно которой меня пугал Шеррингтон, оказалось совсем другое: теперь в Англии учение об условных

рефлексах преподается во всех школах. Широкое признание нашло оно и в Соединенных Штатах Америки. Но это далеко не всюду. Например, в Германии ход этого учения далеко не таков» («Двадцатилетний опыт...», М. 1938, стр. 680)

Идеи Сеченова — Павлова разрабатываются не только в Англии и Америке, но также в Швеции и других странах. А до нынешней войны они занимали видное место в плане работ ученых учреждений всех западноевропейских стран, кроме Германии.

Учение Сеченова о торможении спинномозговых рефлексов занимает в настоящее время видное место в исследованиях советских физиологов. Об этом пишет руководитель важнейших научно-исследовательских учреждений нашей страны, акад. Л. А. Орбели: «Сеченов первый дерзнул применить гальванометр к изучению работы мозга. Он показал, что факторы, вызывающие в нервных центрах возбуждение или угнетение деятельности, сопровождаются отклонениями гальванометра в противоположные стороны. Впоследствии этот прием был блестяще использован для установления ряда важных законов английскими исследователями Готчем и Хорслеем, а в настоящее время составляет центр внимания нескольких лабораторий за рубежом и у нас, в Союзе. Работе Сеченова о торможении спинномозговых рефлексов пришлось стать краеугольным камнем нового взгляда на взаимоотношения частей мозга» (1935 г.).

Акад. Орбели заявляет, что в его лаборатории «было показано, что симпатическая система оказывает на нервные центры регулирующее влияние и что как раз сеченовское торможение представляет собой случай регуляции деятельности спинного мозга со стороны зрительных чертоточек через посредство симпатической системы. Этот факт возвращает нас до некоторой степени к тем первоначальным взглядам, которые высказал Сеченов в своей первой работе» («Ив. Мих. Сеченов», газ. «Известия» от 6 августа 1935 г.).

Более подробная характеристика научного значения «Рефлексов» и их влияния на дальнейшее развитие физиологии — во вступительной статье проф. Х. С. Кошпотьница к последнему изданию этой книги Сеченова (1942 г.); см. также указатель литературы в конце настоящей статьи.

Что касается немецких авторов, то они, как указывает М. А. Панкратов в очерке «Учение Сеченова о торможении», «отбросили не только взгляды Сеченова, но и все его учение... Подобное положение вещей создалось с тех пор, как Гольц выступил противником Сеченова... хотя повторял только Сеченова... Немецкая литература, выставя на первый план работы своих исследователей, затемняла и в известной степени неправильно освещала учение Сеченова («Известия института им. П. Ф. Лесгафта», т. XXII, 1940, стр. 207 и 228).

Все ухищрения фашистских ученых и их предшественников остались бесплодными. «История показывает,— пишет М. А. Панкратов,— насколько шатки были теории различных авторов... При ближайшем столкновении с фактами они рушились, как карточный домик. Учение Сеченова победоносно развивалось в борьбе со старыми взглядами; оно шло вперед, отмечая то, что не соответствовало действительности. Сеченов... видел в отдельных фактах нарождающееся новое, способное перевернуть существующие воззрения, способное дать прочный естественнонаучный



фундамент физиологии. В этом сказался гений Сеченова» (стр. 228—229).

Чрезвычайно ценно свидетельство президента АН СССР акад. В. А. Комарова о влиянии «Рефлексов» на развитие общественной мысли в России не только в 60-е и 70-е годы, но и в дальнейшее время. «Книга Сеченова,— пишет акад. В. А. Комаров в статье «О научно-популярной литературе»,— это не популярное изложение уже известных науке фактов и выводов, а ряд гениальных, совершенно новых наблюдений и обобщений. Но как популярна эта замечательная книга. И какое громадное число не специалистов, а людей самых разных профессий черпало в ней основы своего мировоззрения и ставило книжку Сеченова на полку (а иной раз в потайное хранилище) рядом с книгами Чернышевского и Добролюбова» (газ. «Правда», 13 февраля 1941 г.).

Остановлюсь вкратце на других сторонах научной деятельности И. М. Сеченова, всегда и неустойчиво связанной с его социально-политическими взглядами и с его влиянием на развитие русской общественной мысли.

Кроме физиологии и основанной на ней научной психологии, Сеченов занимался также исследованиями вопросов труда. Во времена Сеченова длина трудового дня рабочих зависела от производства собственников-фабрикантов и их ставленников. Когда в конце 80-х годов стали приходить из-за границы сведения о сокращении рабочего дня до восьми часов, Иван Михайлович засел в лаборатории и произвел огромное количество сложных опытов, в том числе над самим собой. После многочисленных исследований и опытов Сеченов напечатал «Очерк рабочих движений человека», который является важнейшим научным руководством в этой области и для нашего времени.

Вопросами труда, положением рабочих, их бытом и обстановкой Сеченов интересовался всегда. Незадолго до смерти, в самом начале XX в., он захотел проверить справедливость рассказов о том, как хорошо усваивают рабочие Пречистенских курсов лекции профессора химии Московского университета М. И. Коновалова, одного из крупных специалистов в своей области. Сеченов пошел на лекцию Коновалова, который читал рабочим химию в том же объеме и содержании, как и университетским слушателям. «Сильное впечатление получилось от аудитории, слушавшей с какой-то жадностью простую и ясную речь своего профессора, подкреплявшуюся на каждом шагу опытом,— писал после этого Сеченов.— Еще большим уважением я проникся к этой аудитории, когда узнал, что некоторые рабочие бегут на эти лекции по окончании вечерних работ на фабрике из-за Бутырской заставы; многие учатся иностранным языкам, некоторые даже английскому».

После этого и сам Сеченов стал читать для рабочих анатомию и физиологию. Лекции его имели большой успех, но через полгода царское правительство спохватилось. Сеченову было запрещено передавать рабочим свои знания. Царские ставленники были правы. Сеченовская наука, самая серьезная и глубокая, всегда была опасна для господства класса собственников.

На лекциях в высшей школе и в лабораториях Сеченов говорил своим ученикам: «Работайте, работайте всеми силами. Помните, что вы получаете высшее образование — этот цвет мысли — на последние гроши русского обездоленного мужика, и что вы являетесь неоплатыми должниками его. Старайтесь же серьезной подготовкой к предстоящей вашей деятельности быть полезными работниками в жизни и выполнить ваш гражданский долг» (акад. И. Р. Тарханов, Памяти И. М. Сеченова, Труды Общества русских врачей в Петербурге за 1905 г., стр. 73).

Много выступал также И. М. Сеченов с публичными лекциями (с благотворительной целью) на темы своих специальных исследований: о зрительном мышлении, о физиологии растительных процессов и т. д. Его блестящий лекторский талант привлекал в аудиторию многочисленную публику. Лекции эти неизменно посещал И. С. Тургенев, сообщавший в письмах к друзьям, что Сеченов объясняет «очень ясно и научно» («Современный мир», 1912, № 3, стр. 196).

В интересах распространения точных знаний И. М. Сеченов печатал в общих журналах и энциклопедиях статьи по истории науки, о знаменитых натуралистах и т. п. Он редактировал также специальные научные труды (Дарвина и др.), снабжая их своими вступительными статьями и часто перерабатывая их или дополняя своими очерками.

