

*ccf*

*Processing copy*

**INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT**

**CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY**

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C O N F I D E N T I A L

COUNTRY	USSR	REPORT	
SUBJECT	Soviet Publications on Contamination from the Air, the Atom, Rocket, and Bacteriological Weapons	DATE DISTR.	23 May 1958
		NO. PAGES	2
		REFERENCES	RD
DATE OF INFO.			25X1
PLACE & DATE ACQ.		<i>Ref # 443</i>	

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.



1. Russian-language publications 25X1

- a. Bakteriologicheskoye Oruzhiye Inostrannykh Armiy i Zashchita ot Nego (Bacteriological Weapons of Foreign Armies and Methods for Protection Against Them), written by Yu. Lebedeva and V. Serebryakov and published by the DOSAAF Publishing House in Moscow in 1957. Various measures for protection and disinfection are noted in the latter part (from Chapter 3 on). This publication can be used as a training text for DOSAAF members.
- b. Chto Nuzhno Znat dlya Zashchity ot Porazheniya s Vozdukha (What You Need to Know for Effective Countermeasures Against Contamination from the Air), written by I.I. Savitskiy and published by the DOSAAF Publishing House, Moscow, in 1957. The publication discusses various means for contamination of an area from the air, utilizing bacterial, chemical, or nuclear devices, the role of the PVO, MPVO, and DOSAAF in protecting the population, and various instructions for locating, identifying, and countering "contamination" dropped from the air.
- c. Atom i Atomnaya Energiya (The Atom and Atomic Energy), written by V.A. Mezentsev and published by the Publishing House, Ministry of Defense, USSR, in 1957, in the "Scientific-Popular Library for Soldiers and Sailors" series. The publication describes in general terms the present and future achievements made possible through the control of atomic energy, as well as atomic and thermonuclear instrumentalalia in war and peace.
- d. Mir Atoma (The World of the Atom), written by G.A. Zisman and published by the Publishing House, Ministry of Defense, USSR, in 1956, in the "Scientific-Popular Library for Soldiers and Sailors" series. This is a rather general discussion of the atom and the molecule, and the results of controlling the power of the atom.
- e. Reaktivnoye Oruzhiye Kapitalisticheskikh Stran (Rocket Weapons of Capitalistic Countries), written by a group of authors and assembled by D.A. Uryupin, and published by the Military Publishing House, Ministry of Defense, USSR, Moscow, in 1957. This publication is basically a compilation of articles from

C O N F I D E N T I A L

*5*

25X1

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC				
-------	---	------	---	------	---	-----	---	-----	--	-----	--	--	--	--

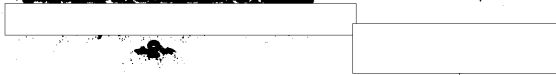
(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#")

RETURN TO ARCHIVES & RECORDS CENTER IMMEDIATELY AFTER USE JMB 807-844 BOX 387

**INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT**

25X1

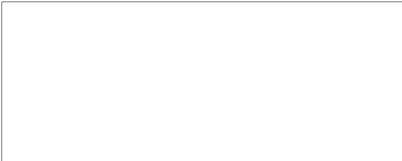
~~C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L~~



25X1

various foreign overt publications and is intended primarily for the indoctrination of Naval officers, staffs and students at various naval schools, but may be read to good effect by members of the other service arms of the Soviet Union.

2. The attachments may be treated as UNCLASSIFIED when detached from the covering report.

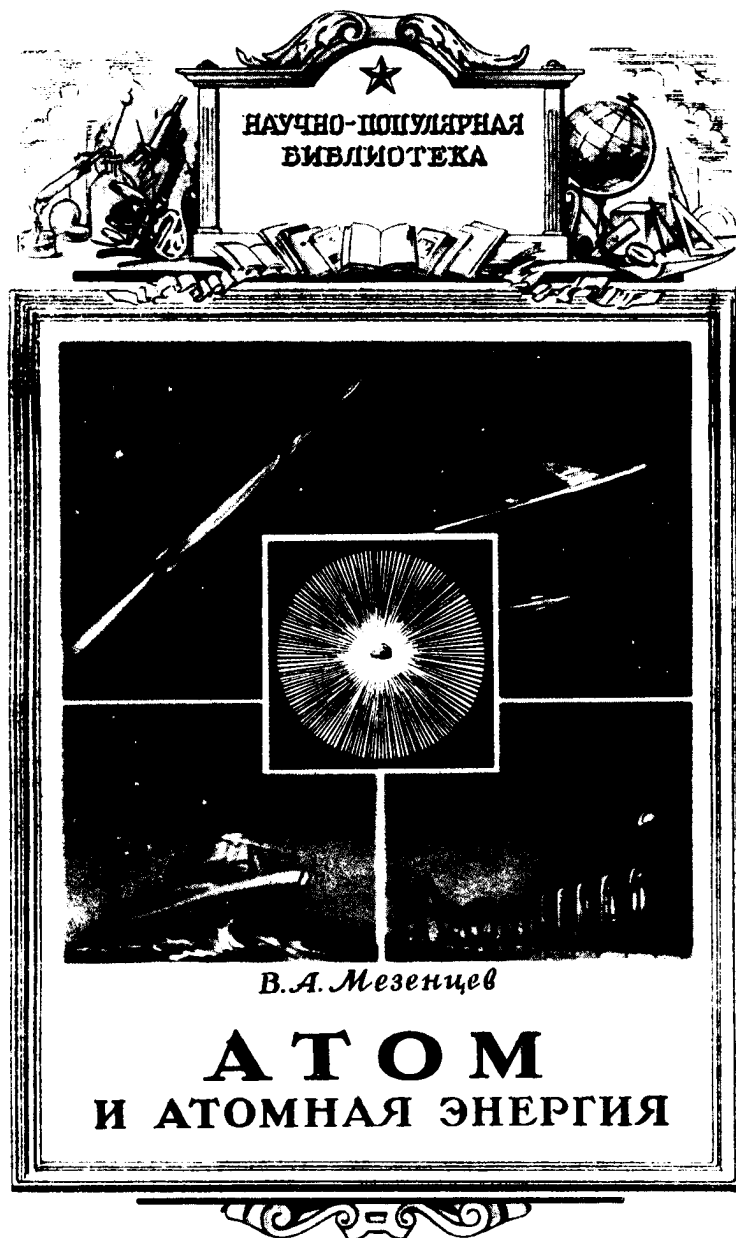


25X1

~~C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L~~



25X1



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

ИНЖЕНЕР

В. А. МЕЗЕНЦЕВ

А Т О М  
И  
АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

*Издание третье, переработанное*



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО.  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
*Москва — 1957*

**К ЧИТАТЕЛЯМ**

*Военное Издательство просит присылать свои отзывы и замечания на книги «Научно-популярной библиотеки солдата и матроса» по адресу: Москва, К—104, Тверской бульвар, 18, Управление Военного Издательства.*

**Владимир Андреевич Мезенцев — «Атом и атомная энергия».**

Редактор *Я. М. Кадер*

Консультанты: доцент кандидат физико-математических наук инженер-подполковник *В. А. Михайлов*

и кандидат технических наук инженер-подполковник *А. И. Седов*

Художественные редакторы *А. М. Голикова* и *В. Н. Клюева*

Обложка художника *С. А. Митрофанова*

Технический редактор *Т. Ф. Мясникова*

Корректор *Ф. М. Горелик*

Сдано в набор 24.8.56 г.

Подписано к печати 12.12.56 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> — 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub> печ. л. = 10,25 усл. печ. л. 10,276 уч.-изд. л.

Г-23948.

Военное Издательство Министерства Обороны Союза ССР  
Москва, Тверской бульвар, 18.

Изд. № 1/8900.

Зак. 1075.

1-я типография имени С. К. Тимошенко  
Управления Военного Издательства Министерства Обороны Союза ССР

Цена 3 р. 10 к.



## ВВЕДЕНИЕ

**В** этой книге рассказывается о величайшем достижении науки — открытии способов производства и использования атомной (ядерной) энергии. Эта энергия выделяется при самопроизвольных и искусственных превращениях атомных ядер. В книге рассказывается также об атомном и термоядерном (водородном) оружии, действие которого основано на использовании атомной энергии.

Открытие способов получения атомной энергии не является изобретением какого-либо одного ученого, одной страны. Успех был достигнут в результате длительного изучения атома и его ядра, изучения естественной и искусственной радиоактивности учеными многих стран. Большой вклад в это дело внесли наши отечественные ученые.

Как известно, впервые с выделением атомной энергии ученые встретились еще в конце XIX века, когда были открыты радиоактивные вещества. Ядра атомов этих веществ самопроизвольно, без какого-либо внешнего воздействия, распадаются и при этом выделяется энергия. Но распадаются они не все сразу, а в течение определенного периода времени, поэтому количество энергии, освобождающейся в единицу времени, сравнительно невелико, и ускорить этот процесс мы не можем.

Перед наукой встала заманчивая задача, имеющая исключительное значение для нашей жизни: найти способы освобождения заключенной в атомном ядре энергии каким-то искусственным путем, при котором в короткое время выделялась бы большая энергия. Эта задача и была решена учеными.

При определенных условиях, создаваемых искусственным путем, ядра атомов некоторых радиоактивных веществ (урана и плутония) распадаются практически одновременно. В этом случае за короткое время выделяется огромное количество энергии, которая может быть использована в мирных и военных целях.

Неисчерпаемые ресурсы энергии атомного ядра стали доступны человечеству совсем недавно. Мы лишь вступаем в атомную эпоху, сделаны только первые шаги. Но уже сегодня мы можем сказать, что овладение атомной энергией открывает огромные возможности для расширения власти человека над природой и для повышения производительности труда. Атомная энергия — это величайшая сила, широкое использование которой приведет к новому громадному продвижению вперед нашей Родины.

Запасы этого вида энергии в окружающей нас природе практически неограниченны. Один килограмм любого вещества содержит в себе запас атомной энергии, значительно превышающий количество энергии, которое будет давать в течение года Куйбышевская ГЭС.

Даже то сравнительно малое количество ядерной энергии, которое сейчас научились использовать, является колоссальным по сравнению с энергией, получающейся путем химических преобразований. Известно, что при одинаковых количествах вещества энергия, высвобождаемая при делении ядер, в миллионы раз больше, чем энергия, получающаяся в результате химических реакций.

Использование атомной энергии требует значительного количества ядерного «горючего». В качестве такого «горючего» в настоящее время могут служить так называемые делящиеся вещества: уран с атомным весом 233 и 235 и плутоний с атомным весом 239. Как известно, делящимися веществами могут быть снаряжены заряды атомных бомб. Эти вещества требуются также для работы электростанций на атомной энергии, атомных двигателей и других установок. Для производства необходимых количеств ядерного «горючего» теперь создана совершенно новая отрасль промышленности — атомная промышленность; она включает в себя ряд предприятий, имеющих конечной целью производства получение ядерного «горючего».

В настоящее время атомную энергию для промышленных целей получают в так называемых атомных котлах, или ядерных реакторах. В этих установках энергия выделяется главным образом в виде теплоты. Последнюю можно использовать для приведения в движение паровой или газовой турбины, вращающей электрический генератор. Таким путем атомная энергия может быть превращена в электрическую.

Ядерным «горючим» в атомных котлах служит теперь главным образом природный радиоактивный элемент уран. В земной коре его в тысячу раз больше, чем золота; он встречается так же часто, как, например, медь. Маленький кусок такого «горючего» величиной со спичечную коробку дает возможность получить столько же энергии, как и 3 миллиона кубических метров горючего газа или 1250 тонн нефти!

Освобожденная атомная энергия открывает перед человечеством исключительные возможности технического прогресса. Особенно грандиозны перспективы использования атомной энергии в мирных целях в нашем, социалистическом обществе. Мы стоим на пороге новой научно-технической и промышленной революции, далеко превосходящей по своему значению промышленные революции, связанные с появлением пара и электричества.

Важное применение атомной энергии — ее использование для получения электрической энергии. В Советском Союзе с 1954 года работает первая в мире промышленная электростанция на атомной энергии. Полезная мощность этой электростанции, дающей ток промышленности и сельскому хозяйству прилежащих районов, составляет 5000 киловатт.

Расход атомного «топлива» на электростанции составляет всего около 30 граммов урана 235 в день, т. е. кусочек вещества размером с лесной орех! Обычная теплоэлектростанция такой мощности сжигает каждые сутки около 120 тонн угля.

Большие возможности открываются перед транспортом. Атомный двигатель, установленный на океанском пароходе, позволит не только совершать далекие плаванья без тех огромных запасов топлива, которые расходуют в настоящее время морские суда, но и значительно ускорит их ход.

Применение атомной энергии на подводных лодках



позволит осуществлять очень далекие подводные плавания.

На железной дороге атомная энергия даст возможность строить тепловозы, способные пробегать без пополнения запаса топлива многие тысячи километров.

Как известно, современные авиационные двигатели требуют большого расхода горючего. Поэтому при дальних и скоростных полетах необходимы большие запасы горючего; они составляют значительную долю веса самолета. По сравнению с обычным горючим вес ядерного «горючего» ничтожен. На работу авиационного двигателя мощностью в 6000 лошадиных сил в течение часа потребуются израсходовать только около одного грамма атомного топлива! Применение атомной энергии позволит во много раз увеличить дальность полета и повысить его скорость.

Заманчивые перспективы открывает атомная энергия перед ракетоплаванием.

Другой путь мирного применения атомной энергии — это использование радиоактивных веществ. В настоящее время эти вещества получают на предприятиях атомной промышленности в атомных котлах как побочные продукты при производстве ядерного «горючего».

В нашей стране атомы радиоактивных веществ (так называемые меченые атомы) применяются теперь для исследования самых разнообразных процессов в промышленности, в сельском хозяйстве, в медицине. Радиоактивное излучение этих атомов успешно используется для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, для лечения многих болезней и т. д.

В Советском Союзе нет никаких препятствий к дальнейшему все более широкому развитию атомной промышленности, использованию атомной энергии на благо народа, для увеличения общественного богатства.

Располагая реальными возможностями широкого производства атомной энергии, Советское государство глубоко заинтересовано в том, чтобы этот новый вид энергии использовался лишь в мирных целях. Широкое использование атомной энергии в нашем народном хозяйстве открывает перспективы огромного роста производительных сил, технического и культурного прогресса, соответствует нашим величественным планам строительства коммунизма.

В шестой пятилетке применение атомной энергии в мирных целях значительно расширяется. В течение 1956—1960 годов в нашей стране будут построены новые атомные электростанции общей мощностью в 2—2,5 миллиона киловатт. Из них две намечено построить на Урале и одну около Москвы. В новой пятилетке намечено построить до 10 типов атомных реакторов мощностью от 50 до 200 тысяч киловатт каждый.

Кроме того, в Директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану предусмотрено: «Развернуть работы по созданию атомных силовых установок для транспортных целей. Построить ледокол с атомным двигателем. Всемерно развивать работы по дальнейшему использованию радиоактивных излучений в промышленности, сельском хозяйстве и медицине, в частности, для контроля за качеством материалов, для управления производственными процессами и автоматического регулирования этих процессов, а также для диагностики и лечения различных болезней. Шире использовать применение меченых атомов в научно-исследовательских работах. Значительно увеличить производство дозиметрической и радиометрической аппаратуры, приборов контроля и управления».

Атомное и термоядерное (водородное) оружие создано и имеется в нашей стране только для того, чтобы во всеоружии встретить агрессора и ответить сокрушительным ударом, если агрессор осмелится применить против нас это оружие.

Атомное и термоядерное оружие — более мощное по своему поражающему действию в сравнении с другими видами оружия. Но и от них имеются надежные способы защиты. Однако защита от атомного и термоядерного оружия более сложна, чем от обычных средств поражения; она требует принятия некоторых специальных мер. Войска, хорошо подготовленные к действиям в условиях применения атомного и термоядерного оружия, могут успешно выполнять свои боевые задачи.

Чтобы хорошо понять, как действует атомное и термоядерное оружие, что такое атомная энергия и как ее получают и используют в мирных целях, необходимо познакомиться со строением мельчайших материальных частиц вещества — атомов.

## I. АТОМ

### Невидимые частички

Все окружающие нас тела состоят из мельчайших, невидимых глазом частиц — атомов. Одним из первых ученых, высказавших эту мысль, был знаменитый философ-материалист древней Греции — Демокрит.

Наблюдая различные явления, Демокрит пытался дать им объяснение. Вода превращается в невидимый пар и улетучивается. Как можно это объяснить? Или почему, например, мы ощущаем запахи различных цветов на далеком расстоянии? Размышляя над подобными вопросами, Демокрит пришел к убеждению, что тела только кажутся нам сплошными, на самом деле они состоят из мельчайших частиц, которые настолько малы, что увидеть их невозможно.

Если предположить, что вода не является сплошным телом, а состоит из «водяных» частиц, то не представляет особого труда объяснить ее превращение в пар. Когда вода превращается в пар, частицы воды отрываются от ее поверхности и улетают в воздух. Легко можно объяснить и то, почему мы ощущаем запахи различных цветов: от душистых веществ, находящихся в цветах, отрываются и рассеиваются в воздухе отдельные невидимые частицы. Попадая в нос, эти частицы и создают ощущение запаха.

Догадка об атомах объясняла многие явления природы, в том числе и такие, которые ранее казались сверхъестественными, происходящими с помощью божественных сил. Различные таинственные, необъяснимые природные явления оказывались естественными, легко объяснимыми.

Этого не могла допустить церковь. Предположение о существовании атомов она объявила ересью, то есть ложным учением, за распространение которого людей жестоко преследовали. Атомы были надолго забыты.

Но вот с XV—XVI веков постепенно оживает и растет промышленность европейских городов. Наступает эпоха быстрого развития производительных сил. Люди начинают нуждаться в науке, которая изучает природу и объясняет ее закономерности. И ученые все чаще вспоминают догадку мыслителей прошлого, пытаются объяс-

нить явления и закономерности природы с помощью атомов.

Выдвинутое в качестве догадки философами древности учение об атомах было разработано как научная гипотеза Декартом, Гассенди и другими учеными.

В 1647 году во Франции вышла в свет книга Пьера Гассенди об атомах. Автор книги писал о том, что все вещества в мире состоят из неделимых частиц — атомов. Атомы отличаются друг от друга формой, величиной и весом. Чтобы создать все многообразие окружающего мира, утверждал Гассенди, не нужно большого числа различных атомов. Из трех видов строительных материалов — кирпичей, досок и бревен — можно построить огромное число самых разнообразных домов. Так и природа может создать из нескольких десятков различных атомов многие тысячи разнообразнейших тел.

В телах различные атомы соединяются в группы — молекулы. Молекулы отличаются друг от друга числом входящих в них атомов и «сортом» этих атомов. Нетрудно сообразить, что из нескольких десятков различных атомов можно создать огромное количество комбинаций — молекул. Но многое во взглядах Гассенди было ошибочным. Он, например, считал, что имеются особые атомы тепла, холода, вкуса и запаха.

Более точное определение природы невидимых частиц и строения тел из этих частиц дал в XVIII веке великий русский ученый М. В. Ломоносов. Он заложил основы атомно-молекулярной теории. Вот как ученый объяснял строение тел. Все тела состоят из мельчайших материальных частиц. Эти частицы обладают определенной массой и определенными химическими свойствами. Частицу любого тела, то есть молекулу, можно разделить на более мелкие частицы, на которые — атомы. Это уже самые малые частицы, на которые не могут распадаться тела в химических превращениях. Атомы также обладают массой и определенными химическими свойствами.

Молекулы бывают однородными и разнородными. Однородные молекулы состоят из одинаковых атомов, а в состав разнородных молекул входят атомы различных элементов.

Тело, состоящее из однородных молекул, — простое. Его нельзя разложить на какие-либо другие вещества. Если же в состав вещества входят молекулы, построен-

ные из разных атомов, то такое вещество Ломоносов называет смешанным, или, как мы теперь говорим, сложным. Химическим путем, то есть воздействием различных химических веществ, сложное тело можно разложить на несколько простых веществ.