Еще в одной области было велико значение общественной деятельности И. М. Сеченова. Он был решительным сторонником полного раскрепощения женщины. Он отстаивал их право на высшее образование, допускал их в свои лаборатории и аудитории. Наконец, Сеченов одним из первых личным примером доказал, что без лицемерно-поповского церковного брака семейный быт может быть прочным и высоконравственным, если муж и жена искренно любят друг друга и стремятся к высокой цели — служению человечеству на поприще культуры и науки. В этом отношении Сеченов и его жена Мария Александровна Бокова послужили великому революционному мыслителю и писателю Н. Г. Чернышевскому образцами для героев его знаменитого романа «Что делать?», где Иван Михайлович выведен в лице Кирсанова, а его жена — в лице Веры Павловны Лопуховой.

Литература о Сеченове — основная, кроме указанной выше: 1) И. М. Сеченов; Автобиографические записки, М. 1907; 2) И. М. Сеченов, Очерк рабочих движений человека, М. 1901; 3) И. М. Сеченов, Письма к И. И. Мечникову и другим ученым в сб. «Борьба за науку в царской России», М. 1931; 4) И. И. Мечников, Воспоминания о Сеченове, Вестник Европы, 1915, № 5; 5) К. Х. Кекчеев, Сеченов, М. 1933; 6) Т. А. Богданович, Любовь людей 60-х годов, Л. 1929; 7) С. Е. Драбкина, Чернышевский и Сеченов, Физиол. журн., 1940, т. 28, в. 2—3; 8) С. Е. Драбкина, Философско-психологическая полемика 1880—1882 гг. и И. М. Сеченов, Сов. педагогика, 1939, № 6; 9) З. Белецкий, Сеченов и Павлов — великие ученые и патриоты своей родины, Под знам. марксизма, 1942, № 4; 10) А. Ф. Капустинский и Б. И. Анфеев, Правило Сеченова и растворимость сероводорода..., ДАН СССР, 1941, т. 30, № 7; 11) К. Х. Кекчеев, Сеченов и физиология труда, Физиол. журн., 1936, т. 21, в. 3; 12) Г. А. Князев, Научные связи Сеченова с Академией Наук, Архив истории науки и техники, 1935, вып. 7. Другие указания в книгах о Сеченове — К. Х. Кекчеева (в наст. списке № 5) и Х. С. Коштоянца (изд. 1941 г.).



# Лекарственные СОКРОВИЩА СССР



Заслуженный деятель науки  
профессор  
Д. М. РОССИЙСКИЙ

**М**едицина с незапамятных времен пользуется в качестве лечебных средств разнообразными растениями. В сохранившейся до нашего времени самой древней в мире библиотеке ассирийцев и вавилонян, заключающей 22 000 глиняных плиток с письменами, имеется словарь с перечислением известных этим народам лекарственных растений. В книге о лекарственных растениях, написанной учеными Китая около 5000 лет назад, приводится подробное описание большого количества лекарственных растений и методов их применения. В древнейшей книге знаменитого индусского врача Сушрута описывается более 700 видов лекарственных растений.

В древнем Египте, Греции и Риме применение растений для лечебных целей также имело большое распространение. Великие врачи древности Гиппократ и Гален придавали большое значение применению для лечебных целей различных лекарственных трав, и древнегреческая медицина уже знала применение таких средств, как опий, касторовое масло, мята, жорни мандрагоры, подорожник и т. д.

В нашей стране различные лекарственные растения также применяются с лечебной целью с давних времен. Так, сохранившаяся до нашего времени старинная, относящаяся к XI в. медицинская рукописная книга «Изборник Святослава» содержит описание ряда лекарственных трав.

В начале XVI в. в Кремле было организовано даже особое учреждение, так называемый Аптекарский приказ, который ведал сбором, закупкой и разведением лекарственных растений. В конце XVI в. в Москве было издано специальное руководство по описанию и применению различных отечественных и зарубежных лекарственных растений под наименованием «Травник тамошних и здешних зелий».

В XVII в. в Московском государстве был издан уже ряд так называемых травников, содержавших описание растений, приготовление из них лекарств, их врачебное применение и т. д.

В начале XVIII в., при Петре I, который придавал большое значение развитию дела собирания и культуры отечественных лекарственных растений, в России был широко организован сбор этих растений как для лечебных, так и для промышленных целей.

Бесконечно богата ценными лекарственными растениями флора СССР, насчитывающая более 300 видов различных дикорастущих лекарственных растений.

Благодаря колоссальным богатствам своего растительного мира наша страна с давних пор служила постоянным источником снабжения мирового рынка всевозможными лекарственными и техническими растениями.

В период после Октябрьской революции сбор и культура лекарственных растений в нашей стране были реорганизованы на новых, строго научных началах и были выявлены новые районы произрастания целого ряда лекарственных и технических растений.

За последние годы, в связи с быстрым развитием в СССР химико-фармацевтической промышленности, использование в медицинской практике лекарственных растений резко сократилось, а многие народные лекарственные растения оказались незаслуженно забытыми, научно не проверенными и не использованными.

Между тем в СССР произрастает почти вся лекарственная флора, официально признанная фармакопеей, а для некоторых из лекарственных растений СССР является единственной родиной, как, например, для цитварной полыни, в диком состоянии растущей только в Казахской ССР, — растения, из которого добывается известное глистогонное средство — сантонин.

Среди дикорастущих растений нашей страны имеется большое количество еще совершенно не исследованных, но, вероятно, весьма ценных лекарственных растений. Только недавно из солончакового сорняка анабазиса, растущего в Казахской ССР, получено ценное противопаразитарное вещество и новый, возбуждающий дыхание препарат — метиланабазин, а из растущего в большом количестве в южных республиках СССР растения Пеганум гармала добыт имеющий большое значение в медицине алкалоид гармин.

Из растительного мира нашей родины мы можем получать средства, действующие на сердечно-сосудистую систему, на желудочно-кишечный тракт, на органы мочеотделения, на нервную систему, отхаркивающие, кровоостанавливающие, болеутоляющие и другие важные для медицины препараты.

Среди лекарственных растений, произрастающих в СССР, имеется большое количество оказывающих действие на сердечно-сосудистую систему, но еще мало и даже совсем не исследованных.

ных. К ним принадлежат олеандр, культивируемый на Черноморском побережье; обвойник, растущий на Кавказе; ластовень, экстракт из семян которого обладает строфантиноподобным действием и который растет по всей Европейской части СССР, на Кавказе, в Западной Сибири и в Средней Азии; чернушка посевная, растущая в юго-западной части СССР, на Кавказе и в среднеазиатских республиках.

Большое значение могут иметь для практической медицины препараты из таких лекарственных растений, как понижающие кровяное давление солянка Рихтера, растущая в Средней Азии, и омела — в средней и южной полосе Европейской части СССР и на Кавказе, и препараты из повышающих кровяное давление растений: хвойника хвощевого, растущего на Кавказе, в Западной Сибири и в Средней Азии и дающего ценный алкалоид эфедрин, действующий более длительно, чем адреналин, и применяющийся при бронхиальной астме, кровотечениях и шоке: копытня, растущего почти по всей Европейской части СССР и в Западной Сибири, и левзии софлоровидной, растущей в Сибири и в Средней Азии.

Ценные слабительные могут быть получены из подорожника блошного; дикорастущих в СССР видов ревеня; ламинарии сахаристой; морской водоросли, в изобилии встречающейся в Белом море; щавеля курчавого, растущего по всей Европейской части СССР, на Кавказе, в Средней Азии и на Дальнем Востоке; павилики, растущей почти по всей Европейской части СССР, на Кавказе, в Средней Азии и в Сибири.

Желчегонные средства мы имеем в бессмертнике песчаном, цветках кукурузы и шиповнике, произрастающих почти по всему СССР. Мочегонные можем получить из хвоща полевого, первоцвета, стальника колючего и ряда других растений.

Такие, в изобилии произрастающие в СССР растения, как водяной перец, пастушья сумка, калина, кукушник, тысячелистник, крапива двудомная и ряд других, могут дать ценные кровоостанавливающие средства.

Необычайно богата наша страна растениями, обладающими отхаркивающими свойствами, требующими еще дополнительных экспериментальных и клинических исследований. К ним относятся росянка, фиалка душистая, тимьян обыкновенный, девясил, истод, синеголовник плоский.

Прекрасные вяжущие препараты дают корень змеевика, ольха, кора дуба.

Препараты горечей получают из горечовки, одуванчика, полыни, тысячелистника, аира и многих других растений.

Богатейшая флора нашей родины может дать даже средства, действующие на углеводный обмен, как например, алкалоид галегин, обладающий инсулиноподобным действием и получающийся из козлятника лекарственного, растущего на юго-западе Европейской части СССР, на Кавказе и в Средней Азии, или добываемый из листьев черники миртиллин, понижающий у страдающих сахарным диабетом содержание сахара в крови и в моче.

Водоросли наших океанов и морей могут служить богатым источником получения йода и агар-агара: морская капуста, содержащая до 1,36% йода; филофора, превосходящая по содержанию йода (до 2%) все другие водоросли СССР, громадные залежи которой находятся в Черном море; беломорская водоросль Анфельтия плаката,

зола которой содержит до 0,73% йода; ламинария сахаристая, содержащая до 0,08% йода, по питательности приближающаяся к картофелю и луку, — вот некоторые из тех ценных водорослей, которыми так богаты океаны и моря СССР.

На Черноморском побережье Кавказа растут камфарные деревья, могущие дать прекрасные сорта камфары; в Джамбульской области имеются огромные заросли многолетней камфарной полыни, с высоким содержанием камфары; в северных и средних районах СССР произрастает торфяной мох — сфагнум, являющийся полноценным заменителем ваты в качестве перевязочного материала.

Много ценных лекарственных средств можно также получить из культивируемых в нашей стране зарубежных лекарственных растений. В СССР с успехом произрастают такие тропические и субтропические лекарственные культуры, как хинное дерево, эвкалипт, камфарный лавр, кокаиновый куст и многие другие виды лекарственных растений.

Только в течение последних лет наши отечественные лекарственные растения дали медицине ряд таких ценных лечебных средств, как, например, сальсолид, получаемый из солянки и понижающий кровяное давление; алкалоид платифилин, получаемый из крестовика широколистного, вызывающий сильное расширение зрачка и могущий быть использованным в глазной практике; кровоостанавливающие препараты из водяного перца и пастушьей сумки, ранее считавшейся сорняком, и ряд других ценных лекарственных средств.

Экспериментально-клинические исследования ряда народных лекарственных растений, проведенные за последние месяцы под наблюдением Комиссии по изысканию и использованию отечественных лекарственных веществ при Ученом медицинском совете Наркомздрава РСФСР и Секции лекарственных растений Комитета растительных ресурсов, дали указания на ценные лечебные свойства таких народных лекарственных средств, как препараты из ольхи при колитах и дизентерии, тыквы — в качестве мочегонного средства при заболеваниях почек, первоцвета как средства при авитаминозах и т. д.

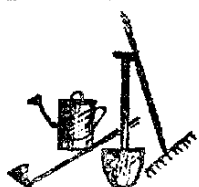
Совершенно не известные в научной медицине, но популярные в народе отхаркивающие, сердечные, слабительные, кровоостанавливающие и другие лекарственные растения показали при фармакологическом и клиническом изучении их ясно выраженный фармакотерапевтический эффект.

Необходимо, чтобы научно-исследовательские институты и клиники медицинских институтов нашей страны стали широко изучать терапевтические свойства новых видов лекарственных растений, применяемых в народной медицине, чтобы медицинские общества включили в план своей работы вопросы широкого использования лекарственных растений в медицинской практике, а медицинские институты при составлении учебных планов клинических кафедр предусмотрели ознакомление студентов с терапевтическими свойствами и практикой применения лекарственных растений в медицине.

Отечественная наука при помощи общественности должна дать нашей стране ряд новых ценных лекарственных средств, полученных из растительного лекарственного сырья, которым так богата наша необъятная родина.

# В ПОМОЩЬ ОГОРОДНИКУ И САДОВОДУ

## ВЕСЕННИЕ РАБОТЫ НА ОГОРОДЕ



С. Т. ЧИЖОВ

Среди пищевых продуктов, необходимых для нормального питания человека, овощи занимают одно из первых мест. Пищевое значение овощей весьма многообразно.

1. Овощи служат для нейтрализации кислот, образующихся при употреблении в пищу хлеба, мяса, сыра и других продуктов.

2. Овощи доставляют организму необходимые соли, в первую очередь соли кальция и железа.

3. Овощи, как объемистая пища, до известных пределов необходимы для правильной работы органов пищеварения.

4. Овощи являются носителями крайне важных для организма витаминов.

5. Овощи снабжают организм углеводами и белками.

По минеральному составу все пищевые вещества можно разделить на две группы. В группе, куда относятся мясо, рыба, яйца, жиры, орехи, хлеб, сыр и др., преобладают соединения кислотного характера; в другой группе, куда относятся молоко, плоды и овощи, содержится больше соединений основного (щелочного) характера. Человеческая пища должна включать такое количество оснований (щелочей), чтобы их вполне хватало для нейтрализации вводимых с пищей неорганических кислых соединений.

При некотором избытке оснований белок пищи лучше усваивается, вследствие чего потребность в белковой пище уменьшается. Основные минеральные соединения необходимы для поддержания щелочной реакции крови. Если кровь теряет щелочной характер, то она не в состоянии нейтрализовать углекислоту, образующуюся непрерывно во всех частях тела. Из диаграммы на рис. 1 видно, что наибольшим содержанием веществ щелочного характера отличаются овощи и картофель.

Из овощей мы получаем соли железа, кальция и магния, входящих в состав крови. Подбором солей в пище можно определить развитие ряда заболеваний. Соли кальция, фосфора и же-

леза необходимы для нормального обмена веществ и построения костной и нервной тканей.