Наука подтвердила атомистическое учение М. В. Ломоносова. Теперь мы знаем, что все тела действительно разделяются на сложные и простые. Подавляющее большинство окружающих нас веществ — вещества сложные, каждое из них состоит из более простых веществ. Например, питьевую соду, которую иначе называют двууглекислым натрием, можно разложить химическим путем на углерод, водород, кислород и натрий. Вода также сложное вещество: она состоит из кислорода и водорода.

Только немногие природные тела не разлагаются на другие вещества, остаются неизменными. К ним относятся, например, такие металлы, как железо, олово, уран, свинец и другие; газы — кислород, водород, азот.

В прошлом люди думали, что все металлы могут превращаться друг в друга. Для этого нужно лишь найти секрет такого превращения. В средние века многие ученые — их называли алхимиками — долго и упорно искали этот «секрет», пытались превратить недорогие металлы в драгоценные, например ртуть в золото. Но сколько ни старались алхимики, им так и не удалось получить золото из ртути и других металлов.

Теперь мы знаем причину этого. Ртуть и золото — это химические элементы, которые нельзя разложить химическими способами на какие-то другие вещества. Химические элементы состоят из атомов одного вида. Протоны атомов урана отличаются от атомов водорода, атомы железа отличны от тех и других. Каждому виду атомов соответствует определенный химический элемент.

Атомы различных химических элементов отличаются друг от друга своим весом, атомным весом. Атомный вес — это не действительный вес того или иного атома, а его относительный, сравнительный вес. Атомным весом называют число, показывающее, во сколько раз атом данного элемента тяжелее  $\frac{1}{16}$  части атома кислорода. Атомные веса всех химических элементов больше единицы: атомный вес водорода равен 1,008, углерода — 12,010, кислорода — 16,000, серы — 32,066, урана — 238,07 и т. д.

Сложные вещества состоят из нескольких химических элементов.

Каким же путем можно убедиться в существовании мельчайших частиц вещества? Существование атомов и молекул доказывается при помощи различных специальных приборов и опытов. Однажды был проведен, например, такой опыт. На отполированную свинцовую пластинку была положена и прижата к ней пластинка из золота. Спустя несколько месяцев пластинки спаялись. Когда пластинки разрезали поперек, то обнаружили, что в золоте на глубине до 1 миллиметра находятся мельчайшие частички свинца, а в свинце — частички золота. Такое проникновение одного вещества в другое называют диффузией.

Чем можно объяснить диффузию мельчайших частичек золота и свинца в описанном опыте? Только одним — «зернистым» строением этих металлов. Отдельные атомы золота, находясь в движении, пробиваются между атомами свинца; в свою очередь часть атомов свинца проникает между атомами золота. Диффузия частичек вещества наблюдается также у жидкостей и у газов.

Говоря о существовании атомов и молекул, нельзя не упомянуть о постоянном движении этих частиц. Только движение частиц делает понятным, например, диффузию в твердых телах и явление пахучести некоторых веществ. Только постоянно движущиеся частицы могут проникать внутрь твердого вещества или отрываться от поверхности какого-то твердого тела.

Движение молекул можно доказать не только косвенным путем — его можно увидеть почти непосредственно. Более ста лет назад один ученый — английский ботаник Броун — наблюдал странное явление. Рассматривая под микроскопом внутреннее строение растения, он заметил, что крошечные частицы вещества, плавающие в соке растения, непрерывно движутся во всех направлениях. Ботаник заинтересовался: может быть, это какие-то живые существа? Он решил рассмотреть под микроскопом мелкие частицы глины, также плавающие в воде. Но и эти, несомненно, неживые частицы не находились в покое: они непрерывно беспорядочно двигались. Чем меньше были частицы, тем быстрее они двигались.

Долго рассматривал ботаник такую каплю воды. Но так и не мог дождаться, когда движение частиц прекра-

тится. Казалось, будто их постоянно толкали какие-то невидимые силы. Правильная разгадка этого явления была найдена значительно позднее.

Оказывается, что движущиеся молекулы жидкости непрерывно ударяются о частицы глины или другого вещества и приводят их в движение. Конечно, видимые под микроскопом частицы глины в сравнении с молекулами жидкости очень велики — они не «чувствуют» ударов отдельных молекул. Но все дело в том, что в одно и то же время о каждую частицу ударяется множество молекул и сила их ударов неодинакова с разных сторон каждой отдельной частицы. В результате таких ударов частицы вещества и мечутся в жидкости в самых различных направлениях. Сколько бы вы ни смотрели на них, вы не дождетесь того момента, когда их движение прекратится.

Как известно, тела могут находиться в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Во всех этих случаях движение частиц различно. Если это газ, то частички его находятся в беспорядочном движении, они не связаны друг с другом и стремятся разлететься в разные стороны. При этом частицы непрерывно сталкиваются друг с другом. Газ может заполнить какой угодно большой объем.

В жидкости молекулы также движутся в самых различных направлениях, сталкиваются друг с другом, но здесь отдельная частичка не может совсем оторваться от других: молекулы находятся очень близко друг от друга, и между ними действуют силы сцепления. Поэтому жидкость всегда имеет определенный объем, но не имеет определенной формы.

Частицы твердого тела также не находятся в покое, но каждая частица в нем как бы привязана к определенному месту, она лишь колеблется в каком-то очень малом пространстве. Поэтому твердое тело имеет определенный объем и определенную форму.

Движение мельчайших частиц вещества определяет многие свойства тел. Например, результатом движения невидимых частичек является теплота. Согласно современным воззрениям скорость движения частиц любого тела характеризует его температуру. Чем быстрее движутся частицы, тем теплее тело. Когда мы нагреваем какой-нибудь предмет на огне, мы ускоряем колебания его частиц за счет энергии пламени. Предмет нагревается:

Наоборот, при охлаждении мы замедляем эти колебания.

Чем сильнее нагревается какое-либо тело, тем быстрее движутся его невидимые частички. Нагревание твердого тела может привести к тому, что силы сцепления не смогут уже удержать частички на своих местах. Тогда твердое тело расплавляется, превращается в жидкость.

При нагревании жидкости молекулы отрываются от ее поверхности, образуя пар. Чем выше температура жидкости, тем больше число отрывающихся частичек.

Когда движение частичек замедляется, мы наблюдаем превращение газа в жидкость. Охлаждая жидкость, мы превращаем ее в твердое тело, понижая температуру, мы уменьшаем скорость движения молекул. Вот почему вода превращается в лед, если температура ее падает до нуля градусов.

Все тела в мире — земля, воздух, животные, растения и сам человек — состоят из мельчайших материальных частиц. Подобно пылинкам, танцующим в яркой полоске света, падающей из окна, атомы находятся в постоянном движении.

### **Закон великого русского химика**

Огромное значение в изучении атомов и открытии способа получения атомной энергии имеет периодический закон химических элементов, объединяющий различные атомы, существующие в природе, в одну систему. Этот закон был открыт в прошлом веке великим русским ученым Д. И. Менделеевым.

Со времен глубокой древности люди задумывались над вопросом, из каких основных веществ состоят все окружающие нас тела?

Много труда и времени затратили ученые, искавшие на этот вопрос ответа.

Три тысячи лет назад ученые Китая писали о пяти основных «элементах мира» — воде, огне, земле, дереве и металле, из которых построено все окружающее.

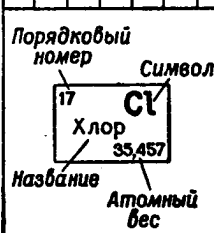
В древней Индии приверженцы учения чарваков считали, что путем комбинации эфира, воздуха, огня, воды и земли образуются не только неживые материальные объекты, но и живые организмы, в том числе растения и животные.

Многочисленные философские учения об «элементах



Периоды	Ряды	ГРУППЫ							
		I	II	III	IV	V	VI		
1	I	<b>H</b> <sup>1</sup> Водород 1,0080							
2	II	<b>Li</b> <sup>3</sup> Литий 6,940	<b>Be</b> <sup>4</sup> Бериллий 9,013	<b>B</b> <sup>5</sup> Бор 10,82	<b>C</b> <sup>6</sup> Углерод 12,010	<b>N</b> <sup>7</sup> Азот 14,008	<b>O</b> <sup>8</sup> Кислород 16,0000		
3	III	<b>Na</b> <sup>11</sup> Натрий 22,997	<b>Mg</b> <sup>12</sup> Магний 24,32	<b>Al</b> <sup>13</sup> Алюминий 26,98	<b>Si</b> <sup>14</sup> Кремний 28,09	<b>P</b> <sup>15</sup> Фосфор 30,975	<b>S</b> <sup>16</sup> Сера 32,08		
4	IV	<b>K</b> <sup>19</sup> Калий 39,100	<b>Ca</b> <sup>20</sup> Кальций 40,08	<b>Sc</b> <sup>21</sup> Скандий 44,96	<b>Ti</b> <sup>22</sup> Титан 47,90	<b>V</b> <sup>23</sup> Ванадий 50,95	<b>Cr</b> <sup>24</sup> Хром 52,01		
	V	<b>Cu</b> <sup>29</sup> Медь 63,54	<b>Zn</b> <sup>30</sup> Цинк 65,38	<b>Ga</b> <sup>31</sup> Галлий 68,72	<b>Ge</b> <sup>32</sup> Германий 72,60	<b>As</b> <sup>33</sup> Мышьяк 74,91	<b>Se</b> <sup>34</sup> Селен 78,96		
5	VI	<b>Rb</b> <sup>37</sup> Рубидий 85,48	<b>Sr</b> <sup>38</sup> Стронций 87,63	<b>Y</b> <sup>39</sup> Иттрий 88,92	<b>Zr</b> <sup>40</sup> Цирконий 91,22	<b>Nb</b> <sup>41</sup> Ниобий 92,91	<b>Mo</b> <sup>42</sup> Молибден 95,95		
	VII	<b>Ag</b> <sup>47</sup> Серебро 107,88	<b>Cd</b> <sup>48</sup> Кадмий 112,41	<b>In</b> <sup>49</sup> Индий 114,76	<b>Sn</b> <sup>50</sup> Олово 118,70	<b>Sb</b> <sup>51</sup> Сурьма 121,76	<b>Te</b> <sup>52</sup> Теллур 127,61		
6	VIII	<b>Cs</b> <sup>55</sup> Цезий 132,91	<b>Ba</b> <sup>56</sup> Барий 137,36	<b>La</b> <sup>* 57</sup> Лантан 138,92	<b>Hf</b> <sup>72</sup> Гафний 178,6	<b>Ta</b> <sup>73</sup> Тантал 180,88	<b>W</b> <sup>74</sup> Вольфрам 183,82		
	IX	<b>Au</b> <sup>79</sup> Золото 197,2	<b>Hg</b> <sup>80</sup> Ртуть 200,61	<b>Tl</b> <sup>81</sup> Таллий 204,39	<b>Pb</b> <sup>82</sup> Свинец 207,21	<b>Bi</b> <sup>83</sup> Висмут 209,00	<b>Po</b> <sup>84</sup> Полоний 210		
7	X	<b>Fr</b> <sup>87</sup> Франций (223)	<b>Ra</b> <sup>88</sup> Радий 226,05	<b>Ac** 89</b> Актиний 227	<b>(Th)</b> <sup>90</sup> Торий 232,12	<b>(Pa)</b> <sup>91</sup> Протактиний 231	<b>(U)</b> <sup>92</sup> Уран 238,07		
* 58-71 ЛАНТАНОИДЫ		<b>Ce</b> <sup>58</sup> Церий 140,13	<b>Pr</b> <sup>59</sup> Празеодим 140,92	<b>Nd</b> <sup>60</sup> Неодим 144,27	<b>Pm</b> <sup>61</sup> Прометий (147)	<b>Sm</b> <sup>62</sup> Самарий 150,43	<b>Eu</b> <sup>63</sup> Европий 152,0	<b>Gd</b> <sup>64</sup> Гадолиний 156,9	<b>Tb</b> <sup>65</sup> Тербий 159,2
** АКТИНОИДЫ		<b>Th</b> <sup>90</sup> Торий 232,12	<b>Pa</b> <sup>91</sup> Протактиний 231	<b>U</b> <sup>92</sup> Уран 238,07	<b>Np</b> <sup>93</sup> Нептуний (237)	<b>Pu</b> <sup>94</sup> Плутоний (239)	<b>Am</b> <sup>95</sup> Америций (243)	<b>Cm</b> <sup>96</sup> Кюрий (242)	<b>Bk</b> <sup>97</sup> Беркелий (243)

Современная периодическая таблица

ЭЛЕМЕНТОВ						РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ОРБИТАМ В АТОМАХ ИЛЛЕВОЙ ГРУППЫ: СЛОИ В ПОРЯДКЕ УДАЛЕНИЯ ОТ ЯДРА									
VII		VIII				0		K L M N O P Q							
(H)						He 2 Гелий 4,003		2							
9 F Фтор 19,00					Ne 10 Неон 20,183		2	8							
17 Cl Хлор 35,457					Ar 18 Аргон 39,944		2	8	8						
Mn 25 Марганец 54,93	Fe 26 Железо 55,85	Co 27 Кобальт 58,94	Ni 28 Никель 58,69												
35 Br Бром 79,918					Kr 36 Криптон 83,80		2	8	18	8					
Tc 43 Технеций (99)	Ru 44 Рутений 101,7	Rh 45 Родий 102,91	Pd 46 Палладий 106,7												
53 I Иод 126,91					Xe 54 Ксенон 131,3		2	8	18	18	8				
Re 75 Рений 186,31	Os 76 Осмий 190,2	Ir 77 Иридий 193,1	Pt 78 Платина 195,23												
85 At Астатин (210)					Rn 86 Радон (222)		2	8	18	32	18	8			
						Порядковый номер      Символ 									
Dy 66 Диспрозий 162,46	Ho 67 Гольмий 164,94	Er 68 Эрбий 167,2	Tm 69 Тулий 168,94	Yb 70 Иттербий 173,04	Lu 71 Лютеций 174,99										
Cf 98 Калифорний (246)	E 99 Эйнштейний	Fm 100 Фермий	Mv 101 Менделевий												

химических элементов Д. И. Менделеева

мира» создали древние греки. Так, более тысячи лет назад Фалесом Милетским было высказано предположение, что первоначальным веществом, основой всего на земле, является вода. Все, что мы видим вокруг, произошло из воды. Другой древнегреческий ученый, Анаксимен, считал, что весь мир построен из воздуха. Философ Гераклит думал, что первоосновой всего является огонь.

Теперь мы знаем, что основные вещества вселенной — это химические элементы, которые входят в состав разнообразных тел природы.

Сколько же в мире разных сортов атомов, или, другими словами, разных химических элементов? Ответ на это и был в 1869 году дан Д. И. Менделеевым. Он построил систему элементов и предсказал с помощью ее существование в природе новых, еще не известных ни одному человеку химических элементов. Это было открытие великого закона природы. Была установлена связь между разрозненными отдельными элементами, единство основных веществ мира.

В основу своей системы химических элементов ученый положил их наиболее общее и наиболее изученное в то время свойство — атомный вес. Отыскивая родство между различными по своим свойствам веществами, Менделеев пришел к убеждению, что свойства различных химических элементов зависят от их атомного веса, что **количественная** характеристика химического элемента — атомный вес этого элемента — должна быть связана с его **качеством**, с его свойствами. «Величина атомного веса определяет характер элемента», — писал он.

Менделеев установил, что химические и физические свойства элементов связаны с атомным весом в определенной, периодической зависимости. Если все элементы расположить в ряд в порядке возрастания их атомных весов, то в этом ряду обнаруживается замечательная закономерность: свойства элементов повторяются через определенные периоды, через определенное число элементов. В этом по существу и заключается простой, но вместе с тем глубокий смысл открытия Менделеева. Эта закономерность химических элементов открыла перед наукой необыкновенные возможности для дальнейшего, более глубокого изучения вещества.

Наблюдая свойства элементов, заключенных в каком-либо одном периоде, Менделеев заметил и другую заме-

чательную закономерность. Оказывается, свойства элементов одного периода отражают все многообразие свойств различных химических элементов. Тут есть и металлы и не металлы, с их характерными признаками, и химически активные элементы и неактивные, с трудом вступающие в соединения элементы.

Свойства элементов одного периода отражают все многообразие свойств различных химических элементов.

Найдя периодическую зависимость свойств химических элементов от их атомного веса, Менделеев построил такую систему (таблицу) элементов, которая охватывала не только известные, но и неизвестные в то время химические элементы.

Зная, как именно должны изменяться свойства элементов в периодах, он мог проверить правильность атомных весов у различных элементов; мало того, теперь можно было видеть, где, в каких местах таблицы нет элементов с нужными для полного периода качествами, то есть можно было научно предсказать, какие элементы должны существовать в природе, предсказать свойства этих неоткрытых веществ!

Основываясь на своем открытии, Д. И. Менделеев указал на некоторые химические элементы, которые должны быть открыты в будущем. Он предсказал, например, что в природе должны существовать химические элементы, похожие по своим свойствам на алюминий, кремний и бор, и подробно описал их основные химические и физические свойства — их растворимость, удельный вес, атомный вес.

Замечательное предвидение Менделеева скоро блестяще подтвердилось. В 1875 году был открыт неизвестный до того химический элемент галлий. По своим свойствам он оказался близким «родственником» алюминия — тем самым элементом, существование которого в природе предсказал за 6 лет до этого Менделеев! Еще через 5 лет химики открыли новый элемент — скандий, родственник бора. И еще через 6 лет, в 1886 году, нашли «родственника» кремния — элемент германий.

Д. И. Менделеев открыл новую эпоху в развитии учения о строении вещества. Великий химик дал новое, диалектическое представление о химических элементах, о глубокой взаимосвязи и взаимозависимости различных атомов, существующих в мире.

### Неустойчивые атомы

Периодический закон вызвал дальнейшее быстрое развитие науки о веществе, он стал могучим, незаменимым помощником ученых в изучении природы. Открытие Менделеева порождало новые, смелые мысли. Ученые XIX века привыкли думать, что атом — это действительно «атом», то есть нечто «неделимое»<sup>1</sup>. Но так ли это в действительности? Чем объяснить, что свойства всех атомов изменяются так закономерно?

О сложности строения атомов говорит сама закономерность изменения свойств химических элементов в периодической таблице. Свойства атомов периодически повторяются по мере возрастания их атомных весов так, как будто бы в строении атомов повторяются какие-то сходные черты.

Менделеев вскоре после открытия своего замечательного закона писал о том, что объяснить закономерности, обнаруженные периодическим законом, можно, только предположив, что атомы имеют сложное строение. Он допускал возможность того, что атомы состоят из еще меньших частиц. Но он говорил, что об этом можно только предполагать, доказать это современная ему наука еще была не в силах.

К этой же мысли приходили и другие, наиболее прорзорливые ученые XIX века. «Атомы неделимы не по своей природе, а неделимы только доступными нам средствами... но могут быть разделены в новых процессах, которые будут открыты впоследствии», — писал знаменитый русский химик А. М. Бутлеров.

О делимости атома говорил Ф. Энгельс. Глубоко изучив и обобщив достижения химии и физики его времени, он развил новый, диалектический взгляд на атом как на частицу, обладающую сложным строением. Энгельс писал, что атомы отнюдь не являются чем-то простым, не являются вообще мельчайшими известными нам частицами вещества. Атом неделим только при определенных условиях.

Новый великий вопрос встал перед наукой: что таит в себе атом? Проникнуть в заветные двери атомного мира помогло неожиданное открытие, сделанное на рубеже XIX и XX века.

<sup>1</sup> Греческое слово «атомос» значит неделимый.

Очень интересна бывает иногда связь, казалось бы, самых различных научных открытий. В 1895 году немецкий ученый Рентген открыл невидимые лучи с необыкновенными свойствами: они проникают через непрозрачные для обычных лучей предметы — через человеческое тело, металлы, дерево! Под действием лучей Рентгена светятся в темноте некоторые химические вещества. Именно этим путем — действуя на экран, покрытый таким веществом, — и можно обнаружить присутствие лучей Рентгена. Действуют эти лучи и на фотопластинки. Как бы хорошо вы ни упаковали пластинки в бумагу, лучи Рентгена пройдут через упаковку и разрушат светочувствительный слой пластинки. На таких пластинках уже ничего не снимешь — после проявления они будут совершенно черными. Лучи Рентгена и натолкнули на новое неожиданное открытие, которое позволило проникнуть в мир атома.

В это же время, в конце прошлого века, французский ученый Беккерель изучал свечение флуоресцирующих<sup>1</sup> тел. Такие тела светятся после того, как побывают под лучами солнца. Беккерель пытался разгадать, что представляет собой флуоресцирующий свет и как действуют лучи этого света на различные вещества. В поисках ответа он проделал множество опытов. Когда Беккерель узнал об открытии Рентгена, он решил испытать, а не проходят ли через черную бумагу, подобно лучам Рентгена, и лучи флуоресцирующих тел.

Ученый приступил к новым опытам. Каждый день он брал какое-либо флуоресцирующее вещество, клал его на завернутую в бумагу фотопластинку и выставлял на солнце. Если лучи холодного света проходят через черную бумагу, фотопластинка будет неминуемо засвечена. Вечером в темной комнате Беккерель вскрывал пакет с фотопластинкой, проявлял ее и смотрел, как действует холодный свет.

Самые различные флуоресцирующие вещества побывали на солнечном свете вместе с фотопластинкой, но ни

---

<sup>1</sup> Флуоресценция — явление свечения некоторых веществ при освещении их светом. При этом обычно тела испускают лучи другого цвета, чем те, которыми вызывается свечение. Например, керосин при освещении его солнечными лучами испускает слабый голубоватый свет.

одно из этих веществ не действовало на пластинку. Лучи холодного света были бессильны перед черной бумагой.

Однажды — это было в 1896 году — Беккерель собрался выставить на солнечный свет новое светящееся вещество и завернутую в бумагу фотопластинку. Но погода испортилась, набежали облака, скрылось солнце. Ученый решил подождать, когда выглянет солнце; фотопластинку и испытуемое вещество он положил в темный шкаф. Занявшись другими делами, Беккерель вспомнил о пластинке только спустя несколько дней. Достав ее из шкафа, ученый решил проявить пластинку, не выставляя на солнце. Ведь на ней, хотя и в темноте, лежало несколько дней испытуемое вещество.

Когда проявление было закончено, ученый увидел, что на пластинке отпечаталась форма куска вещества, который лежал на ней в темном шкафу.

Вещество, давшее такой неожиданный результат, содержало в себе много химического элемента урана. Проведя новые опыты, ученый убедился, что именно этот элемент испускает какие-то невидимые лучи, которые, подобно лучам Рентгена, действуют на фотопластинку.

Исследования Беккереля продолжили ученые: полька Мария Кюри-Склодовская и ее муж, французский физик Пьер Кюри. В 1898 году, через два года после начала своей работы, они установили, что не только уран испускает новые лучи — существует несколько таких элементов. Среди них особенно замечательным был один. Действие его лучей гораздо сильнее, чем действие лучей, испускаемых ураном. Это был новый химический элемент, ранее неизвестный.

Супруги Кюри дали ему название радий, что означает «лучистый» («радиус» — по-латыни «луч»). Так был открыт первый интенсивный радиоактивный элемент.

Удивительны свойства этого вещества! Постоянно испуская какие-то невидимые лучи, радий всегда немного теплее окружающих тел. Он делает находящийся вокруг него воздух хорошим проводником электричества. Для людей и животных его лучи опасны. Достаточно только на 15—20 секунд поднести руку к крупинке радия, и на коже спустя некоторое время образуется пятнышко, как

от ожога. Более длительное облучение радием ведет к появлению открытых язв. Листья растений желтеют и сохнут от его лучей. Как и лучи Рентгена, лучи радия проникают сквозь непрозрачные для солнечного света тела. Лучи радия разлагают воду на ее составные части — водород и кислород. Так, радиоактивные излучения способны вызывать ионизацию. Ионизирующая способность радиоактивных излучений некоторых элементов, например радия, очень велика. Это позволяет обнаружить ничтожно малые количества радия. Если, например, несколько миллиграммов радия разделить поровну между всеми людьми, населяющими земной шар, то и в этом случае радий можно обнаружить у каждого человека. Излучение радия вызывает различные превращения веществ, находящихся вблизи него. Оптические стекла, например, окрашиваются в различные цвета, а поверхностный слой алмаза превращается в графит.

Дальнейшее изучение лучей радиоактивных веществ привело к неожиданным результатам. Оказалось, что часть лучей этих веществ есть не что иное, как поток частиц — «осколков» атомов! Вылет этих частичек можно было наблюдать воочию. Рядом с маленьким кусочком радия ставили небольшой экран, покрытый специальным веществом, светящимся под ударами летящих частиц, и на нем были видны маленькие вспышки, напоминающие собой мельчайшие звездочки. Это — ударялись об экран вылетающие из кусочка радия частицы — «осколки» его атомов. Атомы — «вечные и неизменные» основы вселенной — распадались на глазах у человека! Так было открыто явление радиоактивности<sup>1</sup>.

При распаде радиоактивных веществ выделяется энергия, скрытая в ядре. Эта энергия называется ядерной, или атомной. Она уносится в пространство радиоактивными излучениями. Естественный радиоактивный распад протекает постепенно, поэтому количество атомной энергии, выделяющейся в единицу времени, сравнительно не-

---

<sup>1</sup> Превращение менее устойчивых ядер атомов в более устойчивые сопровождается испусканием так называемых радиоактивных излучений. Вещества, способные испускать радиоактивные излучения, называют радиоактивными, а само явление — испускание излучений — радиоактивностью. Известно 15 естественных радиоактивных элементов.



лико. Например, 1 грамм радия выделяет в час такое количество энергии, которого достаточно всего лишь для того, чтобы нагреть 100 грамм воды на 1,36 градуса.

Изучая радиоактивный распад урана и радия, исследователи обнаружили, что при этом процессе возникает ряд радиоактивных элементов, которые последовательно превращаются друг в друга до тех пор, пока не образуется устойчивый, нерадиоактивный свинец.

Радиоактивный распад происходит постепенно. Закон, по которому совершается этот распад, таков: через одинаковое для данного элемента время распадается половина радиоактивного вещества, в каких бы количествах мы его ни взяли. Так, например, если мы возьмем один килограмм урана 238, то половина его — 500 грамм — распадется через 4,5 миллиарда лет. Половина оставшегося количества урана — 250 грамм — распадется снова через 4,5 миллиарда лет и т. д.

Время, в течение которого происходит распад половины радиоактивных атомов, было названо периодом полураспада. У разных радиоактивных веществ период полураспада оказался различным. Так, для радия он составляет 1590 лет, для тория — 13,9 миллиарда лет, а для эманация радия или радона — только 3,8 суток.

Как ни старались ученые изменить скорость радиоактивного распада, из этого ничего не получилось. Радиоактивные вещества нагревали до красного каления, охлаждали до температуры минус 180 градусов, воздействовали электричеством и давлением, но распад происходил с той же скоростью.

По международному соглашению активность радиоактивных веществ выражают числом распадов атомов за единицу времени. За единицу активности принято 37 миллиардов распадов в секунду. Эта единица называется кюри. Тысячную долю кюри называют милликюри, а тысячную долю милликюри — микрокюри.

С открытием радиоактивности было разрушено старое представление о том, что атомы неделимы и неизменны.

Владимир Ильич Ленин в своей замечательной книге «Материализм и эмпириокритицизм» указал, что новейшие достижения физики, разрушившие старое представление об атоме как неделимой и неизменной частице, приблизили нас к познанию истинной природы строения вещества.

### Первая разведка атомного мира

Трудная и увлекательная работа по изучению внутреннего строения атома началась вскоре после открытия радиоактивных веществ. Открытие радиоактивности дало в руки ученым могучее средство для этого изучения.

Было установлено, что при естественном радиоактивном распаде выделяются три различных вида лучей (рис. 1). Первый вид излучения — альфа-лучи, или поток альфа-частиц (альфа — первая буква греческого алфавита), — оказался потоком частиц с положительным электрическим зарядом. Масса этой частицы в 4 раза больше массы атома водорода.

Вторая разновидность радиоактивных лучей — поток частиц с отрицательным электрическим зарядом — названа бета-лучами (бета — вторая буква греческого алфавита).

Третий вид излучения — гамма-лучи (гамма — третья греческая буква) — по своей природе подобен лучам Рентгена, то есть представляет собой электромагнитное излучение. Они распространяются со скоростью света.

Все три вида лучей поглощаются веществами (воздухом, землей, металлом, деревом и т. п.) по-разному. Если свинцовую коробочку, в которой находится радий, закрыть алюминиевой пластинкой толщиной 0,02 миллиметра, то в выходящем пучке лучей не будет альфа-лучей, так как они полностью задерживаются алюминиевой пластинкой. Альфа-лучи полностью поглощаются также обмундированием. Для того чтобы задержать бета-лучи, свинцовую коробочку надо закрыть пластинкой из алюминия толщиной до 3 миллиметров. Для полного поглощения гамма-лучей потребуется слой алюминия толщиной 100—120 сантиметров.

Таким образом, гамма-лучи обладают наибольшей проникающей способностью. Проходя через различные вещества, они постепенно ослабляются, и тем больше, чем плотнее вещество.

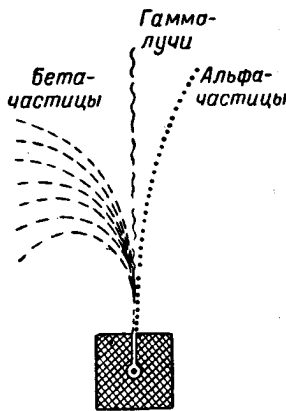


Рис. 1. Излучение радия в магнитном поле.

Скорость бета-частиц колеблется в широких пределах; некоторые из них летят почти со скоростью света (300 тысяч километров в секунду). Бета-частицы, обладающие наибольшей скоростью, проходят в воздухе путь до 15—20 метров, в воде до 2—3 сантиметров и в свинце не более 3 миллиметров.

Скорость альфа-частиц колеблется в пределах 10—25 тысяч километров в секунду. С такой скоростью от Земли до Луны можно долететь менее чем за минуту. На своем пути альфа-частица огромное число раз сталкивается с атомами и молекулами среды, при этом скорость ее движения быстро уменьшается. Даже в воздухе движение альфа-частицы замедляется настолько быстро, что путь ее пробега составляет не более 9—16 сантиметров. Эти частички—«снаряды» были использованы учеными для «бомбардировки» атомов!

Исследователи рассчитывали на то, что при столкновении с атомом альфа-частица либо будет влетать в атом и застревать в нем, либо разрушать его, подобно снаряду. Так как сама цель была невидимой, то о попаданиях и промахах при таком «обстреле» можно судить лишь по характеру путей

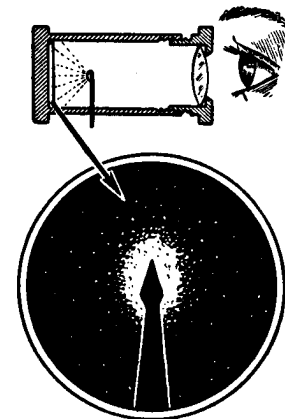


Рис. 2. Простой физический прибор — спинтарископ, с помощью которого можно наблюдать альфа-частицы, вылетающие из радия.

«атомных снарядов». Чтобы следить за полетом радиоактивных частиц, был придуман небольшой приборчик — спинтарископ (что значит в переводе «наблюдение искр»). Устройство его очень простое: два небольших металлических стаканчика соединены так, что могут вдвигаться друг в друга (рис. 2). В дне одного из стаканчиков укреплено увеличительное стекло, через которое можно рассматривать дно другого стаканчика, покрытое сернистым цинком. Это вещество светится при ударах о него частиц, вылетающих из радиоактивных веществ. Если внутри стаканчиков поместить на кончике иглы микроскопическую крупинку радия и смотреть через лупу на экран, покрытый сернистым цинком, можно видеть, в каком месте

экрана под ударами отдельных альфа-частиц вспыхивают маленькие яркие звездочки.

Первые же опыты по обстрелу невидимых частиц вещества показали, что из атома под воздействием альфа-частиц вылетают мельчайшие частички отрицательного электричества — электроны. Эти частички были открыты учеными еще до того, как началось изучение строения атомов.

Масса электрона в 1838 раз легче атома водорода. Но если в атоме есть электроны, то в нем должны находиться и другие частицы, заряженные положительным электричеством. Ведь электроны заряжены отрицательно, а атом в целом нейтрален, то есть не имеет ни положительного, ни отрицательного заряда. Таким образом, отрицательно заряженные электроны должны быть «уравновешены» в атоме какими-то положительно заряженными частицами.

Как же расположены в атоме его отрицательно и положительно заряженные частицы? На первых порах ученые предположили, что атом представляет собой положительно заряженную массу, в которой вкраплены маленькие отрицательно заряженные частицы — электроны. Однако от такой мысли очень скоро пришлось отказаться.

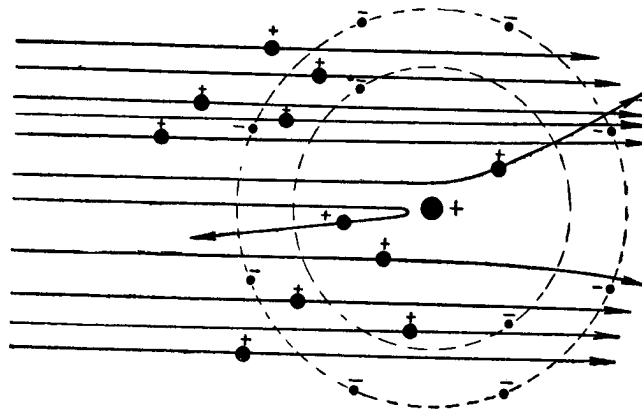
Решающий опыт, изменивший такое представление об атоме, был осуществлен в лаборатории английского физика Резерфорда в 1911 году. В этом опыте мишенью был листочек золота толщиной в одну тысячную долю миллиметра. Чтобы наблюдать полет альфа-частиц, за листочком был поставлен специальный экран, на котором были видны вспышки — удары отдельных альфа-частиц. Узкий пучок альфа-частиц, направленный на такой экран, давал на нем маленькое светлое пятно.

Неожиданны оказались результаты первой атаки на атом. Большинство альфа-частиц пролетало через листок так, словно это было пустое пространство!

Правда, когда на пути альфа-снарядов исследователь ставил свою маленькую мишень, картина на экране несколько менялась — светлое пятнышко немного расплывалось. Это говорило о том, что многие летящие альфа-частицы встречали на своем пути какие-то препятствия и отклонялись от своего первоначального направления. Но отклонения были не так велики, как это можно было

ожидать. Только редкие «снаряды» резко изменяли направление своего полета. Некоторые из них даже отбрасывались назад (рис. 3). Однако основная масса частиц пролетала сквозь атомы золота свободно, и никакого разрушения атомов при этом не было. Обстрелянные альфа-частицами, они лишь теряли один или несколько электронов.

Неожиданный результат опыта нельзя было объяснить, считая, что атом — плотная, равномерно заполненная ве-



**Рис. 3.** Так происходит рассеяние альфа-частиц в веществе. Большинство частиц пролетает сквозь атомы не отклоняясь. Небольшое число атомных «снарядов», пролетающих вблизи от ядра, отклоняется от своего прямолинейного пути. Более редкие частицы — те, которые летят точно по направлению к ядру атома, — отбрасываются электрическими силами назад.

ществом частица. Очевидно, что атом — это далеко не сплошной шарик; он непохож, скажем, на бильярдный шар. Помимо этого, можно сделать и второй вывод — внутри атома имеются какие-то препятствия, которые успевают отбрасывать в сторону многие «снаряды» даже за тот миг, в который альфа-частица пролетает сквозь атом. Что это могут быть за препятствия? Какие силы отбрасывают в сторону быстро несущуюся альфа-частицу?

Ясно, что это силы электрического взаимодействия либо с положительно заряженными частицами атома, либо с его отрицательными частицами. Но мы уже знаем, что отрицательно заряженные частички атома — это

электроны. Воздействовать сколько-нибудь сильно на альфа-частицу они не могут; наоборот, известно, что альфа-частицы легко выбивают электроны из атома. Значит, остается положительно заряженная часть атома. Положительно заряженная масса атома должна быть сосредоточена в очень небольшом объеме, занимать в атоме лишь небольшую его часть. Об этом говорит то, что лишь редкие альфа-частицы отбрасываются мишенью назад: происходит это именно тогда, когда альфа-частица встречает на своем пути массивную положительно заряженную часть атома.

Как же в таком случае должен выглядеть атом? А вот как: в центре атома находится маленькое атомное ядро, в нем заключен весь положительный заряд атома и почти вся его масса. Вокруг этого ядра вращаются отрицательно заряженные частички — электроны, образуя так называемую электронную оболочку атома. Электроны не улетают от ядра, так как притягиваются к нему электрическими силами, которые действуют между положительно заряженным ядром и отрицательными электронами. В то же время, вращаясь, они не могут и упасть на ядро. Так было разрушено старое представление об атоме как сплошном, непроницаемом шарике.

Последующие опыты по «бомбардировке» различных атомов не только подтвердили эту картину, но и дали ученым возможность вычислить размеры атомных ядер. Оказалось, что, хотя размеры ядер у различных химических элементов и отличаются несколько друг от друга, в среднем диаметр ядра примерно в сто тысяч раз меньше диаметра атома. Ядро занимает ничтожно малую часть (0,0000000000000001) объема атома. Если представить себе атом в виде шара диаметром 100 метров, то ядро в нем будет величиной с дробинку диаметром около 1 миллиметра. И в этой части атома заключена почти вся его масса.

Позднее установлено, что плотность вещества в атомных ядрах необыкновенно велика. Если бы почтовую марку изготовить из вещества ядерной плотности, то она весила бы около 5 миллионов тонн, а один кубический сантиметр такого вещества весил бы более 100 миллионов тонн. Эти цифры дают некоторое представление о плотности ядерного вещества.

Изобразить на бумаге в точности размеры частиц атома и расстояния между ними очень трудно. Если, на-

пример, ядро атома водорода мы изобразим величиной с песчинку, то электрон этого атома надо поместить на расстоянии сотен метров от песчинки.

«Бомбардировка» атомов альфа-частицами дала возможность определить также заряды атомных ядер у разных элементов. И тут ученые открыли еще одну замечательную тайну природы. Был установлен интересный факт — положительный заряд атомных ядер неодинаков у различных элементов: если принять заряд ядра водорода за единицу, то заряд атомного ядра серы равен 16, серебра — 47, урана — 92 и т. д.

Что же интересного в этих цифрах? — спросите вы. Откройте страницу 14, и вам станет все ясно. Вы видите перед собой менделеевскую таблицу химических элементов. Посмотрите, под каким номером находится в таблице сера. Под номером 16, не так ли? А чему равен заряд атомного ядра серы? Также 16! Заряд атомного ядра серебра равен 47, и расположено оно под 47-м порядковым номером. Точно так же уран помещается в 92-й клетке таблицы, и заряд ядер его атомов равняется 92.

Многочисленные исследования подтвердили, что у всех элементов менделеевской таблицы положительные заряды атомных ядер элементов равны их порядковым номерам в таблице. Тем самым был вскрыт глубокий смысл периодической системы химических элементов. Место элемента в таблице определяется положительным зарядом ядер его атомов.

Так было установлено, что главное отличие одних атомов от других — в заряде их ядер.