Существующие приемы приготовления овощей в ряде случаев обесценивают их диетические и питательные свойства. Работами Московского научно-исследовательского тимирязевского института установлено, например, что варка овощей при высокой температуре приводит некоторые соли в трудно усваиваемое состояние. Надо варить овощи на слабом огне, но более длительное время. Нельзя вымачивать овощи перед варкой, не следует сливать воду, в которой проводилась варка, так как в эту воду переходят ценные соли. Наилучшим способом приготовления овощей врачи признают варку их на пару. Хорошо сохраняются ценные качества овощей

Мясо	71	29
Белый хлеб	72	28
Черный "	54	46
Молоко	47	53
Картофель	37	63
Морковь	29	71
Свекла	45	55
Шпинат	40	60
Лук	35	65
Огурцы	25	75
Томаты	38	62
Бобы зелен.	42	58
" стручки	62	38
Земляника	37	63
Яблоки	27	73
Сливы	24	76
Лимоны	20	80

Рис. 1



Томат Эриана Пьеретра

при их «тушении», т. е. приготовлении с небольшим количеством воды.

Особенную ценность представляют те овощи, которые идут в пищу в сыром виде. Эта группа овощей служит основным источником витаминов, отсутствие которых в пище сильно снижает сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям и затягивает выздоровление. Больше всего витаминов содержат томаты, морковь, лук зеленый, листовой салат, огурцы, шпинат, незрелые стручки гороха.

Среди овощных культур есть целый ряд пряных ароматических растений (укроп, лук, чеснок, сельдерей, петрушка и др.). Ароматические и вкусовые вещества, действуя возбуждающе на железы желудка и кишечника, вызывают усиленное выделение желудочного сока и способствуют лучшему усвоению пищи.

Из 40 наиболее распространенных видов овощей около половины употребляется в вареном, жареном, квашеном и соленом виде, примерно четверть и в свежем, и в переработанном, а оставшаяся четверть употребляется в сыром виде.

Квашеная капуста, соленые овощи (огурцы, помидоры) не теряют своих питательных качеств, сохраняя почти полностью витамины и соли.

Надо признать полезным употребление в пищу овощных соков. Овощные соки — «жидкие овощи» — представляют собой самое ценное, что есть в овощах: они содержат все питательные вещества, витамины и соли и в то же время ли-

шены подчас ненужного и даже вредного балласта — клетчатки.

Нельзя забывать также дезинфицирующие свойства овощей: лука, чеснока и редьки. Трех-пятиминутное воздействие паровых веществ, выделяемых натертым на терке луком, чесноком, редькой, достаточно для гибели даже стойких бактерий полости рта, носа и горла. Прекрасно дезинфицирующее действие этих овощей на кишечник.

Начатое за последнее время освоение способов приготовления овощных порошков, замораживания и холодного хранения овощей открывает большие возможности расширения потребления овощей в виде этих новых форм пищевых продуктов.

## РАЗМЕР ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОГОРОДОВ

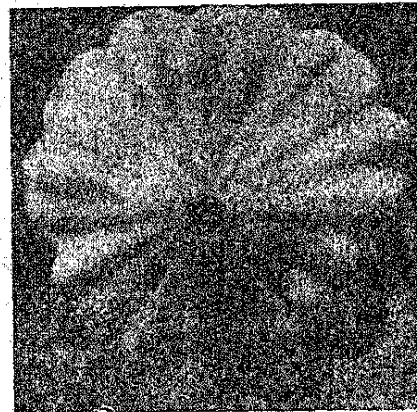
Чтобы обеспечить семью овощами на весь год, надо совсем немного места. Одного гектара огородной земли хватит на 40 человек. Приводим расчет на одного человека:

Необходимая площадь земли	м²	Урожай, кг
Под картофель . . . . .	160	320
» капусту . . . . .	32	100
» огурцы . . . . .	8	16
» корнеплоды . . . . .	32	64
» зеленные (шпинат, редис, салат, укроп) . . . . .	1,0	30
» лук-репка . . . . .	8	8
Итого . . . . .	250	538

Затрата труда на обработку 250 м², земли очень невелика. Весной потребуется 50 рабочих часов на копанье гряд, рыхление, посев и пр. Летом уйдет 40 часов на полку, окучивание и поливку; осенью — не более 60 часов на уборку урожая, а всего 150 часов.

## УДОБРЕНИЕ ПОЧВЫ

Для жизни растений необходимо, чтобы в почве были все вещества, нужные для питания и роста, особенно азотистые, фосфорнокислые и калийные. Овощные культуры требовательны к



Тыква Яатиссон

Особенно хорошо действует одновременное применение органических и минеральных удобрений.

## ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

Цель обработки — получить мягкую почву без крупных комков, мелкозернистую, но в то же время не превратить ее в пыль. В такой земле хорошо сохраняется влага, в нее свободно проникает воздух. Удобрением и обработкой важно улучшить природные свойства почвы. Все камни, щепки, корневища сорняков при перекопке тщательно удаляют. Глубокую обработку земли (20–25 см) проводят еще с осени. Весной, как только земля подсохнет и не будет прилипать к лопате, огород нужно перекопать, глубоко переворачивая землю, или вспахать на  $\frac{2}{3}$  глубины зяблевой вспашки, т. е. на 15–18 см. Непосредственно за перекопкой следует обработка земли вилами, граблями и поделка гряд.

Устраивая гряды, мы искусственно увеличиваем толщину пахотного слоя: гряды лучше прогреваются и проветриваются, что особенно важно на сырых участках, где необходимо удаление избытка воды. На высоких местах и на легких супесчаных почвах лучше обойтись без гряд, так как на таких участках при устройстве гряд почва сильнее иссушается. Гряды надо делать шириной в 90–100 см, длиной 10–20 м. Между двумя смежными грядами дают дорожку в 35–40 см.

Гряды устраивают перед посевом и посадкой (рис. 2) на расстоянии 10–20 м проводят две параллельные линии; на них делают разметку колышками: гряд — шириной в 100 см и борозд — в 40 см. От колышка к колышку натягивают бечевку и прокапывают борозду-дорожку. Концы дорожки, край лопаты ставят ребром к шнуру. Высота гряд 15 см. Только на очень сырых участках высоту доводят до 30–40 см.

Кроме гряд под картофель, капусту, огурцы, надо делать гребни (они нужны на тяжелых глинистых почвах или сырых участках с высоким уровнем грунтовых вод). Гребни — это узкие гряды с шириной основания 60–70 см. Вершина одного гребня отстоит от вершины другого так же на 65–70 см. Для устройства гребней надо натянуть бечевки или шнуры на расстоянии 65–70 см, а борозду прокапывать лопатой посередине, бросая землю направо и налево (рис. 3).

При обработке и выравнивании поверхности гряд и гребней не надо размельчать землю до состояния пыли. Лучшее качество обработки характеризуется мелкокомковатой структурой с комочками величиной с горох и не крупнее лесного ореха. Такая обработка нужна для посева мелких семян корнеплодов, лука, салата и др. Под овощи, высаживаемые рассадой, обработка может быть грубей.

## ПОСЕВ И ПОСАДКА

Семена овощей высевают рядовым способом. Рядовой посев в бороздки наиболее полно отвечает агротехническим требованиям: семена заделываются на одинаковую глубину и дают дружные, ровные всходы. Кроме того, этот способ посева позволяет широко применять рыхление междурядной цапкой и одновременно уничтожать сорняки.

Расстояние между строчками и количество строк на гряде для посева овощей следующее:

1) морковь, петрушка, репа, лук — посев пятистрочный с расстоянием между строчками 20 см (рис. 4);

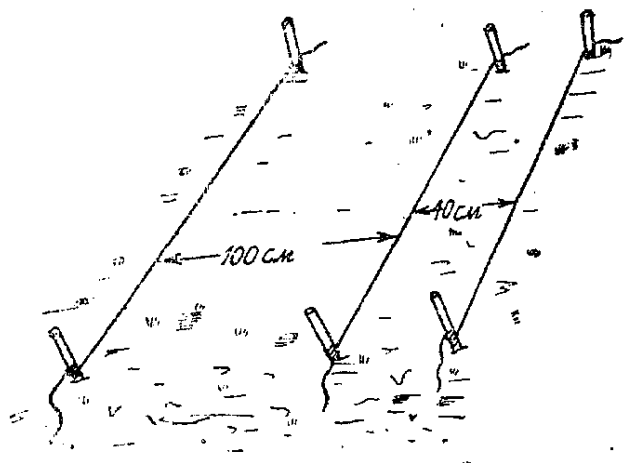


Рис. 2

качеству почвы и выносят из почвы с урожаем много питательных солей. Землю под овощи надо удобрять навозом, печной золой, торфофекалиями и минеральными удобрениями, давать подкормки разбавленной навозной жижей, фекалиями, мочой, птичьим пометом, перегноем и минеральными удобрениями.

Весной, перед вспашкой или перекопкой, следует равномерно разбрасывать навоз, а при перекопке заделывать его в почву. На 1 м<sup>2</sup> нужно давать 4–6 кг навоза или 2–3 кг перегноя. На участок, отведенный под капусту, огурцы, лучше вносить по 8–10 кг навоза на 1 м<sup>2</sup>. При удобрении почвы городским мусором, помойкой надо вносить под капусту 8–10 кг, под свеклу — 4–6 кг, под огурцы — 10 кг. Птичьего помета в измельченном сухом виде вносить 100–150 г на 1 м<sup>2</sup>. Печную золу — древесную — необходимо вносить в количестве 200 г на 1 м<sup>2</sup>. Если зола имеется в достаточном количестве, то лучше давать до 1 кг на 1 м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения в виде готовой огородной смеси вносят в количестве 150 г на 1 м<sup>2</sup>, 100 г (что равно примерно четырем столовым ложкам) разбрасывают перед перекопкой, а 50 г заделывают граблями при обработке гряд. Отдельные минеральные удобрения применяют в следующих дозах на 1 м<sup>2</sup>.

Сульфат аммония 20% (азотистое удобрение) . . . . .	30	60 г
Суперфосфат 18% (фосфорное) . . . . .	30	70 »
Калийная соль 40% (калийное) . . . . .	15	30 »

Торфофекалий заготавливают в течение круглого года. Для получения хорошей торфофекальной смеси надо брать на 1 часть торфа 5 частей фекалий. Если торф имеется в виде торфяной мелкой крошки, то берут 1 часть торфяной крошки на 2 части фекалий.

Торфофекалии вносят в почву весной или осенью. Доза внесения под капусту 4 кг, под огурцы — 3, под корнеплоды — 2, под томаты — 1–1,5 кг на 1 м<sup>2</sup>. По эффективности 2 кг торфофекалий равны 4 кг навоза.

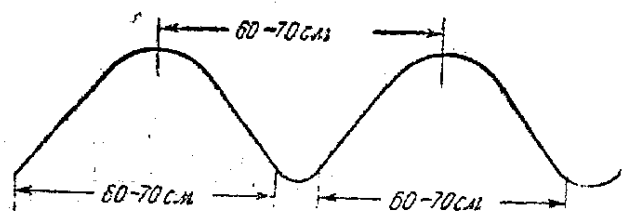


Рис. 3



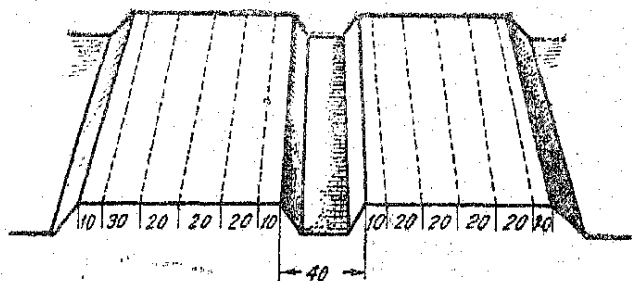


Рис. 4

2) свекла столовая, пастернак, сельдерей — четырехстрочный с расстоянием между строчками 25 см. (рис. 5);

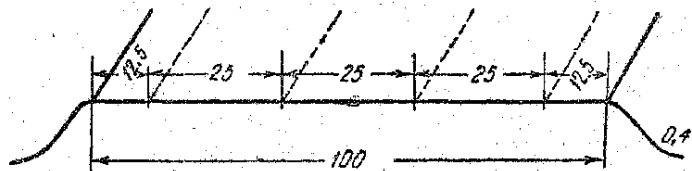


Рис. 5

3) горох овощной — четырехстрочный с расстоянием между строчками 20 см, а в середине гряды 40 см (рис. 6);

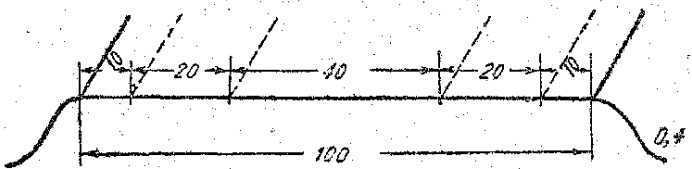


Рис. 6

4) брюква, редька, турнепс, свекла кормовая — трехстрочный с расстоянием в 30 см между строчками (рис. 7);

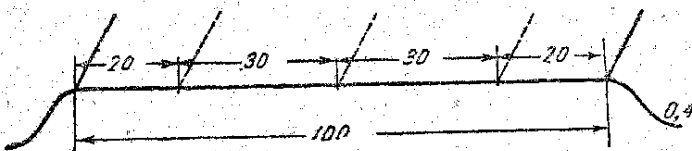


Рис. 7

5) огурцы, капуста, томаты — двухстрочный с расстоянием между строчками в 60 см (рис. 8);

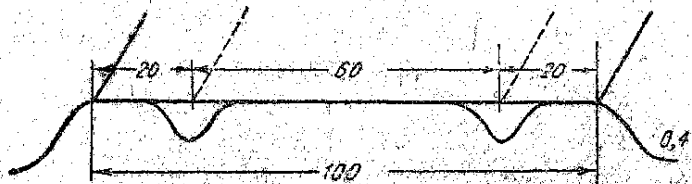


Рис. 8

6) редис, салат, шпинат, укроп, лук на севок — посев девятистрочный с расстоянием между строчками 10 см (рис. 9);

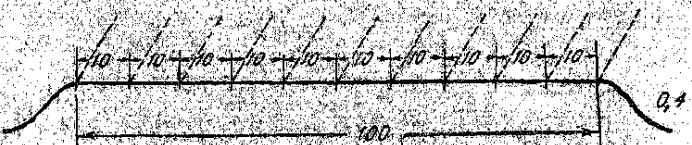


Рис. 9

Бороздки удобно делать бороздником, а для того чтобы рядки были прямые, применять наметку рядов при помощи веревки. Два человека делают эту работу так: становятся у противоположных концов гряды и натягивают веревку, а затем движением веревки каждый к себе, по поверхности гряды, получают ясный след. Наметка рядков напоминает работу пилой и называется распиловкой гряд. Распиловка гряд помогает проводить по намеченному следу строго прямые бороздки.