И здесь нельзя не сказать еще раз о гениальной прозорливости великого русского химика. Строя свою систему элементов, Менделеев пользовался атомным весом как основой только потому, что в его время это был главный отличительный признак атомов, общий для всех элементов. Но он отнюдь не придавал атомному весу решающего значения. Куда, в какую клетку таблицы поставить тот или иной элемент, Менделеев решал, сообразуясь со всеми свойствами элементов. В отдельных случаях он ставил элементы не туда, куда следовало бы их поставить, если руководствоваться только их атомными весами. Так, например, было с никелем и кобальтом, иодом и теллуром.

И вот теперь, спустя много лет, физики и химики убе-

дились в том, что Менделеев безошибочно расположил в своей таблице все химические элементы. Такое расположение соответствует заряду ядер их атомов.

Но ведь если заряд атомных ядер у разных элементов различен, то это означает, что у них различно и число электронов. Иначе не может быть. В целом любой атом обычно электрически нейтрален. Только иногда под воздействием каких-либо внешних причин атомы могут терять или, наоборот, приобретать один или несколько электронов. В этом случае атомы становятся электрически заряженными. Такие атомы называются ионами<sup>1</sup>.

Но если атом в обычных условиях нейтрален, то, зная величину заряда ядер различных элементов, мы тем самым знаем и число электронов, входящих в состав различных атомов. Положительный заряд ядра водорода мы приняли равным единице. В атоме водорода один электрон. Его отрицательный заряд равен по величине заряду ядра, то есть также единице. Значит, в атоме цинка, заряд ядра которого равняется 30, содержится 30 электронов. Электронная оболочка каждого атома золота содержит в себе 79 электронов. Вокруг ядра атома кислорода с зарядом 8 вращается 8 электронов и т. д.

Так человек XX века проник в новый, неизвестный ранее мир — мир атома. Но с этого лишь началось необыкновенное путешествие по миру невидимок. Чем больше ученые узнавали, тем больше возникало у них вопросов. Как располагаются электроны в атомах? Как устроено и из чего состоит атомное ядро? Поиски ответов на эти вопросы привели ученых к новым открытиям, которые изменили все наши прежние взгляды на природу мельчайших частиц вещества.

<sup>1</sup> При взаимодействии двух атомов (например, при их столкновении) один или несколько электронов, находящихся во внешних слоях электронной оболочки, могут быть выбиты. Если из электронной оболочки будет выбит хотя бы один электрон, то атом станет положительно заряженным. Такой атом называется положительным ионом. Выбитые из атома электроны могут присоединиться к другим атомам. Атом, присоединивший к себе лишний электрон, называется отрицательным ионом. Процесс образования ионов называется ионизацией. В результате ионизации изменяются некоторые свойства веществ. Например, ионизированный воздух становится проводником электричества. В живых организмах ионизация приводит к нарушению жизнедеятельности клеток.



### Электроны в атомах

Как же располагаются в атомах электроны?

Решить эту сложную задачу помогло изучение света.

Уже давно было установлено, что обычный белый свет, идущий к нам от Солнца или излучаемый каким-либо искусственным источником, — свет сложный. Он состоит из самых различных цветных лучей. Среди этих лучей можно выделить красные, оранжевые, желтые, зеленые, голубые, синие и фиолетовые лучи. Мы часто видим эти цвета в природных явлениях, например в радуге. Белый солнечный свет разлагается в дождевых каплях на свои составные части — отдельные цветные лучи.

Такое разложение света можно получить и у себя в комнате. Пропустите луч белого света через стеклянную призму: свет преломится и распадется на свои составные цвета — спектр. Объясняется это тем, что различные цветные лучи преломляются в призме по-разному — одни больше, другие меньше.

В середине прошлого века, незадолго до открытия Менделеева, ученые, изучая спектры света, идущего от различных источников, установили один замечательный факт. Пока свет идет от какого-либо раскаленного и благодаря этому светящегося тела, твердого или жидкого, спектр этого света подобен спектру солнечных лучей. Какое бы тело ни было взято, спектр его сплошной, цветные лучи следуют друг за другом в одном и том же порядке.

Но стоит превратить какое-то твердое или жидкое тело в раскаленные газы, и свет, испускаемый этими газами, начинает давать уже совсем иной, так называемый линейчатый спектр. Такой спектр состоит из цветных линий, разделенных темными промежутками.

Самым интересным в этом открытии было то, что каждый химический элемент, входящий в состав раскаленного газа, дает свой собственный, отличный от всех других, линейчатый спектр. Так, например, пары калия дают спектр, состоящий из красной и фиолетовой линий; в спектре водорода три характерные линии: красная, зелено-голубая и синяя.

Эти свойства света дали возможность применить в химическом исследовании веществ новый замечательный способ, названный спектральным анализом. Спектраль-

ный анализ помог в открытии ряда новых химических элементов. В частности, именно таким путем был открыт галлий.

Изучение спектров атомов дало в руки исследователей незаменимое средство для изучения внутреннего строения этих материальных частиц. Ведь свет рождается в веществе, в его атомах. Ясно, что спектр каждого атома тесно связан с его внутренним строением.

Еще в прошлом веке было установлено, что свет представляет собой особого рода волнообразный процесс. Это так называемые электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве со скоростью 300 тысяч километров в секунду. Для наглядности их можно сравнить с волнами на воде. Как на воде отдельные частички ее не передвигаются вместе с волной, а лишь колеблются вверх и вниз, образуя таким образом гребни и впадины волн и передавая это колебательное движение дальше, так и в случае электромагнитных волн в каждой точке пространства происходит как бы волнообразное изменение электромагнитного состояния с образованием «гребней» и «впадин», приводящее к передаче энергии от одной точки пространства к другой.

Кроме видимых цветных лучей, в солнечном свете есть еще и невидимые: ультрафиолетовые лучи, которые летом дают нашей коже загар, и инфракрасные лучи, которые используются в специальных приборах, позволяющих видеть в темноте. Известны также радиоволны, которые переносят слова и музыку с далекой радиостанции в комнатный репродуктор, и лучи Рентгена, с помощью которых можно видеть, например, внутренние органы человека.

Ученые установили, что все это так же не что иное, как электромагнитные волны.

Но чем же в таком случае отличаются различные лучи друг от друга, например синие — от зеленых, видимый свет — от невидимого, красные лучи — от инфракрасных, лучи Рентгена — от радиоволн, если все это электромагнитные волны?

Ответ на этот вопрос очень прост: различные электромагнитные волны отличаются друг от друга своей длиной (длиной волны называют расстояние между соседними «гребнями» или «впадинами» одной и той же волны).

Электромагнитные волны видимого света имеют длину от 4000 до 7500 ангстрем<sup>1</sup>. При этом, например, волны длиной от 6000 до 7500 ангстрем воспринимаются нами как красный цвет, волны длиной в 5000 ангстрем — как зеленый цвет и т. д.

Если длина электромагнитной волны меньше 4000 ангстрем, наш глаз ее уже не воспринимает. Это ультрафиолетовые лучи. Лучи Рентгена — те же электромагнитные волны, только длина их во много раз меньше длины волны ультрафиолетовых лучей.

С другой стороны, волны длиной от 7500 ангстрем и до нескольких миллиметров — это невидимое инфракрасное излучение. А длина электромагнитных волн, используемых в радиовещании и телевидении, — от нескольких десятков сантиметров до одного—двух километров.

Однако представление о свете только как о волнах недостаточно: оно не отражает всех свойств света. Как теперь твердо установлено, испускание света атомами происходит не непрерывно, а отдельными порциями, которые называются квантами. Впервые эта мысль была высказана немецким физиком М. Планком в 1900 году.

Существует определенная зависимость между энергией кванта и длиной волны. Чем длиннее волна, тем меньше энергия присущего ей кванта. Квант красного излучения, с длиной волны в 7500 ангстрем, несет меньшую энергию, чем, скажем, квант синего света, длина волны которого составляет около 4000 ангстрем.

Электромагнитные волны порождаются колеблющимися электрическими зарядами. Вращаясь вокруг ядра, электроны также должны испускать кванты электромагнитной энергии. Но здесь мы неожиданно сталкиваемся с противоречиями. Вращающийся электрон излучает свет, теряя энергию, уносимую квантами света. При этом каждый из электронов, заключенных в атоме, должен неизбежно приближаться к ядру, пока, исчерпав все свои энергетические запасы, не упадет на него. Атом должен перестать существовать через очень короткий срок.

В действительности атомы вполне устойчивы. Излучают свет они лишь при определенных условиях, и каждый атом дает свой особый, всегда определенный спектр.

---

<sup>1</sup> Ангстрем  $\frac{1}{100\,000\,000}$  сантиметра.

Каждая линия такого линейчатого спектра принадлежит свету с определенной длиной волны. Атом каждого химического элемента излучает отличный от всех других «набор» электромагнитных излучений разных длин волн, говоря иначе, атомы разных химических элементов излучают набор не любых, а вполне определенных квантов, энергия которых всегда строго определена. И набор этот у разных атомов всегда различен.

Но этот факт, подтверждаемый опытом, также не согласуется с нашим заключением о том, что электроны вращаются вокруг ядра атома. И вот почему. При приближении электрона к ядру число его оборотов вокруг ядра должно непрерывно возрастать, а это значит, что будет непрерывно изменяться длина волны излучения, рождающегося в атоме, и никакого определенного линейчатого спектра у атомов не может быть: у всех атомов должен быть один и тот же сплошной спектр.

Какой же выход нашли ученые из этих противоречий? В чем секрет устойчивости атомов? Мы знаем, что вещество излучает свет только при определенных условиях. Например, это бывает, когда тело нагрето до высокой температуры. Нагревая тело, мы увеличиваем энергию его атомов, или, как говорят физики, возбуждаем их. При этом атомы и испускают свет в виде фотонов.

Таким образом, излучения в атомах связаны, как видно, не с обычным, «нормальным» движением электронов, а с какими-то процессами, происходящими в атоме при его возбуждении.

В 1913 году датский физик Бор, приняв за основу ядерную модель атома, дал более подробную картину строения атома, его электронной оболочки. Он исходил из мысли, что поглощение и испускание света в атоме происходят отдельными порциями, квантами.

Бор предположил, что электроны не могут вращаться вокруг ядра по любой, произвольной орбите. Для каждого электрона в атоме существуют только некоторые, вполне определенные орбиты, «разрешенные» законами, действующими в атомном мире.

Чем дальше от ядра находится электрон, тем большим запасом энергии он обладает. Двигаясь по «разрешенной» орбите, электрон ничего не излучает. Он отдает свою энергию только при переходах с одной орбиты на другую — с более удаленной на более близкую к ядру.

А такие «прыжки» и происходят как раз после возбуждения атома.

Каждую «разрешенную» орбиту можно определить, то есть вычислить, на каком расстоянии от ядра находится и может находиться тот или другой электрон. Например, единственный электрон в невозбужденном атоме водорода движется по орбите, на которой его движение очень устойчиво. Это самая ближайшая из «разрешенных» орбит к ядру. В таком состоянии атом не излучает. Он находится в невозбужденном состоянии, обладая определенным, нормальным запасом энергии. При любых ударах, недостаточно сильных для того, чтобы возбудить атом водорода, его электрон остается на своей орбите; с атомом ничего не происходит.

Но вот атом водорода, столкнувшись с другим атомом, с ионом или с быстро летящим электроном, поглощает квант энергии: энергетический запас атома увеличивается, и он приходит в возбужденное состояние. Энергия электрона увеличивается, и электрон совершает «прыжок» со своей постоянной орбиты на другую орбиту, более удаленную от ядра. На ней он находится, однако, лишь мгновение. Электрон тут же отдает свой излишек энергии в виде кванта света и возвращается в свое нормальное, невозбужденное состояние.

В зависимости от характера «прыжка» электрон излучает определенный квант света, или, другими словами, определенную длину световой волны. Так, если электрон в атоме водорода переходит с третьей от ядра орбиты на вторую, он испускает квант красного света. «Прыжок» с четвертой орбиты на вторую дает зелено-синий свет, а с пятой на вторую — синий.

Каждому «скачку» электрона с более удаленной орбиты на более близкую соответствует в спектре своя линия излучения. Таким образом, изучая спектры атомов при возбуждении, можно узнавать о том, чему равна энергия того или другого атомного электрона, как она изменяется при «перескоках» его с одной орбиты на другую, а отсюда находить, каковы возможные скорости этих частиц в атомах, на каком расстоянии от ядра находятся электроны и т. д.

Исследователи нового мира подробно изучили, как возбуждаются атомы различных химических элементов; они изменяли условия эксперимента, действовали на

атомы высоким давлением, магнитными и электрическими силами, ионизировали их и все время наблюдали, что при этом делается со спектром атома, как он изменяется. И отсюда решали, как расположены в атоме его электроны, какие изменения они претерпевают при возбуждении.

Раскрыть строение электронной оболочки атома ученым помогла «электронная пушка» — пушка, «стреляющая» электронами. Она и была использована для возбуждения атомов. Источником «снарядов» — электронов в ней является маленькая металлическая проволочка, накаливаемая электрическим током. Прибор устроен так, что потоком электронов можно управлять, изменять их путь, уменьшать или увеличивать их скорость.

В результате многочисленных опытов и расчетов было твердо установлено, что атомы различных элементов имеют неодинаковое количество электронов — от одного (атома водорода) до ста одного (атом менделевия). Электронная оболочка состоит из одного или более слоев, находящихся на строго определенных расстояниях от ядра. При этом в каждом слое электронной оболочки может находиться лишь определенное число электронов. Так, в первом, ближайшем к ядру атома слое может располагаться не более двух электронов, во втором — не более восьми электронов, в третьем — до восемнадцати, в четвертом слое могут разместиться целых 32 электрона и т. д. В атомах с большим атомным весом число электронных слоев достигает семи. В науке их принято обозначать латинскими буквами: слой K, слой L, слой M, слой N и т. д. (см. стр. 15).

В качестве примера возьмем атомы кислорода и натрия. Заряд ядра кислорода равен 8. Его восемь электронов располагаются в двух первых слоях: 2 — в первом (слой K) и 6 — во втором (слой L). Второй электронный слой у кислорода остается, таким образом, как бы незавершенным: в нем может уместиться еще 2 электрона. Заряд ядра атома натрия равен 11. Его одиннадцать электронов располагаются уже в трех электронных слоях: 2 — в первом, 8 — во втором и 1 — в третьем.

Обычно в следующем слое электроны могут находиться только тогда, когда предыдущий слой заполнен. Чем дальше от ядра находится электрон, тем больше его энергия.

Изучение электронного строения атомов показало, что теория Бора дает также лишь приближенную картину атомного мира. Эта теория хорошо объясняет только строение простейшего атома — атома водорода. Как показали исследования, нельзя считать, что электроны в атоме движутся по определенным орбитам. Правильнее говорить о нескольких слоях, в которых располагаются окружающие ядро электроны.

Такую, более точную, картину движения электронов в атомах дает нам новая наука — квантовая механика, которая возникла в результате изучения строения атомов. Мы не можем проследить путь электрона вокруг ядра. Нельзя представлять себе эти частички как маленькие шарики, разместившиеся вокруг ядра, подобно фигуркам на карусели.

Электрон, как и другие элементарные частицы, ведет себя не так, как частицы, видимые глазом. Движение элементарных частиц подчиняется особым законам — квантово-механическим, а не обычной механике, по законам которой движется, скажем, пуля или брошенный камень. Причина этого заключается в том, что сама природа микрочастиц сложна, она внутренне противоречива. Подобно частицам света — фотонам, электроны, альфа-частицы, да и сами атомы обладают не только свойствами отдельных частиц, но и волновыми свойствами. Впервые такое представление выдвинул в 1924 году французский ученый Луи де Бройль. Теперь это доказано неоспоримыми опытами. Например, установлено, что электроны — частицы, обладающие определенной массой, пути полета которых тысячи раз были засняты на фотопластинки, обнаруживают волновые свойства. Это наблюдают, когда они пролетают, например, через тончайший листок золота.

Открытие волновых свойств микрочастиц — яркий пример, подтверждающий справедливость положений диалектического материализма. Еще задолго до этого открытия В. И. Ленин, говоря об углублении наших знаний, писал: «...и если вчера это углубление не шло дальше атома, сегодня — дальше электрона... то диалектический материализм настаивает на временном, относительном, приблизительном характере всех этих *вех* познания природы прогрессирующей наукой человека. Электрон так

*же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна, но она бесконечно существует...»*

Несомненно, что наука откроет в будущем еще много таких свойств микрочастиц, которые сейчас нам неизвестны.

Выяснив электронное строение атомов, ученые разгадали, от чего зависят физико-химические свойства элементов.

Атомы, у которых целиком заполнены один (два электрона), два (десять электронов), три (двадцать восемь электронов) и более слоев, имеют наиболее законченное, законченное строение. Таковы, например, атомы гелия — они имеют по два электрона, то есть один полный слой, или атомы неона, имеющие десять электронов — по два полных слоя. У этих химических элементов очень трудно оторвать хотя бы один электрон — силы взаимодействия между частичками здесь таковы, что любой электрон внешнего слоя вырвать из атома одинаково трудно.

В этом как раз и кроется причина того, что оба элемента — гелий и неон — не вступают в химическое соединение с другими веществами. Как известно, эти газы называют инертными, то есть бездеятельными.

«Электронные одежды» других, химически активных элементов уже не столь законченны. Например, у металла лития два электрона располагаются в первом электронном слое, а третий находится во втором слое, дальше от ядра атома. Но этот слой может вмещать в себя до 8 электронов. Это сказывается на свойствах лития. Электрон, расположенный во втором слое, удерживается в атоме значительно слабее, чем другие. Достаточно какого-либо химического воздействия на атом лития, и он теряет свой третий электрон.

Вот почему литий легко вступает в различные химические соединения. По той же причине этот химический элемент имеет ярко выраженные свойства металла. Ведь во всех металлах, как теперь установлено, имеется много «свободных» электронов, перемещающихся в любом куске металла среди его атомов.

У металла натрия, имеющего 11 электронов, подобная же картина строения — он имеет два полных электронных слоя (10 электронов) и один, последний, электрон, расположенный в третьем слое. Положение последнего



электрона здесь еще более неустойчивое, чем у третьего электрона лития. Ведь он располагается еще дальше от атомного ядра. Значит, он еще легче может быть оторван от своего атома. И натрий еще более активен при химических реакциях, чем литий.

В электронных оболочках бериллия четыре электрона. Два из них находятся во втором слое. Эти электроны также держатся в нем непрочно. Однако отнять их от атома уже труднее, чем у лития и натрия; этим и объясняется, почему бериллий менее химически активен, чем, скажем, натрий.

#### **Загадка атомного ядра**

Как уже говорилось, радиоактивные элементы выбрасывают лучи трех видов: альфа-частицы, бета-частицы (которые, как было установлено, являются потоком быстрых электронов) и гамма-лучи, подобные лучам Рентгена. На основании многих опытов и расчетов было найдено, что все три вида излучений выбрасываются атомными ядрами. Значит, ядро атома — далеко не простое.

После того как это было обнаружено, начались поиски разгадки его строения. Нелегкая это оказалась задача. Трудно подобраться к ядру атома. Все химические изменения веществ связаны с движением электронов в атомах. Атомные ядра не принимают в этом никакого участия. При любых химических превращениях с ядром ничего не случается — оно лишь переходит вместе с атомом из одного соединения в другое. Не меняется атомное ядро и при таких воздействиях, как сильное сжатие, нагревание или обработка химических соединений различными растворителями. Проникнуть внутрь очень плотного ядра, разбить его на части чрезвычайно трудно.

Путь к этому один — надо разрушать каким-то способом атомные ядра. По этому пути и идут исследователи атомного мира. В качестве «снарядов» для разрушения ядра на первых порах были взяты те же, уже знакомые нам, альфа-частицы.

Правда, меткостью таких «снарядов» никак нельзя было похвастать. Только крайне редко альфа-частицы попадали в ядро. Подавляющее большинство атомных «снарядов» пролетало мимо. Но даже и того, что попадало в цель, оказалось недостаточным, чтобы сделать о невидимой крепости — ядре — кое-какие уверенные выводы.