Потребность в семенах можно рассчитать по следующей таблице.

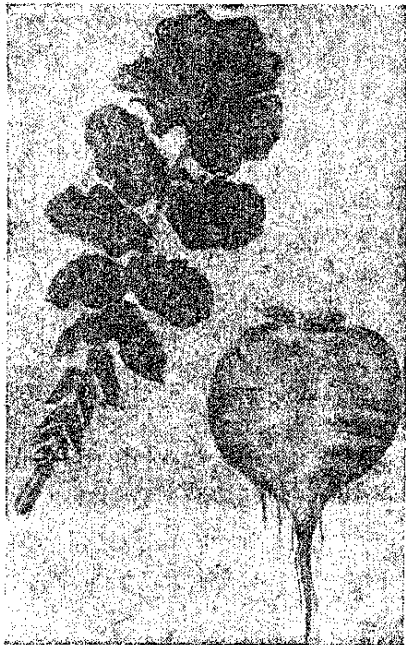
Название культуры	Кол-во требующихся семян		
	на 1 га	на 100 м <sup>2</sup>	на 10 м <sup>2</sup>
Капуста . . . . .	350 г	3,5 г	0,35 г
Томаты . . . . .	300 »	3 »	0,3 г
Картофель (клубнями) . . . . .	1 500 кг	15 »	1,5 кг
Картофель (верхушками) . . . . .	300—900 кг	3—9 кг	0,3—0,9
Огурцы . . . . .	8 кг	80 г	8 г
Свекла . . . . .	16 »	160 »	16 »
Морковь . . . . .	5 »	50 »	5 »
Лук на репку из семян . . . . .	12 »	120 »	12 »
Горох . . . . .	150 »	1 500 »	150 »
Редис (круглый) . . . . .	20 »	200 »	20 »
Салат . . . . .	33 »	30 »	3 »
Шпинат . . . . .	40 »	400 »	40 »
Укроп (на зелень) . . . . .	25 »	250 »	25 »
Капуста средне-поздних сортов (рассадой) . . . . .	26 000 шт.	260 шт.	26 шт.
Томаты (рассадой) . . . . .	от 28 000 до 50 000 шт.	280—500 шт.	28—50 шт.



Редис — Московский паровой дуганский

Сроки посева определяются отношением различных овощных растений к теплу и влаге. Чтобы лучше обеспечить семена влагой, посев холодостойких растений нужно производить возможно раньше. Особенно необходим ранний посев моркови, петрушки, лука и укропа, семена которых медленно прорастают.

Репу и редис первый раз высевают ранней весной, до появления их опасного вредителя — земляной блохи. Второй посев репы производится в первой половине июля, а редиса — до 10 августа. Для всех холодостойких культур срок посева



*Редька зимняя круглая белая*

на определяется готовностью почвы к обработке. Для некоторых холодостойких культур (укроп, морковь, петрушка, пастернак, салат) применяется посев под зиму. Лук-батун, щавель, шпинат высевают в конце июля — начале августа (озимый посев).

Посев теплотребовательных овощей делают с расчетом, чтобы их всходы не попали под весенние морозы (утренники). Нормальный срок посева требовательных к теплу растений (огурцы, тыквы, фасоль) — конец мая.

Общим правилом посева является выполнение его в короткий срок. Затягивание посева ухудшает условия прорастания семян и роста молодых растений. Сеять нужно вслед за обработкой почвы, не допуская разрыва между этими работами.

Глубина заделки. Чем мельче семена и чем короче период их прорастания, тем меньше должна быть глубина заделки. Заделка мелких семян (морковь, репа) производится на 1–2 см, средних (свекла, огурцы) — на 2–3 см, крупных (горох, бобы) — на 4–5 см.

## УХОД

Практика стахановцев показывает, что рекордные урожаи можно получать только при своевременном и хорошо проведенном уходе за культурами, причем мастерство ухода должно быть доведено до каждого отдельного растения.

Сорняки должны быть уничтожены вскоре после их появления. Запоздание с очисткой поля от сорняков снижает урожай, ибо сорняки вредят росту и развитию овощных культур. Сорняки начисто могут быть уничтожены, только когда они выбраны с корнем. Основные агротехнические требования сводятся к своевременному рыхлению, окучиванию, прореживанию растений, борьбе с вредителями и подкормке растений.

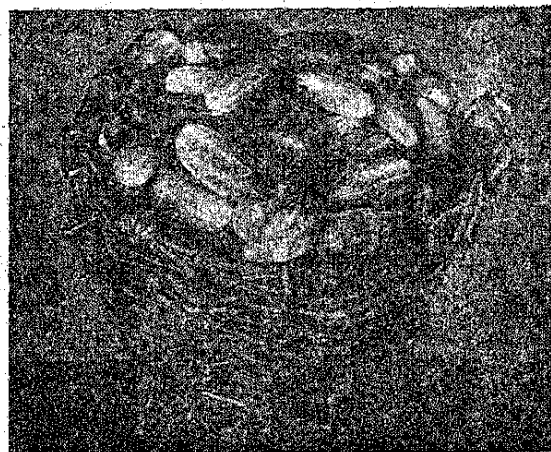
Прореживание посевов. Первоначальное густое стояние растений (2–3 штуки на 1 см) благоприятно отражается на росте, но вскоре молодые растения начинают теснить друг друга, вступая в борьбу за свет, влагу, пищу. Очень

важно провести эту работу вовремя; промедление с прорывкой резко снижает урожай. Прореживание проводят с одновременной полкой в рядах, после проявления первого — третьего листа (кроме семядолей). При указанных выше расстояниях между рядами расстояния при прорывке дают следующие: для огурцов 8–12 см, для моркови «нантской» — 2,5, для моркови крупных сортов — 3,5, для петрушки на зелень — 2, для свеклы, пастернака — 6, для репы — 5, для редьки — 8, для лука семенами на репку — 2,5, для редиса — 2,5, для шпината — 2, для салата кочанного — 8–10, для гороха — 5, для укропа на зелень — 1, для лука на севок — 0,5–1 см.

Подкормка. Этот прием (поливка навозной жижей и посыпка селитры) и раньше практиковался в овощеводстве, но только стахановцы-овощеводы по-настоящему оценили и широко использовали его для поднятия урожайности овощей. Звено тов. Лебедевой в колхозе имени Шестой годовщины памяти Ленина, Ленинского района, Московской области, имело на стахановском участке урожай капусты в 874 ц с 1 га. Применяя подкормку аммиачной селитрой (335 кг на 1 га) при той же агротехнике, звено получило 1015 ц с 1 га.