И первый вывод был таков: в ядрах всех атомов находятся ядра самого легкого атома — водорода. Их обнаруживали при «бомбардировке» атомных ядер различных химических элементов.

Как мы уже говорили, положительный заряд ядра атома водорода принят равным 1. Поэтому водородное ядро стали считать простейшей частичкой и назвали ее протоном («протон» значит «первичный»). Позднее было найдено, что протон действительно является элементарной частичкой с минимальным положительным зарядом.

Но ядро атома не может состоять из одних протонов. Если бы это было так, то масса каждого атома была бы во столько же раз больше массы атома водорода, во сколько раз число электронов в оболочке этого атома больше числа электронов в атоме водорода.

В атоме водорода находится один электрон, и масса атома равна массе одного протона. Значит, масса атома следующего элемента — гелия, который имеет в своей оболочке два электрона, должна быть равной массе двух протонов. В действительности мы наблюдаем другое. Масса атома гелия равна массе не 2 протонов, а 4. Азот, имеющий 7 электронов, должен иметь массу, равную массе 7 протонов. На самом деле атом азота имеет массу, равную массе не 7, а 14 протонов.

Вывод напрашивается сам собой: в атомном ядре, помимо протонов, находятся еще какие-то другие частицы.

Сначала было высказано предположение, что в состав ядра входят наряду с протонами электроны. При этом всегда число протонов в ядре больше, чем электронов, так, чтобы остающийся неуравновешенным положительный заряд ядра был равен отрицательному заряду всех электронов электронной оболочки. Такой взгляд на строение атомного ядра был некоторое время общепризнанным. Он подтверждался, казалось, и тем, что при самопроизвольном распаде радиоактивных веществ из них вылетают иногда электроны.

Однако скоро ряд расчетов и соображений заставил физиков отказаться от такого объяснения устройства ядра.

Правильное решение было найдено после того, как при опытах в 1932 году по «бомбардировке» альфа-частицами атомов бериллия была найдена новая частица, не имеющая электрического заряда. Она была названа ней-

троном. Масса этой частицы оказалась почти равной массе протона.

Как уже говорилось, для наблюдения микрочастиц ученые применяли вначале спинтарископ. Позднее ученые нашли способ делать видимыми и сами пути полета таких частичек.

Известно, что в воздухе, как правило, находятся водяные пары. Чем выше температура воздуха, тем большее количество паров воды он сможет содержать. С понижением температуры избыточные водяные пары обычно превращаются в мельчайшие капельки воды, становятся видимыми. Облака, туман, утренняя роса — все это и есть как раз охладившиеся и превратившиеся в мельчайшие капельки пары воды.

Замечено, что образование капелек воды из паров происходит легче всего вокруг пылинок, почти всегда находящихся в воздухе. Если же воздух очень чист, то сжижение водяных паров не наступает, даже если температура воздуха и сильно понижена. Однако стоит только загрязнить воздух пылью, дымом, как тут же вокруг каждой пылинки начнется образование капелек воды. Еще лучше водяные пары конденсируются, то есть сжижаются, на электрически заряженных частичках вещества. Вот это-то свойство водяных паров и используется в камере Вильсона — приборе, в котором можно воочию наблюдать полет быстро летящих заряженных частичек.

Основная часть камеры Вильсона — небольшой закрытый цилиндрический сосуд, дно которого представляет собой как бы поршень насоса (рис. 4). Сосуд наполнен воздухом, насыщенным водяными парами. Если теперь дно — поршень камеры Вильсона быстро опустить, то воздух, находящийся в ней, расширится, давление его упадет, а вместе с этим в камере понизится и температура воздуха. Однако заряженных частичек, на которых могли бы образовываться капельки воды, в воздухе камеры нет и сжижения паров в ней не наблюдается.

Но вот мы в камеру Вильсона направляем быстрые альфа-частицы. Они сталкиваются при своем полете с молекулами газов воздуха, находящегося в камере. При этом «пострадавшие» молекулы теряют электроны и становятся электрически заряженными — ионами — и в этом состоянии начинают играть роль зародышей микроскопических капелек: на электрически заряженных частичках

воздуха начинают образовываться из переохлажденного пара капельки воды. В результате на всем пути полета каждой такой частички образуется туманный след.

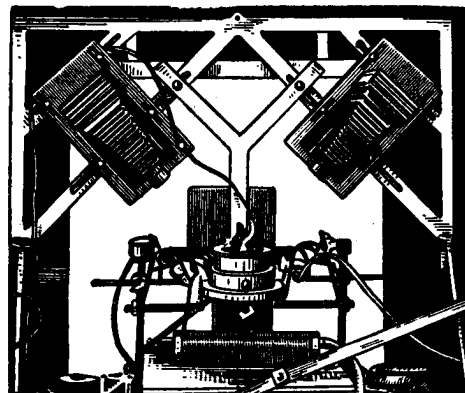
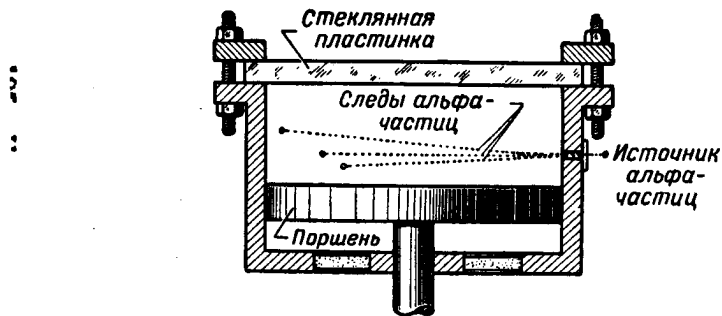


Рис. 4. Вверху — упрощенная схема камеры Вильсона. Внизу — внешний вид этого прибора.

Важное значение имело предложение известного советского физика — академика Д. В. Скобельцына — поместить камеру Вильсона между полюсами магнита. Это позволило не только видеть следы отдельных микрочастиц, но также определять скорость и знак заряда частиц.

Другой способ наблюдения и изучения различных заряженных частиц был предложен и осуществлен советским ученым Л. В. Мысовским, а позднее усовершенствован

ван А. П. Ждановым. Быстрые заряженные частицы, подобно лучам света, действуют на фотопластинку. Если такая частица пролетит через толстый светочувствительный слой специальной фотопластинки, она оставит в нем след. После проявления пластинки этот след будет иметь вид тонкой черной пунктирной линии. Следы частиц в светочувствительном слое изучаются затем под микроскопом, и по характеру следов ученые судят о скорости и других свойствах частиц. Наблюдение частиц таким способом носит название метода толстослойных пластинок.

Современным физическим прибором, позволяющим считать заряженные микрочастицы, является также счетчик Гейгера-Мюллера. Устройство его простое. Обычно — это небольшая металлическая трубочка, по оси которой протянута тоненькая проволочка. Проволочка и стенки трубочки сильно заряжаются: проволочка — положительным электричеством, трубочка — отрицательным. Другими словами, сюда подается высокое электрическое напряжение.

Когда сквозь такую трубочку, через ее стенки, пролетает электрически заряженная микрочастица, она, как и в камере Вильсона, сталкиваясь на своем пути с атомами газа, находящегося в трубочке, создает множество ионов. При этом положительные ионы устремляются к стенкам отрицательно заряженной трубочки, а выбитые из атомов электроны — к положительно заряженной проволочке. На своем пути они будут создавать новые ионы. В результате в трубочке возникает мгновенный электрический ток. Таким образом, каждая пролетающая через прибор микрочастица вызывает в нем как бы «толчок» — импульс электрического тока. Если такой импульс усилить, то можно слышать короткий щелчок.

Электрический ток течет через трубочку лишь одно мгновение — небольшую долю секунды. Когда такой ток прекращается после воссоединения электронов и ионов, прибор снова готов к действию.

Однако все эти способы хороши для заряженных частиц. Нейтроны же не ионизируют встречные атомы и молекулы. Водяной пар не будет сгущаться в тех местах, где эта частица проходила. На фотопластинке также не будет ее следа. Как же можно наблюдать эту частицу?

В этом случае нам остается лишь одно — улавливать столкновение нейтронов с какими-нибудь частицами, на-

пример с ядрами атомов. Под ударами нейтронов такие ядра получают быстрое движение и, как заряженные частицы, обнаруживают себя туманным следом. По этому следу можно установить, как движется нейтрон. Именно таким путем и были обнаружены впервые нейтроны.

Открытие нейтрона имело большое значение для учения о составе атомного ядра. Советским ученым Д. Д. Иваненко в 1932 году впервые была высказана идея о том, что ядра атомов состоят из нейтронов и протонов. Эта идея, получившая дальнейшее развитие в работах советских и зарубежных физиков, лежит в основе современного учения о строении атомного ядра. Ядро атома гелия, например, содержит 2 протона и 2 нейтрона (рис. 5). Таким образом, общая масса атома гелия равна массе 2 протонов и 2 нейтронов, а заряд его ядра — 2 элементарным зарядам (кстати говоря, это наиболее устойчивая комбинация из протонов и нейтронов). Ядро фосфора, имеющее заряд 15 и массу 31, построено из 16 нейтронов и 15 протонов и т. д.

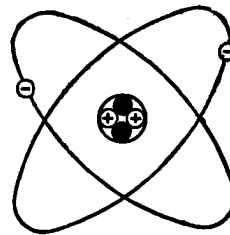


Рис. 5. Упрощенная схема атома гелия.

Нейтроны и протоны расположены в ядре очень тесно. Какими же силами связываются в ядре нейтроны и протоны? Может быть, это электрические силы? Но электрические силы должны вызывать отталкивание протонов друг от друга. Прочность ядра обусловлена тем, что в нем наряду с электрическими силами действуют особые, внутриядерные силы притяжения, природа, характер которых еще далеко не выяснены в подробностях. Эти силы действуют на очень малых расстояниях, сравнимых с размерами одной входящей в ядро частицы.

Ядерные силы взаимодействия огромны. Они и обеспечивают исключительную прочность атомных ядер.

#### Преобразование элементов

«Бомбардировка» атомных ядер позволила не только выяснить их строение, узнать, из чего состоят эти «атомные крепости». «Обстреливая» ядра различными «снаря-

дами», ученые наших дней пришли к замечательным открытиям.

Когда-то, в прошлом, алхимики безуспешно бились над задачей превращения одних элементов в другие. Однако многовековые попытки осуществить такое превращение окончились для алхимиков неудачей.

То, что не могли сделать алхимики, осуществили физики XX века. Но прежде они изучили, как такие процессы происходят в природе.

Речь идет о радиоактивном распаде. Как оказалось, при этом происходит именно то, чего добивались когда-то «создатели золота», — происходит превращение одних элементов в другие.

И в этом, собственно, нет ничего неожиданного. Ведь, как мы теперь знаем, различные химические элементы отличаются друг от друга величиной заряда атомных ядер. Значит, достаточно изменить заряд ядра у атомов какого-либо химического элемента, и он превратится тем самым в другой элемент. Такие изменения и происходят при естественном распаде радиоактивных элементов. Например атомы радия, распадаясь, превращаются в атомы тяжелого газа радона.

Каким образом осуществляется здесь превращение элементов друг в друга? Альфа-частички, вылетающие из радиоактивных веществ, — это не что иное, как ядра атомов гелия с массой (атомным весом) 4 и положительным зарядом 2. Таким образом, когда из ядра атома радия, масса которого равна 226 и заряд — 88, вылетает одна альфа-частица, то очевидно, что ядро радия изменяет свою массу и заряд. Масса атома вновь образовавшегося элемента будет 222, а заряд — 86. При этом перестраивается и электронная оболочка атома, она теряет два, теперь уже лишние, электрона. Значит, это уже не атом радия. Это атом тяжелого инертного газа радона.

Радон, как и радий, также радиоактивен.

Сходные превращения претерпевают и другие радиоактивные элементы: торий, уран и т. д. Естественный распад этих радиоактивных элементов с превращением их во все новые и новые элементы заканчивается появлением свинца.

Когда атом радиоактивного элемента излучает при своем распаде альфа-частицу, образуется новый атом, который имеет в периодической таблице порядковый но-

мер на 2 единицы меньше, другими словами, он займет в таблице место на две клетки левее исходного.

Известен также другой вид радиоактивного распада. Как мы уже говорили, при радиоактивном распаде выделяются и бета-лучи — быстро летящие электроны. Это означает, что ядра некоторых радиоактивных элементов распадаются с вылетом не альфа-частиц, а электронов. В этом случае происходит следующее: вылетающий из ядра электрон (этот электрон «рождается» в ядре в момент вылета; подробнее об этом рассказывается дальше, на стр. 53) как отрицательно заряженная частичка увеличивает положительный заряд ядра на 1. А раз изменяется заряд ядра — это опять-таки означает превращение элемента. В этом случае новый элемент занимает в таблице следующую клетку вправо. Таким путем распадается, например, элемент торий с массой 234 и зарядом 90; он превращается в элемент протактиний (масса 234, заряд 91). Ядро этого вновь образовавшегося элемента в свою очередь выбрасывает один электрон и превращается снова в уран — с массой 234 и зарядом 92.

Но ведь атомный вес урана, как известно, равен 238. Между тем здесь, при бета-распаде, мы получаем уран с массой 234. В чем тут дело? Мы уже говорили, что химические свойства атомов какого-либо элемента определяются только зарядом их ядер. Вес же ядра решающего значения для химических свойств элемента не имеет. Таким образом, уран с массой 238 и уран с массой 234 химически неразличимы.

Атомы одного и того же элемента, имеющие одинаковый заряд, но разный вес ядра, занимают в таблице Менделеева одно и то же место; их называют изотопами<sup>1</sup> («изос» — по-гречески — одинаковый, «топос» —

<sup>1</sup> Таким образом, ядра атомов каждого химического элемента имеют строго определенное количество протонов. Количество протонов в ядре определяет величину его общего заряда. Если количество протонов в ядре изменить, то изменяются все химические и физические свойства атома, то есть получится атом другого химического элемента. В неионизированном атоме количество протонов точно равно количеству электронов. В большинстве случаев химические элементы представляют собой смесь атомов, у которых количество протонов в ядре одинаково, а количество нейтронов разное. Такие разновидности атомов одного и того же химического элемента и называют изотопами.



место). Впервые с изотопами химических элементов учёные встретились при изучении радиоактивности: они образуются в цепочках радиоактивных превращений.

Число изотопов у различных элементов бывает самое различное. Медь, например (атомный вес 63,54), имеет устойчивые изотопы с атомным весом 63 и 65. Уран имеет три изотопа — с атомным весом 238, 235 и 234.

Именно потому что медь, олово, уран имеют изотопы с разной массой, средний атомный вес природной меди, природного олова, природного урана, представляющих

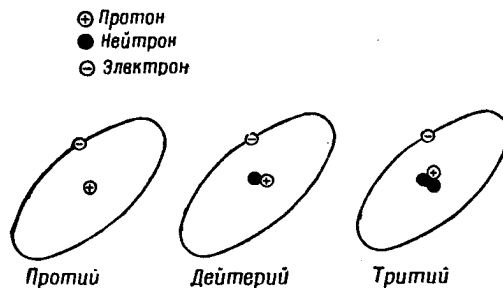


Рис. 6. На рисунке схематически изображены изотопы водорода — протий, дейтерий и тритий.

собой смесь изотопов, и получается дробным. Этим обстоятельством объясняются дробные числа атомных весов и у других элементов в менделеевской таблице.

Водород также имеет изотопы: легкий водород с массой 1 — протий и тяжелый водород с массой 2 — дейтерий; искусственно получают также тритий — изотоп водорода с массой 3 (рис. 6). Установлено, что в природной воде всегда содержится, помимо легкого водорода, и тяжелый изотоп — дейтерий, который образует так называемую тяжелую воду. Такая вода по своим свойствам сильно отличается от обычной воды. Она имеет другую температуру замерзания и кипения. В тяжелой воде не могут жить растения и животные. В настоящее время она играет большую роль в производстве атомной энергии.

Узнав, как происходят превращения элементов в природе, ученые осуществили опыты по превращению элементов друг в друга. Впервые это удалось сделать Резер-

форду в 1919 году, когда он «обстрелял» атомы обыкновенного азота альфа-частицами.

При «обстреле» азота (масса 14 и заряд 7) ядрами гелия (масса 4, заряд 2) последние «застревали» в атомных ядрах азота. При этом получалось ядро с массой  $14 + 4 = 18$  и зарядом  $7 + 2 = 9$ .

Это ядро элемента фтора. Однако такое ядро искусственно полученного фтора очень неустойчиво. Поэтому оно тут же распадалось, выделяя один протон, то есть ядро водорода. Оставшееся ядро превращалось в ядро изотопа кислорода (заряд 8 и масса 17). Так в XX веке было осуществлено первое действительное превращение химических элементов.

На рис. 7 изображен снимок столкновения альфа-частицы с атомом азота. Прямой след альфа-частицы расщепляется в точке столкновения на два следа в виде вилки. Короткий зубец вилки — след изотопа кислорода, длинный зубец — след протона.

Описанные превращения ядер, при которых в ядре изменяется число протонов или нейтронов, называются теперь ядерными реакциями; такие реакции и являются при известных условиях источником атомной энергии.

После первого удачного опыта с азотом ученые проделали в своих лабораториях опыты и с другими элементами. С помощью тех же «снарядов» — гелиевых ядер — было успешно осуществлено превращение алюминия в фосфор и кремний, натрия — в алюминий и магний и т. д.

Можно получить искусственным путем и золото — и именно из ртути, как мечтали об этом алхимики. В ядрах атомов ртути 80 протонов, в то время как у золота их 79. Значит, достаточно удалить из ядра ртути один протон, и оно превратится в ядро золота (правда, для этого нужны «снаряды» большей энергии, чем у альфа-частиц, вылетающих из радиоактивных веществ).



Рис. 7. Фотографический снимок столкновения альфа-частицы с атомом азота и образования изотопа кислорода (в камере Вильсона).

Сделать это можно, но получать таким путем золото не имеет практического смысла. Количества химических элементов, получаемых в результате таких ядерных реакций, ничтожны. Стоимость их поэтому очень высока, и золото, полученное искусственно, стоит значительно дороже обычного, природного.

Нашли ученые и другие «снаряды». Для «обстрела» атомов были успешно использованы очень быстрые протоны и ядра тяжелого изотопа водорода (дейтерия) — дейтроны. Правда, все эти «снаряды» обладали одним очень большим недостатком. Ведь и альфа-частицы, и протоны, и дейтроны — это положительно заряженные частицы вещества. В то же время и ядро каждого элемента, как мы знаем, несет положительный заряд.

Трудно поэтому ожидать частых попаданий таких «снарядов» в цель: ведь чем ближе к цели они подлетают, тем сильнее от нее отталкиваются.

Когда были открыты нейтроны, они также были использованы в качестве «снарядов». И эти «снаряды» оказались значительно лучше всех других. На них не влияют электрические силы, отталкивающие друг от друга одноименно заряженные тела.

Вместе с тем совершенствовалась и «атомная артиллерия» — различные приборы для «стрельбы» по атомам. Как мы уже говорили, первыми «снарядами» «атомной артиллерии» послужили альфа-частицы, вылетающие при радиоактивном распаде со скоростью 15—20 тысяч километров в секунду. Обладая большой энергией, эти частицы достигали иногда цели — разрушали ядра атомов. Однако во многих случаях их энергии оказывается недостаточно. Разрушить, расщепить ядро с помощью природной альфа-частицы можно только у легких атомов.

В поисках других, более мощных снарядов и были созданы специальные приборы — ускорители, являющиеся своеобразными «атомными пушками». В таких приборах атомные «снаряды» — протоны, ядра гелия и другие — разгоняются до громадных скоростей, которые намного больше скорости альфа-частиц радия. А чем больше скорость «снаряда», тем труднее его отклонить от прямого пути каким-либо посторонним силам, тем сильнее он ударит по ядру.