Для подкормки надо широко использовать местные удобрения: навозную жижу, мочу животных и человека, птичий помет, фекалии. При удобрительных поливках нельзя смачивать растения раствором; раствор надо вносить в бороздки. После того как подкормка впитается, ее заравнивают. Поливку рассадных культур (томатов, капусты) можно делать также под кол, которым сборку делают отверстие для вливания удобрений; после поливки оно заравнивается.

Подкормки готовят так: в кадку кладут птичий помет или коровяк на 1/5 часть объема; наливают до краев воду и дают удобрению набухнуть, после чего тщательно размешивают. Перед употреблением разбавляют водой: птичий помет — в 6–10 раз, кал — в 6–8 раз, мочу — в 4–6 раз, навозную жижу — в 3–4 раза. К навозной жиже прибавляют на ведро раствора 40–50 г суперфосфата. К калу и фекалиям добавляют на ведро раствора 1 стакан золы. Растворы органических удобрений вносятся из расчета 10 л на 10 пог. м ряда или на 20 растений, посаженных рассадой. Взрослое растение капусты, томатов поливают из расчета 1 л на растение. Минеральные подкормки в тех же дозах вносят в 1/2%–2% растворах, т. е. от 50 до 200 г удобрительной смеси на 10 л воды. Двухпроцентный раствор применяют только к взрослым растениям.



*Огурцы неросимые*

# КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ



**Академик С. И. БАВИЛОВ**  
«Исаак Ньютон» Издательство Академии Наук СССР,  
1948 г., стр. 216. Цена 10 р.

**И. М. РАДОВСКИЙ**



билей Ньютона — 300-летие со дня его рождения — был широко и достойно отмечен советской научной общественностью. Задолго до 4 января 1943 г. — годовщины рождения великого английского ученого — органы Наркомпроса, Всесоюзного комитета по делам высшей школы и Академия Наук СССР начали готовиться к знаменательной дате. Особенно широкие мероприятия провела Академия Наук СССР, создавшая специальную Комиссию по ознаменованию этого юбилея. По предложению этой Комиссии академик С. И. Вавилов и написал рецензируемую книгу — популярную биографию Ньютона.

В нашей небогатой историко-научной литературе напечатание новой книги о жизни и деятельности Ньютона есть несомненно важное событие, особенно если вспомнить, что на русском языке серьезных биографических работ о нем по существу еще нет. Тем более отраден тот факт, что, несмотря на трудные условия военного времени, Академия Наук СССР сумела выпустить в свет — точно в срок, к дню юбилея — полиграфически прекрасно оформленную книгу, написанную таким крупным знатоком Ньютона, как С. И. Вавилов.

Необходимо отметить, что мировая литература о Ньютоне, особенно английская, не так уж бедна. Далеко не полный перечень ее, приведенный автором в кратком библиографическом указателе, занимает несколько страниц текста. Но С. И. Вавилов опирался не только на работы, сделанные до него. Его книга построена на длительном изучении самих трудов Ньютона; использована также переписка Ньютона, которая под руководством С. И. Вавилова подготавливается к изданию на русском языке. Правдивое и художественное воссоздание облика самого Ньютона на фоне его окружения, глубокая оценка работ Ньютона в историческом развитии науки, их связи с предшествующими работами и влияния на последующие, умение довести до понимания даже мало подто-

вленных читателей сущность работ и мыслей Ньютона, тонкие характеристики методов и основных научно-философских воззрений его, наконец прекрасный, чистый и выразительный язык, которым написана книга, делают ее появление в нашей научно-исторической и популярной литературе событием исключительным.

Книга состоит из 16 глав и в легкой, доступной, но нигде не отступающей от научности, строго выдержанной форме повествует о Ньютоне-человеке и ученом, о его долгой жизни и изумительном творчестве. Перед читателем воссоздается полная и цельная картина жизненного пути того, кто «тением своим превзошел род человеческий», как гласит надпись на цоколе статуи Ньютона в Кембриджском университете.

Однако нарисовать такую картину было не легко. Биография Ньютона не богата обилием фактов, причем чисто биографических сведений дошло до нас очень мало. Долголетняя жизнь Ньютона — он прожил 85 лет — была однообразна: Ньютон, как известно, вел весьма уединенный образ жизни, хотя во второй половине своей деятельности он был руководителем государственных учреждений (Монетного двора) и научных корпораций (Королевского общества). Несмотря на это, С. И. Вавилов умело собрал все известные факты, сообщенные в мемуарах современников и позднейших биографиях Ньютона, использовав также полностью все, что дают последние, преимущественно английские и американские, исследования.

О Ньютоне, как о многих великих людях, создано не мало легенд и ходячих анекдотов. С. И. Вавилов отмечает из них все то, что не имеет под собою реального исторического основания и не согласуется с точно установленными фактами. Поставив перед собой целью создать не историческую повесть, а популярную научную биографию ученого, автор отбросил все, что является выдумкой позднейших лет и может исказить подлинный облик гениального человека. Несмотря на скудость данных, биографическая часть темы мастерски освещена и объединена в последова-

тельное повествование, в котором ярко выступают характерные черты Ньютона: страстная преданность науке, сосредоточенность мысли, целеустремленность всей его научной деятельности и непреклонность, требовательность к себе в лабораторной, экспериментальной работе.

Ничто в детстве Ньютона не сулило, что из него выйдет выдающийся человек. Он был хилым ребенком, росшим без отца, который умер за несколько месяцев до его рождения. Подобно отцу, казалось, его ждал удел небогатого фермера, хотя и фермерская работа была не по его силам. Однако прилежание и упорство, проявившиеся в раннем детстве, резко выделяли Ньютона среди его сверстников еще в начальной школе. Интерес к образованию и к самостоятельным экспериментам он обнаружил очень рано. Окончив городскую школу, он в 1661 г. — 18 лет — поступает в Кембриджский университет, по разряду немущих студентов. Материальные затруднения и лишения не мешают ему успешно закончить курс и получить затем все существовавшие тогда ученые степени. В возрасте 27 лет Ньютон уже профессор знаменитой Лукасовской кафедры своего университета. К этому времени, как выяснилось впоследствии, он уже пришел к своим великим открытиям — к закону всемирного тяготения и анализу бесконечно малых.

При всей самобытности и своеобразии гения Ньютона, он жил в определенной обстановке, которая сыграла важную роль в его формировании как ученого. В частности, большое влияние на Ньютона имел его ближайший учитель, видный тогда английский ученый Исаак Барроу. Внимание, которым окружил Барроу своего ученика, в высокой мере стимулировало научный рост начинающего ученого. С. И. Вавилов, путем внимательного изучения трудов Барроу, убедительно показал, в чем именно идеи Ньютона связаны с идеями его учителя. В книге С. И. Вавилова подробно — насколько позволяет скудное количество известного материала — показан этот важный начальный этап жизни Ньютона, когда расцвело его научное творчество.