Новые атомные «снаряды» и новая атомная техника позволили успешно «бомбардировать» атомы всех эле-

ментов менделеевской таблицы. Число ядерных превращений скоро достигло тысяч.

Теперь известно несколько различных типов «атомных пушек». Такой пушкой служит, например, циклотрон, с помощью которого получают очень быстрые частицы. Основная часть прибора — мощный электромагнит. Между его полюсами находится полая цилиндрическая

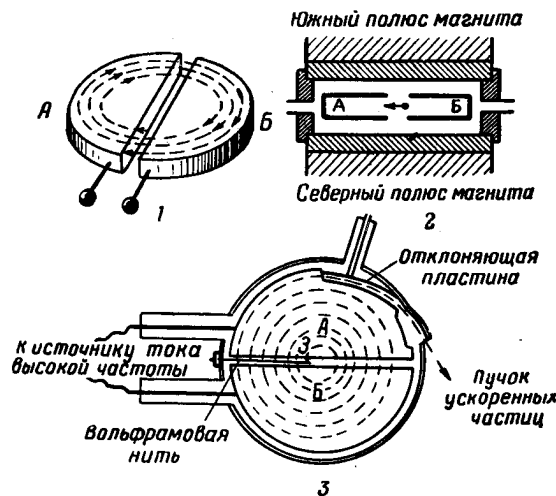


Рис. 8. Схема устройства ускоряющей камеры циклотрона:

1 — две половины камеры (А и В); 2 — расположение этих половин между полюсами магнита; 3 — пути частиц в камере.

коробка, разрезанная пополам (см. рис. 8). Заряженные частицы движутся по спирали внутри коробки под действием магнитных и электрических сил и при этом постепенно ускоряются.

Первый циклотрон был построен в 1932 году американским ученым Лоуренсом. С его помощью атомные «снаряды» — протоны, альфа-частицы и дейтроны — разгонялись до таких скоростей, что разрушали ядра многих химических элементов.

В последние десять лет появились еще более мощные «атомные пушки», которые позволяют получать частицы-

«снаряды» с очень большой энергией — бетатроны, синхротроны, синхроциклотроны (или фазотроны) и синхрофазотроны (или космотроны). Ускорение частиц в них происходит также под действием электрических и магнитных сил, но принцип ускорения иной, чем в циклотроне, — он был открыт советским физиком В. И. Векслером в 1944 году (и независимо от него в 1945 году — американским ученым Мак-Милланом) и носит название принципа «автофазировки».

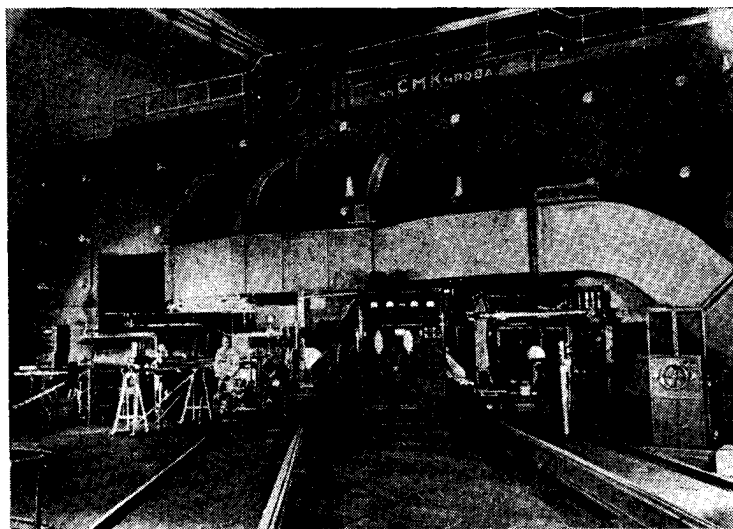


Рис. 9. Общий вид советского мощного ускорителя частиц (синхроциклотрона).

Это очень большие и сложные установки. Например, синхроциклотрон (рис. 9), построенный в нашей стране в Институте ядерных проблем Академии наук, занимает несколько этажей здания. Вес его электромагнита составляет около 7000 тонн.

В СССР сооружен самый мощный в мире синхрофазотрон. «Сердцем» этой установки служит громадный электромагнит весом около 36 000 тонн и диаметром свыше 50 метров! Тяжелые атомные «снаряды» — протоны будут проходить здесь по круговому пути, посте-

пенно ускоряясь, около 900 тысяч километров. Весь этот громадный путь, превышающий расстояние от Земли до Луны и обратно, протоны будут пролетать всего за 3,3 секунды!

В последнее время учеными созданы мощные ускорители и небольших размеров. Новая исключительно мощная «атомная артиллерия» позволяет исследователям атомного мира проникать глубоко внутрь ядра, осуществлять разнообразные ядерные превращения, получать все больше новых сведений о природе микрочастиц.

Приведем хотя бы такой пример. Небольшую пластинку из чистой меди обстреливали из фазотрона частицами с большой энергией в течение одного часа. После этого пластинку растворили в азотной кислоте. В растворе, кроме меди, оказались хром, цинк, железо, натрий и марганец! Все эти элементы образовались из атомов меди под действием «бомбардировки».

Осенью 1955 года в США при «бомбардировке» протонами медной мишени была открыта (искусственно получена) новая, неизвестная ранее микрочастица — антипротон, с массой равной массе протона, но имеющей отрицательный электрический заряд. Это важное научное открытие сделано с помощью очень мощного ускорителя. Несомненно, что наш еще более мощный синхрофазотрон даст в руки физикам новые возможности для изучения микромира, раскроет новые тайны строения вещества.

Но вернемся к нашему рассказу о том, как ученые открыли способы промышленного получения атомной энергии.

#### **Искусственная радиоактивность**

В 1934 году в лаборатории известных французских ученых Ф. Жолио-Кюри и И. Жолио-Кюри было сделано очень важное открытие, сыгравшее большую роль в развитии ядерной физики, успехи которой привели к овладению атомной энергией. При «бомбардировке» различных веществ были получены искусственные радиоактивные изотопы химических элементов.

Для создания одного из таких изотопов был использован бор, легкий элемент, занимающий в таблице Менделеева пятое место: в его ядре 5 протонов и 5 нейтронов. Средством воздействия были быстрые альфа-частицы.

Как и в опыте по превращению азота в кислород, альфа-частица, ударившись в ядро бора, застревает в нем. При этом из ядра вылетает один нейтрон, а оставшееся ядро оказывается уже другим: это уже не ядро бора, а ядро одного из изотопов азота.

Вот как это происходит: в ядро бора (масса 10, заряд 5) влетает альфа-частица (масса 4, заряд 2). Из образовавшегося ядра с массой 14 и зарядом 7 тут же вылетает один нейтрон (масса 1, заряд 0). При этом образуется изотоп азота с массой 13 и зарядом 7.

В отличие от природного азота с атомным весом 14 этот изотоп содержит в своих ядрах уже неодинаковое число протонов и нейтронов — 7 протонов и 6 нейтронов. И он неустойчив. Искусственно полученный изотоп азота оказался радиоазотом.

Таким же путем, «бомбардируя» альфа-частицами магний и алюминий, Жолио-Кюри получили еще два новых искусственных радиоактивных элемента — радиокремний и радиофосфор.

При этом они обнаружили еще одно интересное явление: искусственные радиоактивные вещества в ряде случаев выбрасывали новые, ранее не известные элементарные частички, по массе не отличающиеся от электронов, но имеющие положительный заряд. Такие частички были впервые обнаружены за два года до этого в космических лучах и названы позитронами.

Применяя для обстрела атомных ядер ядра гелия, протоны и нейтроны, физики скоро получили искусственные радиоизотопы всех нерадиоактивных элементов. Продолжительность «жизни» некоторых из них не превышает нескольких минут и секунд, а есть и такие, которые распадаются за тысячные и миллионные доли секунды. Все неустойчивые изотопы содержат в своих ядрах либо избыток, либо недостаток нейтронов по сравнению с устойчивыми изотопами. Так, ядро устойчивого, нерадиоактивного азота построено, как мы уже говорили, из 7 нейтронов и 7 протонов. А в ядре радиоактивного изотопа азота с массой 13 на 7 протонов приходится только 6 нейтронов. Ядро радиоактивного изотопа натрия с массой 24, наоборот, содержит в себе 13 нейтронов против 12, содержащихся в природном натрии.

Значит, только ядра с определенными соотношениями числа нейтронов к числу протонов являются устойчивыми.

Нарушается такое соотношение — и ядро атома становится радиоактивным. Распад ядра идет до тех пор, пока не восстановится нарушенное равновесие протонов и нейтронов, отвечающее какому-либо устойчивому ядру.

Образование искусственных радиоактивных элементов в природе происходит и без участия человека. Вот один пример. Как известно, основную массу воздуха составляет азот с массой 14. Падающие на Землю космические лучи выбивают нейтроны из ядер атомов, входящих в состав воздуха; эти нейтроны «бомбардируют» атомы азота. При этом из ядра атома азота вылетает протон, и азот превращается в тяжелый изотоп химического элемента углерода, медленно распадающийся. Количество этого радиоуглерода в воздухе постоянно — каждое мгновение образуется столько новых радиоактивных атомов углерода, сколько их распадается.

Открытие искусственной радиоактивности позволило физикам получить, например, четыре недостающих элемента менделеевской таблицы — технеций, прометий, астатин и франций. Они были получены искусственным путем как продукты радиоактивного распада искусственных радиоэлементов.

Дальнейшее изучение атома позволило разгадать и секрет возникновения в ядре электронов. Оказывается, что электрон «рождается» в тот самый момент, когда один из ядерных нейтронов превращается в протон. Никаких электронов до этого в ядре не существовало. Так, ядро искусственного неустойчивого изотопа натрия содержит в себе 13 нейтронов и 11 протонов. Такое ядро распадается с выделением электрона, и при этом образуется ядро уже с 12 протонами и 12 нейтронами — это устойчивый изотоп магния, встречающийся в природе.

Если же неустойчивый изотоп имеет недостаток нейтронов, то в этом случае при распаде ядра изотопа протон превращается в нейтрон; при этом выбрасывается позитрон.

Взаимное превращение нейтронов и протонов друг в друга с выделением элементарных положительно и отрицательно заряженных частичек, однако, совсем не означает того, что электрон входит в состав нейтрона или позитрон в состав протона. Они образуются, «рождаются», в момент превращения одной частички в другую.



Ясно, что такое превращение частичек происходит за счет уменьшения энергии возбужденного ядра.

Подобно этому элементарные частички света — фотоны — возникают в атоме при изменении его энергетического состояния, поэтому сказать, что фотоны были запряты где-то в атоме раньше, нельзя.

Изучая воздействие нейтронов на ядра различных элементов, ученые добрались и до последнего, самого тяжелого элемента таблицы — до урана. Ядро этого эле-

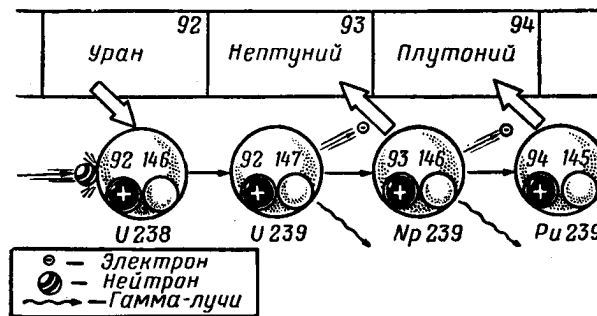


Рис. 10. Схема образования новых, заурановых элементов.

мента имеет самый большой вес — 238 и самый большой заряд — 92. Когда большая масса урана была обстреляна нейтронами, то оказалось, что нейтроны, поглощаемые ядрами урановых атомов, увеличивают массу этих ядер до 239. Полученный таким образом уран с весом 239 и зарядом 92 в отличие от своего изотопа 238, составляющего основную массу природного урана, распадается очень быстро — в течение нескольких десятков минут. Ядро урана 239 выбрасывает из себя не альфа-частицу, как ядра природного урана, а бета-частицу, то есть быстрый электрон. В результате такого распада заряд ядра увеличивается до 93, а вес остается тем же — 239. Получился новый элемент с порядковым номером 93 (рис. 10). Этот элемент был назван нептунием. Нептуний также неустойчив. Из его ядер вновь вылетает по электрону. Получается новый элемент с зарядом 94 и весом 239 — плутоний. Этот элемент распадается уже медленно (период полураспада 24 тыс. лет) с выделением альфа-частиц.

Нептуний и плутоний были получены в 1940 году. Позднее было получено еще семь новых элементов, расположенных в таблице Менделеева за ураном, поэтому они и называются заурановыми, или трансурановыми. Это — америций, кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий (см. таблицу на стр. 14—15). Таким образом, периодическая таблица элементов пополнилась в наше время новыми элементами, созданными искусственным путем.

Когда-то Д. И. Менделеев пророчески писал: «Между всеми известными химическими элементами — уран выдается тем, что обладает наивысшим атомным весом... Убежденный в том, что исследование урана, начиная с его природных источников, поведет еще ко многим новым открытиям, я смело рекомендую тем, кто ищет предметов для новых исследований, особо тщательно заниматься урановыми соединениями...»

Это предсказание блестяще оправдалось. Работы с ураном привели не только к созданию новых искусственных элементов, но и к получению атомной энергии.

Об этом мы сейчас и расскажем.

## II. АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

### Материя и энергия

Прежде чем говорить об атомной энергии, о ее получении, необходимо выяснить, что такое энергия.

Весь окружающий нас мир материален. Из материи состоит вся природа. Материя, которая, по определению В. И. Ленина, копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них, — это единственный носитель всех процессов, происходящих в природе, всего, что мы наблюдаем, ощущаем. Материя бесконечно разнообразна в своих проявлениях, она находится в постоянном изменении. Но при всех ее превращениях материя не исчезает и не создается вновь. Материя вечна.

Какие бы изменения, превращения ни происходили в природе, ничего не исчезает бесследно, ничто не появляется вновь из ничего. Вот, скажем, постепенно, незаметно для глаза мы снашиваем подошву ботинок. Она становится все тоньше и тоньше. Но значит ли это, что

кожа исчезает без следа? Конечно, нет. Мириады мельчайших частичек этого материала остаются на земле, на полу, на камне — во всех тех местах, где вы побывали в своих ботинках.

Или возьмем другой пример — горение свечи. По мере сгорания свеча все уменьшается, она как будто исчезает совсем. Но и это только видимость. В действительности при горении свечи образуются летучие вещества — газы, которые рассеиваются в воздухе. Простым опытом можно показать, что при горении свечи образуется по весу даже больше вещества, чем его было раньше, до того, как оно сгорело, так как образующиеся при горении газы присоединяют к себе еще кислород из воздуха. Для этого надо сделать лишь так, чтобы газы, образующиеся при горении, не разлетались в воздухе, а собирались в каком-либо сосуде.

Неотъемлемым свойством материи является ее движение. Ф. Энгельс писал, что вся природа, начиная от мельчайших частиц ее до величайших тел, находится в вечном возникновении и уничтожении, в непрерывном течении, в неустанном движении и изменении.

Движение — это форма существования материи. Нет и не может быть материи без движения, как нет и не может быть движения без материи. Этот вывод подтверждается всеми нашими знаниями о природе, о материи.

Кроме простого, механического движения — перемещения тел, мы знаем много других форм движения. Так, например, одной из таких форм является электричество.

Соответственно различным формам движения материи и говорят о различных формах энергии: механической, электрической, световой и других.

Таким образом, энергия неразрывно связана с материей; другими словами, материя всегда обладает энергией. Нет материи без энергии, так же как нет энергии без материи.

Энергию считают мерой движения материи. Ее можно назвать также способностью совершать работу.

Если тело может совершать работу, это значит, что оно обладает каким-то запасом энергии. Энергией обладает, например, движущийся воздух — ветер. Он приводит в движение ветродвигатели и таким образом совершает работу. Большие запасы энергии таит в себе движущаяся вода. Такую энергию — энергию движущегося

тела — называют кинетической. Кинетической энергией обладает любое движущееся тело. Величина этой энергии тем больше, чем больше масса тела и скорость его движения.

Поднимая какое-либо тело, мы сообщаем ему какой-то запас энергии. Пока это тело находится в покое, оно обладает энергией в скрытой форме. Такая энергия — энергия поднятого груза или иная скрытая энергия называется потенциальной. Например, поднимая гирию настенных часов, мы сообщаем ей определенный запас потенциальной энергии. Когда мы пускаем часы в ход, гирия постепенно опускается: энергия гири переходит в кинетическую энергию и приводит при этом в движение часовой механизм, то есть совершает работу.

Во всех машинах, когда они работают, происходит превращение энергии из одной формы в другую. Так, например, при сгорании угля в топке парового котла энергия топлива переходит в конечном счете в механическую энергию, которая приводит в движение различные машины.

Когда один вид энергии переходит в другой, то при этом всегда происходит изменение кинетической или потенциальной энергии тел.

Возьмем такой пример. Взаимному расположению атомов в молекуле соответствует определенная потенциальная энергия; ее называют химической энергией. Изменим расположение атомов в молекуле — при этом изменится и ее потенциальная энергия. Это происходит при химических реакциях.

Химические изменения представляют собой перегруппировки атомов. С точки зрения атомного строения вещества химическая реакция — это либо объединение атомов в молекулы, либо разложение одних молекул и образование других молекул.

Скажем, мы сжигаем светильный газ — метан. Молекула метана состоит из одного атома углерода и четырех атомов водорода. При горении к метану присоединяется кислород воздуха.

Из одной молекулы метана и двух молекул кислорода образуется одна молекула углекислого газа и две молекулы воды. При этом сумма внутренней потенциальной энергии молекулы метана и двух молекул кислорода оказывается больше суммы внутренних потенциальных

энергий молекулы углекислого газа и двух молекул воды.

Таким образом, в результате горения светильного газа уменьшается внутренняя потенциальная энергия частиц, участвующих в этой химической реакции. Часть этой энергии переходит в кинетическую энергию образовавшихся молекул. Другими словами, скорость движения вновь образовавшихся молекул углекислого газа и воды становится выше, чем скорость исходных продуктов реакции — молекул метана и кислорода. А повышение скорости движения молекул означает повышение температуры тела. Вот почему при горении светильного газа и выделяется теплота. Она возникает за счет внутренней потенциальной энергии вещества.

Такое же изменение потенциальной и кинетической энергии происходит при сжигании других горючих веществ — дров, угля, нефти. Если же какая-нибудь химическая реакция идет с поглощением тепла, то это означает, что исходные молекулы движутся быстрее вновь образующихся; потенциальная энергия молекул, полученных в результате такой реакции, больше, чем потенциальная энергия исходных молекул.

В XIX веке, когда ученые стали изучать взаимные переходы различных видов энергии, было установлено, что при всех превращениях энергии ее общее количество не изменяется. Другими словами, энергия не может исчезать бесследно и не может быть создана вновь из ничего.

Законы сохранения вещества и энергии являются в наши дни основой всех наук о природе, основой самых разнообразных расчетов в технике. Они глубоко связаны друг с другом. В 1905 году известным физиком А. Эйнштейном был установлен закон, подтверждающий тесную, неразрывную связь материи и ее движения — закон взаимосвязи массы и энергии. Большое значение для установления этого закона имели опыты выдающегося русского физика П. Н. Лебедева, которые показали, что свет оказывает давление на тела.

Закон выражается такой формулой:

энергия = масса  $\times$  скорость света в квадрате.

Из этого соотношения следует, что даже очень небольшое количество вещества, переходя в излучение, должно породить излучение огромной энергии.

Не надо думать, что при таком переходе масса превращается в энергию. Излучение также обладает массой. При всяких превращениях сохраняются как общее количество массы, так и общее количество энергии. Может измениться только вид массы или вид энергии.

Некоторые буржуазные ученые — идеалисты пытаются исказить закон взаимосвязи массы и энергии для того, чтобы «опровергнуть» одно из основных положений диалектического материализма — закон сохранения материи. Они утверждают, что из закона взаимосвязи следует будто бы, что материя и энергия могут взаимно превращаться друг в друга. Другими словами, материя способна исчезать, она не вечна.