Это творчество было обширно и разносторонне. Труды Ньютона почти на 250 лет вперед предопределили развитие оптики, механики, астрономии и математики. Но круг собственных научных интересов Ньютона был гораздо шире: в него входили и химия, и даже история. С. И. Вавилов дал цельную и убедительную картину всей деятельности Ньютона. Наиболее обстоятельно изложены разделы, близкие автору по специальности, и прежде всего — работы Ньютона, касающиеся оптики.

В 1927 г., в связи с 200-летием со дня смерти великого английского ученого, в переводе С. И. Вавилова, впервые на русском языке, была издана «Оптика» Ньютона. Кроме того, С. И. Вавиловым переведены и другие сочинения Ньютона по оптике. Свои переводы С. И. Вавилов снабдил большим количеством ценных комментариев. Таким образом, оптическая часть трудов Ньютона — это наиболее разработанная С. И. Вавиловым об-

ласть его научного наследия. Эта часть книги выделяется глубиной анализа подлинной сути работ Ньютона и его метода. Насколько позволяли ограниченные рамки биографического очерка, показано место, занимаемое этими работами в общем историческом развитии наших знаний о свете. На основе большого количества исторических фактов вскрыты гениальные предвидения и некоторые отклонения от истины, от которых не был свободен даже такой гигант научной мысли, как Ньютон.

Точно так же охарактеризованы и другие научные достижения Ньютона. Особенно выделяется глава, в которой излагаются работы Ньютона по химии, наименее хорошо известные даже широким слоям ученых. Неоспоримой заслугой С. И. Вавилова является первый в мировой литературе опыт освещения забытой части работ Ньютона.

Рассчитывая на читателя, не имеющего специальной математической подготовки, автор избегает математических выкладок и формул. Тем не менее он умело и убедительно раскрывает значение Ньютона в истории математики и ту важнейшую эпоху в этой науке, которая связана с его именем.

Не только широкие круги читателей не-специалистов, но и физики, химики, астрономы, математики найдут не мало ценного и полезного в книге С. И. Вавилова. Изложение содержания основного произведения Ньютона — «Математические начала натуральной философии» — является прекрасной интерпретацией этого бессмертного труда. Можно сказать, что всякий, кто захочет серьезно заняться изучением творчества Ньютона, начнет с книги С. И. Вавилова.

Работа С. И. Вавилова поучительна во многих отношениях. Следуя замечательной традиции выдающихся русских ученых, С. И. Вавилов на протяжении многих лет не перестает заниматься научно-популяризаторской деятельностью и работами по истории науки. Его перу принадлежит ряд прекрасных работ — и научно-популярных, и научно-исторических, но рецензируемая работа особенно выделяется среди них широтой охвата большого фактического материала и глубоким и тонким его анализом. Нужно надеяться, что в этом отношении у С. И. Вавилова найдется не мало подражателей.

В заключение нельзя не указать на внешнее оформление рецензированной книги. Она превосходно оформлена и снабжена большим количеством отлично выполненных иллюстраций. В книге почти полностью отсутствуют опечатки. Все это свидетельствует о любовном отношении к делу и больших возможностях Издательства Академии Наук СССР, которые, к сожалению, не всегда используются.

Единственное, чем хотелось бы дополнить книгу, — это предметный и именной указатели, которые в значительной мере облегчили бы пользование ею во всех тех случаях, когда необходимы те или иные справки.

# В ПОМОЩЬ ОГОРОДНИКУ

## Вегетационные данные и урожай

Название растения	Время посева	Через сколько дней всходит	Число дней от посева до урожая	Урожай в ц с га или кг с 100 кв. м	
				Средний	Рекорд
Брюква . . . . .	1—10 IV	4—6	119—120	400	687
Горох . . . . .	20—30 IV	10—12	70—100	80	(зелен. стручки)
Кабачки . . . . .	10—25 V	6—8	140—150	150	
Картофель . . . . .	10—25 V	14—21	70—120	250	1453
Капуста ранняя . . . . .	15—30 III	4—6	90—110	200	631
» средняя . . . . .	5—15 IV	4—6	120—130	450	1079
» поздняя . . . . .	1—10 IV	4—6	150—160	500	1400
» цветная . . . . .	5—15 IV	4—6	90—120	150	
» брюссельская . . . . .	15—30 III	4—6	140—150	150	
Кольраби . . . . .	1—10 IV	4—6	80—90	250	
Лук на севок . . . . .	20—30 IV	10—14	100—180	100	350
» » репку . . . . .	20—30 IV		80—90	150	463
» порей . . . . .	1—15 III	10—14	170—200	120	
Морковь . . . . .	20—30 IV	14—24	70—130	250	1100
Огурцы . . . . .	20 V—10 VI	5—8	90—100	300	645
Пастернак . . . . .	20—30 IV	21	130	250	
Петрушка . . . . .	20—30 IV	21—28	100—120	200	
Редис . . . . .	20 IV—10 V	5—6	30—45	80	
Редька . . . . .	20—30 IV	5—6	60—120	200	
Репя . . . . .	20—30 IV	3—4	80—120	120	
Салат . . . . .	20 IV—10 V	3—4	45—60	80	
Свекла . . . . .	1—10 V	9—14	130—140	400	680
Сельдерей . . . . .	1—15 III	16—25	190—210	120	
Томаты . . . . .	1—15 IV	8—8	100—140	200	1120
Укроп . . . . .	20—30 IV	14—21	40—100	100	
Фасоль . . . . .	1—10 IV	10—14	85—100	80	(зелен. стручки)
Чеснок . . . . .	20—30 IV		100—120	100	

## Пищевое достоинство в калориях и содержание ВИТАМИНОВ В ОВОЩАХ

	100 г дают калорий	В 1 г биологических единиц витамина		В 100 г свежего продукта содержится миллиграммов С
		А	В	
Сок лимонный . . . . .	—	0,1	0,15	55
Шпинат свежий . . . . .	—	25—60	0,30	16—40
Салат кочанный . . . . .	27,2	50	0,45	10
Петрушка листья . . . . .	21,1	40	нет	100
Щавель . . . . .	—	20	»	12—14
Укроп . . . . .	—	25	»	—
Морковь . . . . .	—	25	0,25	5
Лук-перо, зеленый . . . . .	32,4	15	0,20	16,5—33
Зеленый горох, лопатки . . . . .	25,0	3,5—8,0	0,15	20
Горошек зеленый . . . . .	63,6	5,5—7,5	0,30	33
Капуста кочанная . . . . .	24,9	следы	0,25	25—66
» цветная . . . . .	24,6	0,6	0,55	66
» брюссельская . . . . .	39,2	5,0	нет	100
Перец зеленый сладкий . . . . .	—	6,2	»	100—400
Томаты красные . . . . .	18,0	5,3—5,8	0,20	20—40
Свекла (корень) . . . . .	27,2	следы	0,35	8
Картофель . . . . .	89,0	»	0,10	11—17
Огурцы . . . . .	36,0	0,35	0,15	8
Редис . . . . .	—	следы	0,30	15
Ревень, черешни . . . . .	16,0	0,5	нет	11

Биологическая единица — условные обозначения количества витаминов. Ежедневная потребность человека по витамину А — 100 биол. ед., по витамину С — 20 миллиграммов (аскорбиновой кислоты).