Такое представление совершенно неверно: оно извращает подлинное, научное содержание закона взаимосвязи массы и энергии, который говорит лишь о том, что материя и ее движение неразрывны, что в природе нет и не может быть энергии без материи, как нет и не может быть материи, лишенной энергии, лишенной движения. Говорить о взаимных превращениях энергии и материи абсурдно, ибо энергия характеризует лишь одно из свойств материи — ее движение.

Итак, со всяким веществом связано огромное количество энергии. Нужно только суметь ее освободить, то есть найти такой способ, который позволил бы, затратив малое количество энергии, получать значительно больше энергии.

Именно такой способ и осуществляется при получении атомной энергии, энергии атомных ядер.

#### **Чему равна энергия невидимых частиц?**

Величина отдельных атомов и молекул исключительно мала. Среди мельчайших живых существ есть много невидимых невооруженным глазом — бактерий. Даже под микроскопом, при увеличении в 1000—1500 раз, такие существа выглядят в виде очень маленьких, едва заметных палочек, запятых, завитков. Однако по сравнению с атомами бактерии — это великаны. В каждой бактерии атомов значительно больше, чем людей во всех странах света!

Если расположить вплотную один к другому сто миллионов атомов, то их цепочка протянулась бы всего на один сантиметр.

И вот в этих мельчайших частицах вещества скрыта огромная энергия. И это совсем не удивительно, если мы вспомним о соотношении

энергия = масса × скорость света в квадрате.

Теоретические расчеты показывают, что один грамм какого-либо вещества — алюминия, урана, водорода — связан с энергией, какую мы можем получить от сжигания 3000 тонн каменного угля!

Закон взаимосвязи массы и энергии имеет большое значение для подсчетов внутриядерной энергии. Пользуясь этим законом, определяют величину энергии, связанной с ядрами различных химических элементов, а также вычисляют, какая энергия выделяется при ядерных превращениях.

Впервые с выделением атомной энергии ученые встретились еще при открытии естественной радиоактивности. Атомы радиоактивных элементов выделяют при своем распаде большое количество энергии. Но ведь эта энергия выделяется небольшими порциями в течение очень длительного времени, и ускорить выделение энергии мы не можем. Поэтому естественный радиоактивный распад химических элементов не может служить мощным источником атомной энергии. Он лишь наглядно показывает нам, откуда мы можем черпать большую энергию.

Как мы уже знаем, при радиоактивном распаде атомов происходит преобразование атомных ядер, то есть, другими словами, протекают ядерные реакции. В результате этих реакций и выделяется та громадная энергия, которую мы называем атомной.

Если сравнить энергию, выделяющуюся при обычных химических реакциях, скажем, при горении топлива, с энергией, которая выделяется при некоторых ядерных превращениях, то окажется, что ядерная энергия в миллионы раз больше энергии химической. Таким образом, химическая энергия вещества — это лишь очень небольшая доля энергии его мельчайших материальных частиц — атомов. Основная часть энергии атомов скрыта в атомных ядрах. Объясняется это тем, что силы взаимодействия ядерных частиц очень велики. Они несравненно больше сил взаимодействия атомов и молекул. Гораздо легче изменить расположение частиц в молекуле, чем осуществить перестановку частиц в исключительно проч-

ном атомном ядре. Чтобы вырвать из ядра один протон или один нейтрон, необходима значительная энергия. Еще больше надо затратить энергии для того, чтобы полностью разделить атомное ядро на частицы, из которых оно состоит. В ядре действуют могучие ядерные силы. Но раз это так, то понятно, что при осуществлении ядерной реакции мы можем ожидать выделения очень большой энергии.

Таким образом, путь промышленного получения ядерной, или атомной, энергии ясен. Надо научиться осуществлять в большом количестве такие ядерные реакции, при которых в короткое время выделялась бы большая кинетическая энергия.

В 30-х годах нашего столетия задача получения энергии из недр атомных ядер была уже близкой возможностью. В руках физиков была уже атомная «артиллерия», были атомные «снаряды», с помощью которых можно было осуществлять ядерные реакции, а главное, было знание мира малых частиц, знание его устройства, особенностей и закономерностей. В физике атомного ядра началась эпоха великих открытий.

Ученые многих стран, в том числе и ученые СССР, приняли участие в этих великих завоеваниях науки.

#### **Освобожденная энергия**

Подобно химическим реакциям, ядерные превращения могут протекать как с выделением энергии, так и с поглощением ее. Например, превращение азота в кислород, осуществленное Резерфордом в 1919 году, идет с поглощением энергии.

Ядерная реакция, освобождающая большие количества внутриядерной энергии, впервые была осуществлена в 1932 году. В этом году физиками были «обстреляны» протонами ядра атомов химического элемента лития. Было установлено, что при попадании протона в ядро атома лития происходит распад полученного ядра на две альфа-частицы и при этом выделяется огромная энергия. Эта энергия выделяется в виде кинетической энергии альфа-частиц, то есть энергии их движения.

Однако от этого опыта было еще далеко до практического использования ядерной энергии. Слишком еще мала была здесь вероятность попадания протона в ядро лития. Как показали расчеты, из целого миллиона «снарядов»



только один-единственный протон попадает при такой «стрельбе» в цель. Остальные 999 999 «снарядов» летят мимо. Естественно, что такой способ получения атомной энергии не годился. Для освобождения из ядра заметных количеств энергии потребовалось бы очень много «снарядов» — протонов. А на их получение затрачивается очень большая энергия. В результате никакого выигрыша энергии получить не удастся.

Надо было искать другой способ.

Когда были открыты нейтроны, они оказались, как уже говорилось, более меткими «снарядами». Если создать соответствующие условия, каждый нейтрон будет попадать в цель и производить то или иное ядерное превращение. Однако и в этом случае задача получения атомной энергии не решается. Дело в том, что для получения нейтронов необходимо затрачивать еще большую энергию, чем для получения протонов. Чтобы получить один нейтрон, надо затратить многие тысячи протонов.

Частицы, которыми физики расщепляли ядерное «топливо», оказывались дороже самой энергии, которая выделялась при делении атомных ядер. И это было понятно. Ведь описанные ядерные реакции не развиваются сами собой, как протекает, например, химическая реакция горения. При горении топлива нам нужно только зажечь его в каком-то одном месте. После этого химическая реакция горения будет идти сама собой, без постоянного поджигания. Возьмем, скажем, сухое полено. Достаточно его зажечь с одного конца, и полено уже будет гореть само.

Такая реакция называется цепной, саморазвивающейся; превращения отдельных молекул здесь идут одно за другим, по цепочке. Что происходит при этом? Древесина состоит в основном из молекул, содержащих углерод. Когда мы зажигаем дерево, его молекулы под влиянием высокой температуры разлагаются. Углерод соединяется с кислородом, образуя углекислоту. При этом выделяется большое количество теплоты, которая, нагревая топливо, заставляет разлагаться следующие молекулы. Так процесс и идет до тех пор, пока не сгорит полено.

Совсем иную картину мы наблюдаем в тех ядерных превращениях, о которых говорилось выше. Чтобы освободить ядерную энергию, приходится расщеплять ядра каждого из атомов в отдельности в том куске вещества,

из которого мы получаем атомную энергию. При каждом попадании в ядро расщепляется только это ядро, и его распад не вызывает такого же превращения других, соседних ядер. Сама собой, по цепочке, ядерная реакция не идет. Вот почему ожидать от такой реакции значительного эффекта нельзя. Как бы дешево нам ни обходились отдельные атомные «снаряды», получение больших количеств атомной энергии все равно будет стоить очень дорого: для того чтобы разделить таким путем ядра атомов даже совсем небольшого куска ядерного «горючего», потребуется слишком много нейтронов.

Надо искать какие-то другие ядерные реакции, способные дать большую энергию без такой затраты атомных «снарядов». Естественно, напрашивается мысль о том, чтобы осуществить цепную ядерную реакцию. Но как же это можно сделать? Задача была решена при «бомбардировке» ядер урана медленными нейтронами.

Первым такой «бомбардировкой» занялся в 1934 году известный итальянский физик Э. Ферми. При этом скоро были обнаружены какие-то радиоактивные изотопы, которые распадались с выбросом бета-частиц. Ученые предположили сперва, что здесь получаются новые элементы, более тяжелые, чем уран. Но затем было установлено, что это не так. Изучая природу радиоактивных изотопов, образующихся при «бомбардировке» урана медленными нейтронами, сначала И. Жолио-Кюри и югославский физик П. Савич, а затем, в 1939 году, немецкие радиохимики О. Ган и Ф. Штрассман установили новое очень интересное явление: оказывается, что в некоторых случаях ядро урана, захватив нейтрон, раскалывается на две части, примерно одинаковые по массе. В результате получаются два новых ядра, например ядра атомов криптона и бария, а также других элементов, стоящих в середине менделеевской таблицы. Эти ядра радиоактивны.

Теория такого деления атомных ядер была разработана в том же году советским физиком Я. И. Френкелем и зарубежными учеными Н. Бором и Д. Уилером. Это был совсем новый тип ядерной реакции. При всех превращениях ядер, какие физики знали до 1939 года, основная масса атомного ядра оставалась неизменной. «Снаряд», который попадал в ядро, — альфа-частица, протон, нейтрон — либо застревал в нем, либо выбивал из

ядра какую-нибудь частицу. Вновь образующийся элемент стоял в периодической системе недалеко от разбитого. Здесь же происходит иное: ядро делится на две части, которые представляют собой ядра элементов, далеко отстоящих от урана. При этом выделяется в течение короткого времени огромная энергия, которая в десятки и сотни раз больше, чем в других, ранее известных физикам ядерных реакциях, и в десятки миллионов раз больше, чем химическая энергия. Например, деление ядер одного грамма урана сопровождается выделением такого количества энергии, которого достаточно для того, чтобы нагреть до кипения 200 тонн воды.

Ядро урана имеет большой электрический заряд. Он в 92 раза больше заряда ядра водорода. Когда в ядро урана попадает «нейтронный снаряд», он приводит ядро в возбужденное состояние, и оно делится на две половины. Оба «осколка» имеют электрические положительные заряды. Благодаря этому между ними возникают большие силы отталкивания. Ядра-«осколки» с огромной скоростью — тысячи километров в секунду! — разлетаются в разные стороны. Сталкиваясь с атомами окружающих веществ, ядра-«осколки» передают им свою кинетическую энергию. Энергия движения «осколков» переходит в энергию беспорядочного теплового движения молекул окружающих веществ. Происходит сильное нагревание среды, в которой протекает ядерная реакция.

Но самым интересным в этой ядерной реакции оказалось другое — при делении ядра урана вылетают свободные, так называемые вторичные нейтроны. Из разбитого первым нейтроном ядра вылетают несколько новых нейтронов (в среднем 2—3), которые способны вызывать деление новых ядер и создавать тем самым еще большее число ядерных «снарядов».

Вот почему это происходит. Ядра тяжелых химических элементов содержат значительно больше нейтронов, чем протонов. У более легких атомов соотношение нейтронов и протонов в ядре иное: число нейтронов только немного выше числа протонов. Поэтому, когда ядро урана разделяется на два новых, более легких ядра, в них остается меньше нейтронов, чем было в уране. Часть лишних нейтронов и вылетает при делении ядра.

Таким образом, стоит только расколоть одно-единственное ядро урана, как уже дальше, при соответствующих

условиях, реакция расщепления ядер будет очень быстро нарастать не прекращаясь (рис. 11). А вместе с этим будет выделяться все большая и большая энергия.

Теперь вещества, которые могут быть использованы для осуществления цепной ядерной реакции, принято называть ядерным «горючим». Деление ядер урана или плутония в настоящее время используется, например, для

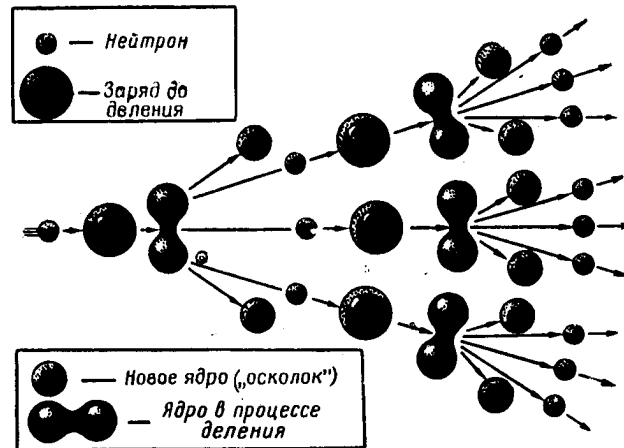


Рис. 11. Схема цепной ядерной реакции в уране. При каждом делении ядра урана образуется 2—3 новых нейтрона, которые вызывают деление последующих ядер.

получения энергии на атомных электростанциях. Саморазвивающаяся ядерная реакция может носить взрывной характер. Такая реакция называется атомным взрывом. В этом случае в течение очень короткого промежутка времени выделяется огромное количество атомной энергии. Ядерная реакция взрывного характера служит источником энергии атомных бомб.

Итак, саморазвивающаяся цепная ядерная реакция была найдена. Но для того чтобы таким путем действительно освободить большие количества атомной энергии, ученым предстояло еще решить ряд неясных вопросов.

Прежде всего возникает такой вопрос: если ядра урана могут под действием нейтрона делиться с образо-

ванием вторичных, свободных нейтронов, то почему же в природном уране не происходит цепной реакции? Почему уран существует в природе не взрываясь? Ведь в него, без сомнения, попадают нейтроны из окружающих тел, выбиваемые космическими лучами. Возникают свободные нейтроны и в самом уране. Советские ученые Г. Н. Флеров и К. А. Петржак открыли, что в уране всегда имеются такие нейтроны, которые способны начать цепную ядерную реакцию. Оказывается, некоторые ядра урана делятся на «осколки» самопроизвольно и при этом также выбрасывают из себя свободные нейтроны. В куске урана весом в один килограмм каждую секунду появляется 10—15 таких нейтронов. Однако, как уже было сказано, под действием нейтронов ядра урана делятся не всегда. Одновременно с делением происходит также процесс образования новых, заурановых элементов — нептуния и плутония, причем в этом случае нейтроны захватываются ядром и цепной реакции в уране не возникает.

В поисках разгадки ученые прежде всего решили установить, какие именно нейтроны способны вызывать деление урановых ядер. «Атомные снаряды» могут иметь разную энергию, разные скорости. Можно, например, получить очень быстрые нейтроны со скоростью 10—15 тысяч километров в секунду; энергия таких нейтронов очень велика. Но можно использовать для «обстрела» атомных ядер и медленные нейтроны, нейтроны малых энергий, скорость движения которых составляет лишь десятки километров в секунду. Замедляя различными способами быстрые нейтроны, можно получать и очень медленные, или, как их называют, тепловые нейтроны; скорость таких нейтронов составляет обычно несколько километров в секунду.

Какие же из этих нейтронов могут производить деление ядер урана? Опыты, проведенные Ферми и другими учеными, показали, что не только быстрые, но и медленные (тепловые) нейтроны способны разрушать урановые ядра. Таким образом, чтобы разбить ядро урана, важно только одно — попасть в него нейтроном. Выходит, причину того, что в природном уране не происходит цепной ядерной реакции, надо искать в другом. В чем же?

Природный уран состоит из трех различных изотопов. Главную массу его составляет уран с атомным весом 238 — уран 238; его в естественном уране больше 99 про-

центров; 7 атомов из 1000 принадлежат изотопу с атомным весом 235, что составляет 0,7 процента (период полураспада урана 235 равняется 710 миллионам лет). И существует еще один изотоп урана — уран 234, его в естественном уране содержится всего 0,006 процента, то есть 6 атомов из каждых 100 тысяч. Доля урана 234 так мала, что он никакого практического значения не имеет.

Естественно возник вопрос: делятся ли под действием нейтронов ядра всех изотопов урана? Или, быть может, какой-нибудь из его изотопов не участвует в процессе деления?

Для решения этого вопроса потребовалось получить изотопы урана в чистом виде. Как только это было сделано, ответ на интересующий ученых вопрос был найден. Оказалось, что тепловые нейтроны делят только ядра урана 235. А уран 238, которого больше всего в природном уране, такими нейтронами не делится; взорвать ядро урана 238 может только нейтрон, обладающий очень большой энергией. Медленные же нейтроны поглощаются ураном 238, не вызывая деления, а приводя к образованию нептуния и плутония. Поэтому цепная ядерная реакция и не идет в природном уране.

Допустим, что под воздействием быстрого нейтрона в куске природного урана произошло деление одного ядра урана 235 или урана 238. При этом выделится несколько вторичных нейтронов. Если один из них попадет в ядро урана 235, то произойдет новое деление ядра. Однако из тысячи атомов естественного урана только 7 принадлежат изотопу с массой 235. Поэтому, вероятнее всего, новые, вторичные нейтроны столкнутся не с ядром 235, а с ядром 238. Но ядра урана 238 практически уже не делятся вторичными нейтронами; чаще всего такие нейтроны поглощаются ядрами урана 238 с образованием заурановых элементов. Объясняется это тем, что, двигаясь в веществе, вторичные нейтроны сталкиваются с его атомами и быстро теряют свою скорость, свою энергию. Новых нейтронов не выделится, цепная реакция прекратится. Итак, ядро урана 235 можно разбить, разделить на части как быстрыми, так и медленными «снарядами», а ядро урана 238 делится только очень быстрыми нейтронами.

Таким образом, чтобы получить атомную энергию в больших количествах, необходимо иметь в чистом виде

изотоп урана с массой 235. Однако это совсем не так легко сделать. Для разделения изотопов можно воспользоваться только теми их свойствами, которые зависят от массы, например различием их атомных весов. Для урана это различие очень мало, оно составляет всего около полутора процентов. Поэтому разделение столь мало различающихся между собой изотопов урана представляет собой задачу большой трудности. Чтобы выделить какой-либо изотоп в чистом виде, процесс разделения приходится повторять сотни и тысячи раз. На это затрачивается очень много энергии, много времени. Например, поступают так: природную смесь изотопов урана переводят в газообразное состояние и пропускают газ через особые пористые перегородки с очень маленькими отверстиями (в одном из первых образцов были тысячи отверстий в одном квадратном сантиметре). При этом более легкие изотопы просачиваются несколько быстрее, чем тяжелые. Многократно повторяя такой процесс, можно получить изотоп урана 235 в чистом виде.

Чистота урана 235 имеет весьма существенное значение. Мы уже говорили о том, что тепловые нейтроны лучше всего делят ядра урана 235. Они играют главную роль в развитии цепной реакции. Но если уран 235 будет содержать какие-то примеси, то они будут поглощать тепловые нейтроны, и деление ядерного «горючего» прекратится.

Так было найдено первое ядерное «горючее» — уран 235, из которого можно извлекать атомную энергию. Кроме того, было установлено, что таким же ядерным «горючим» является другой изотоп урана — уран 233 и плутоний 239. Как и уран 235, они также делятся под действием нейтронов с выделением атомной энергии.

Таким образом, в настоящее время нам известно три сорта ядерного «горючего» — уран 235, уран 233 и плутоний 239. Из них только уран 235 находится в природе в естественном состоянии. В последнее время обнаружены следы плутония в природе. Однако запасы его ничтожно малы и промышленного значения иметь не могут. Уран 233 и плутоний 239 получают искусственным путем из природных радиоактивных элементов — тория и урана.

Успехи атомной физики открыли перед человечеством богатейшие возможности для развития производительных

сил. Однако это величайшее достижение науки было направлено в капиталистических странах прежде всего на дело разрушения. Работы физиков по расщеплению атомных ядер позволили создать оружие, действие которого основано на использовании атомной энергии.

### III. АТОМНОЕ ОРУЖИЕ

#### Атомная бомба

**К**ак известно, в настоящее время существуют два вида атомного оружия — атомное оружие взрывного действия и боевые радиоактивные вещества. Основное из них — атомное оружие взрывного действия. В нем используется цепная ядерная реакция, протекающая в течение очень короткого времени в форме взрыва. Это оружие предназначается для поражения живой силы, для разрушения различных сооружений, уничтожения или повреждения боевой техники.

Первым атомным оружием была атомная бомба, созданная в годы второй мировой войны. С нее мы и начнем наше знакомство с атомным оружием.

Основная часть атомной бомбы — ядерное «горючее», или, лучше сказать, заряд ядерного взрывчатого вещества, атомные ядра которого способны делиться под воздействием нейтронов и выделять при этом огромную энергию.

Ядерным ВВ в атомной бомбе могут быть все три вида ядерного «горючего» — уран 235, плутоний 239 и уран 233.

Известно, что первая атомная бомба, сброшенная американцами в 1945 году в Японии над городом Хиросима, была снаряжена ураном 235, а вторая, сброшенная над городом Нагасаки, — плутонием 239. В настоящее время в качестве ядерного ВВ используют главным образом плутоний 239, производство которого дешевле, чем урана 235.

Цепная реакция (если имеется вполне определенное количество ядерного ВВ) протекает исключительно быстро, за ничтожно малые доли секунды. За это время выделяется огромная энергия. Происходит не спокойное «горение» ядерного «горючего», а взрыв колоссальной силы.



Для взрыва ядерного «горючего» необходимо воздействие нейтронов, которые играют в атомной бомбе роль капсуля-детонатора. Цепная ядерная реакция, начатая нейтронами, пойдет дальше сама по себе, развиваясь подобно грозной лавине, низвергающейся с горы.

Сила взрыва ядерного ВВ в миллионы раз превосходит силу взрыва других взрывчатых веществ. Например, при делении всех ядер атомов 1 килограмма урана  $^{235}$  в течение миллионных долей секунды освобождается энергия, примерно равная энергии взрыва 20 тысяч тонн тротила. Причину этого легко понять, если вспомнить, что при взрыве обычных взрывчатых веществ происходят химические, а не ядерные реакции, энергия которых в миллионы раз меньше энергии, выделяющейся при ядерных реакциях.

Чтобы вызвать атомный взрыв, нужно иметь вполне определенное количество делящегося ядерного ВВ. Наименьшее количество ядерного ВВ, необходимое для взрыва, называют критической массой, или критическим количеством. Если количество урана  $^{235}$  или плутония  $^{239}$  меньше критической массы, цепная реакция не пойдет. Определенная масса ядерного ВВ необходима для того, чтобы число нейтронов, выделяющихся при расщеплении атомных ядер, очень быстро нарастало. В куске, масса которого меньше критической, этого не происходит: много нейтронов уходит наружу до того, как они произведут ядерное деление, и цепная реакция прекращается.

Если же масса ядерного ВВ равна или превышает критическую, то достаточно попасть в нее случайным нейтроном, как цепная реакция начнет бурно развиваться. А искать такие нейтроны не приходится. Для этого совсем не нужно прибегать к помощи «ядерной артиллерии». Как уже говорилось, в уране всегда имеются свободные нейтроны, способные начать цепную ядерную реакцию. Таким образом, если заряд ядерного ВВ равен или превышает критическую массу, он самопроизвольно взрывается. Поэтому хранить такое ядерное ВВ можно только в небольших кусках, масса каждого из них должна быть меньше критической.

Чтобы получить взрыв, достаточно соединить вместе два (или больше) небольших куска ядерного ВВ так, чтобы их общая масса превысила критическую.

Отсюда можно понять, как должна быть устроена атомная бомба. В простейшем случае в ней должны быть заложены две части заряда ядерного ВВ отдельно один от другого (рис. 12). Масса каждой части заряда должна быть меньше критической, а их общая масса больше критической. Чтобы вызвать взрыв, надо очень быстро соединить части заряда ядерного ВВ вместе. Для этой цели в бомбе позади кусков урана помещаются заряды обычного взрывчатого вещества, например тротила, и установлено специальное, автоматически действующее в нужный момент взрывающее устройство. Когда тротил взрывается, в бомбе происходит как бы выстрел обеими частями заряда ядерного ВВ друг по другу, в результате чего его масса становится больше критической и ядерное ВВ взрывается.

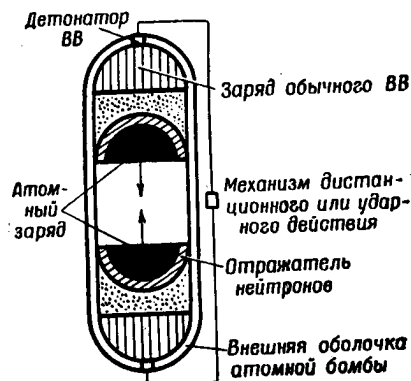


Рис. 12. Принципиальная схема устройства атомной бомбы.

Почему необходимо быстрое сближение отдельных частей заряда ядерного ВВ? Потому что от этого зависит полнота протекания цепной ядерной реакции, а следовательно, и мощность взрыва. Дело в том, что при взрыве атомной бомбы часть заряда ядерного ВВ разбрасывается силой взрыва еще до деления; далеко не все атомные ядра заряда делятся в процессе взрыва. А это, естественно, снижает энергию взрыва. Чем быстрее развивается взрыв по сравнению со скоростью разброса, тем большая часть заряда ядерного ВВ успеет разделиться. Если мы будем сближать части заряда ядерного ВВ медленно, то число ядер, не успевших разделиться под действием вторичных нейтронов, будет очень велико. Это объясняется тем, что цепная реакция в ядерном горючем начинается еще до того, как отдельные его части соединятся друг с другом, то есть в момент, когда они разделены еще небольшим промежутком. В этом случае атом-

ная бомба вследствие перегрева может разрушиться на части не взорвавшись.

Куски ядерного ВВ и заряд обычного ВВ с взрывателем помещают в толстую оболочку из очень прочного, тяжелого, тугоплавкого сплава, отражающего нейтроны. Такая оболочка несколько задерживает преждевременный разлет заряда ядерного ВВ в момент взрыва бомбы, что способствует более полному протеканию цепной ядерной реакции и, следовательно, увеличивает мощность атомного взрыва. Преждевременному разлету атомного заряда в момент взрыва бомбы препятствует также давление, возникающее при взрыве обычного взрывчатого вещества.

Величина критической массы заряда ядерного ВВ в бомбах разной конструкции может быть различной. Она зависит от формы заряда, от материала, из которого сделана оболочка бомбы, и от других факторов. В частности, критические размеры заряда можно несколько понизить, если окружить его в бомбе отражателем нейтронов, который возвращает значительную часть вылетающих из урана нейтронов обратно в зону ядерной реакции.

Расчеты показывают, что вес критической массы урана 235, имеющей форму шара, может составить примерно один килограмм. Для других форм атомных зарядов он несколько больше. Однако практически вес ядерного заряда в атомных бомбах значительно больше (от нескольких килограмм до нескольких десятков килограмм). В чем причина этого? В том, что хотя оболочка атомных бомб делается из таких материалов, которые обеспечивают ее достаточную прочность, часть заряда ядерного ВВ, заключенного в атомной бомбе, как уже говорилось выше, не успевает вступить в ядерную реакцию и разбрасывается силой взрыва до деления вместе с оболочкой.

В иностранной печати указывалось, что в атомных бомбах, сброшенных с самолетов в Японии, вес атомного заряда был предположительно порядка 50 килограмм. Общий же вес этих бомб составлял от 4 до 10 тонн. Таким образом, основной вес атомной бомбы падает не на ее заряд, а на оболочку. Общий вес современных атомных бомб также довольно велик — от нескольких сотен килограмм до нескольких тонн.

Энергию взрыва атомных бомб обычно сравнивают с энергией взрыва тринитротолуола, или, как его еще называют, тротила (тола). Американские атомные бомбы,

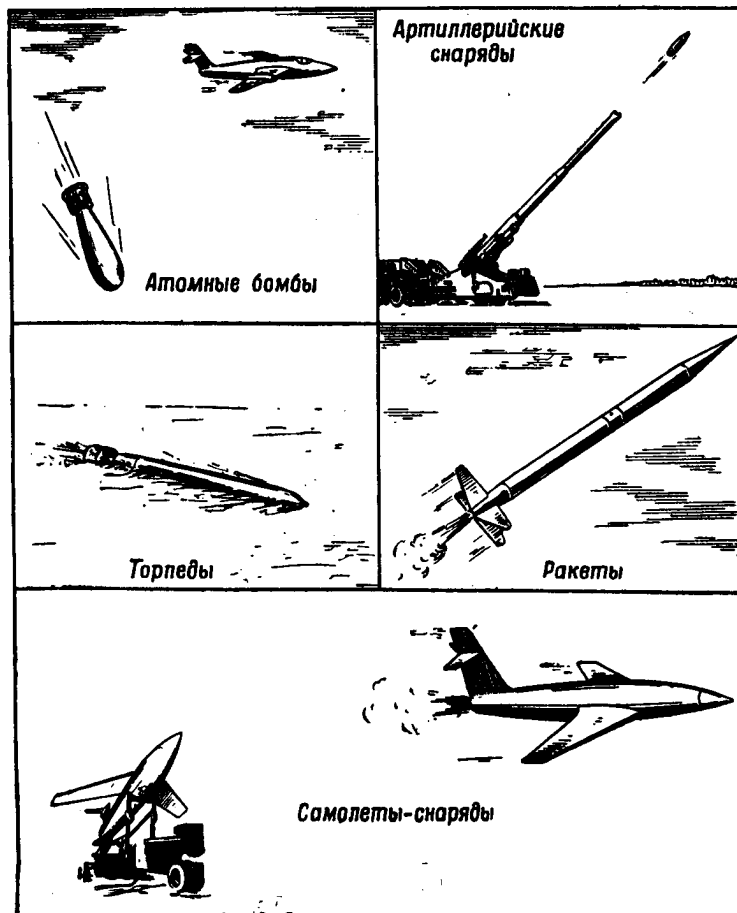


Рис. 13. Возможные виды атомного оружия взрывного действия.

сброшенные в 1945 году в Японии, по количеству энергии, выделенной из заряда ядерного ВВ, были равноценны взрыву 20 тысяч тонн тротила. Как говорят, их тротиловый эквивалент был равен 20 тысячам тонн.

Тротиловые эквиваленты современных атомных бомб находятся в пределах от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч тонн. В иностранной печати приводятся, например, такие тротиловые эквиваленты атомных бомб — 2, 15, 20, 75, 100, 200, 500 тысяч тонн.

В настоящее время атомное оружие взрывного действия известно в виде атомных, водородных бомб, атомных артиллерийских снарядов, торпед, ракет и самолетов-снарядов (рис. 13). Поражающее действие всех этих видов атомного оружия в качественном отношении одинаково. Различие может быть только в мощности взрыва, в зависимости от величины заряда, применяемого у каждого из них.

По своему характеру атомное оружие — это оружие массового уничтожения. Его назначение — нанесение внезапных ударов по крупным промышленным и административно-политическим центрам в тылу противника с целью подорвать его экономику, а также подавить моральный дух населения и вооруженных сил. Это оружие предназначается также для ударов по крупным скоплениям войск и боевой техники в наступательных и оборонительных операциях как сухопутных войск, так и военно-морских сил.

В последнее время политические и военные деятели США часто высказывают мысль о том, что атомное оружие должно использоваться, как они выражаются, «в тактических целях», то есть в рамках операций на полях сражений и театрах военных действий. За этим скрывается желание американских монополистов, чтобы атомное оружие нашло свое главное применение прежде всего в Европе, подальше от индустриальных центров Америки. Но такие планы не реальны. Теперь уже нельзя воевать, не подвергаясь ответным ударам. И если империалистами будет развязана атомная война, то они должны быть готовы к тому, чтобы испытать на себе все последствия этой войны, всю силу атомного оружия.

Советский Союз борется за то, чтобы атомное оружие было полностью запрещено. Поскольку соглашение о таком запрещении еще не достигнуто, наше государство для обеспечения своей безопасности вынуждено уделять внимание производству атомного оружия. В последние годы в СССР были произведены успешные испытания атомных бомб новых типов.

### Атомный взрыв

Взрыв атомной бомбы может быть произведен в воздухе, у поверхности земли и воды, а также под землей или под водой. Соответственно этому различают воздушный, наземный и надводный, подземный и подводный взрывы (рис. 14). Познакомимся с ними подробнее.

Воздушным атомным взрывом называют такой взрыв, который происходит на высоте нескольких сотен метров от поверхности земли (как это было сделано в Японии) или воды.

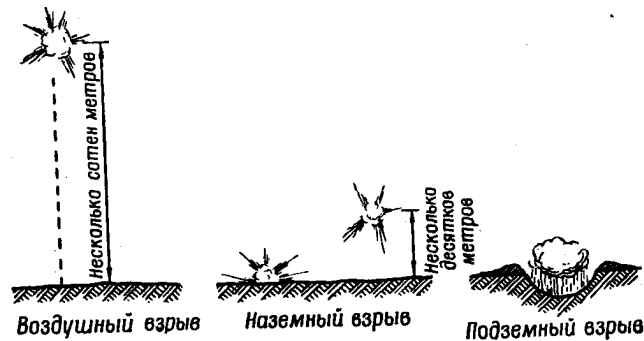


Рис. 14. Виды атомных взрывов.

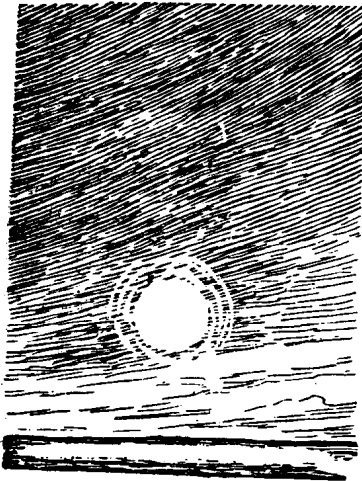
Наземным или надводным называют такой атомный взрыв, который происходит на поверхности земли или воды или же невысоко над землей и над водой.

Подземным взрывом называют атомный взрыв, произведенный под землей, а подводным — произведенный под водой. В каждом из этих случаев действие атомного взрыва будет различным.

Взрыв атомной бомбы в воздухе (рис. 15) сопровождается ослепительно яркой вспышкой, которую в зависимости от калибра бомбы видно на расстоянии более чем сто километров. На десятки километров небо и местность освещаются взрывом в несколько раз сильнее, чем солнцем в ясный день. Звук взрыва атомной бомбы, напоминающий сильный удар грома, слышен также на расстоянии десятков километров. Он значительно сильнее звука взрыва самой большой фугасной авиационной бомбы.

76

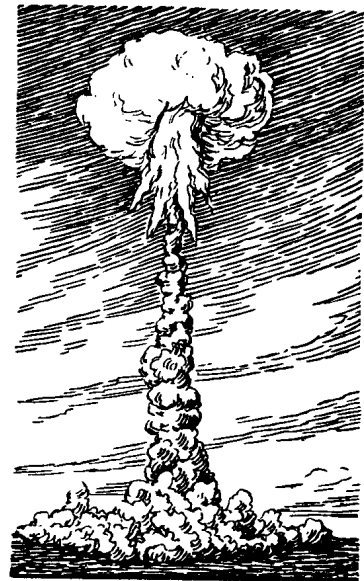
Вслед за вспышкой атомного взрыва появляется огненный шар.



Остывая, он превращается в клубящееся облако.



Одновременно с земли поднимается столб пыли и дыма,



и облако атомного взрыва приобретает грибовидную форму

Рис. 15. Внешняя картина воздушного атомного взрыва.

В месте взрыва образуется яркий огненный шар, состоящий из раскаленных, очень разреженных и потому легких газов. Огненный шар быстро поднимается вверх, увеличиваясь в своих размерах. К концу свечения шар

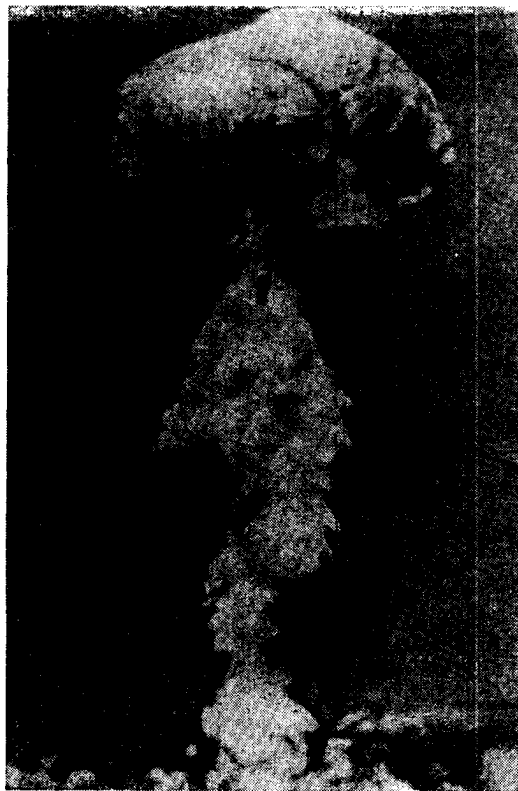


Рис. 16. Грибовидное облако воздушного атомного взрыва.

достигает в поперечнике нескольких сотен метров. Его видно на большом расстоянии.

При взрыве атомной бомбы в течение очень короткого времени, за миллионные доли секунды, выделяется огромное количество энергии. Большая часть этой энергии (до 80%) выделяется в виде теплоты. Происходит



Мгновенное резкое повышение температуры и давления. Так, температура в центре огненного шара достигает миллионов градусов, а возникающее при этом давление— миллиардов атмосфер.

Поднимаясь, шар быстро остывает, свечение его прекращается, и образуется клубящееся дымовое облако характерной грибовидной формы (рис. 16). Оно содержит остывающие газы, частицы радиоактивной пыли и другие продукты взрыва ядерного ВВ, а также столб пыли и дыма, поднятых с земли. В нем уносится большая доля

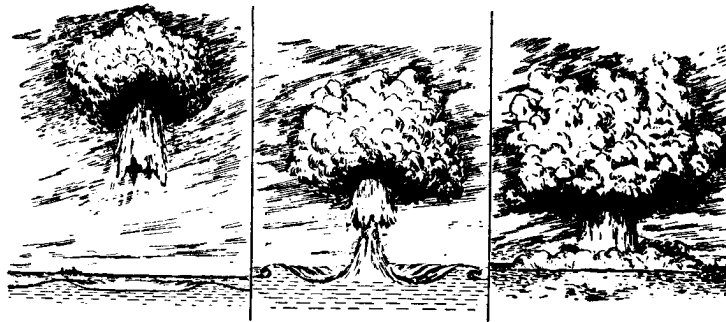


Рис. 17. Внешняя картина воздушного, надводного и подводного атомных взрывов.

продуктов взрыва, нагретых до очень высокой температуры, и на поверхности земли температура очень быстро падает.

В течение нескольких минут облако атомного взрыва поднимается на высоту в несколько километров. В зависимости от мощности взрыва и метеорологических условий эта высота может быть различной. Облако при подъеме устойчиво сохраняет свою грибовидную форму. Шляпка его может иметь диаметр в несколько километров. Со временем облако атомного взрыва теряет свою характерную форму и рассеивается. Так выглядит взрыв атомной бомбы в воздухе.

Картина подводного взрыва имеет иной вид (рис. 17). В момент взрыва под водой образуется газовый пузырь, который состоит из продуктов деления вещества ядерного заряда, части заряда, не вступившего в

цепную реакцию, продуктов испарения оболочки бомбы, паров воды, а также газов, образующихся при разложении воды. Он имеет очень высокую температуру и светится. Давление в газовом пузыре достигает миллиардов атмосфер. Поднимаясь к поверхности воды, газовый пузырь с большой скоростью расширяется и благодаря этому приводит в движение массы воды. Образуется ударная волна в воде, распространяющаяся с очень большой скоростью во все стороны.

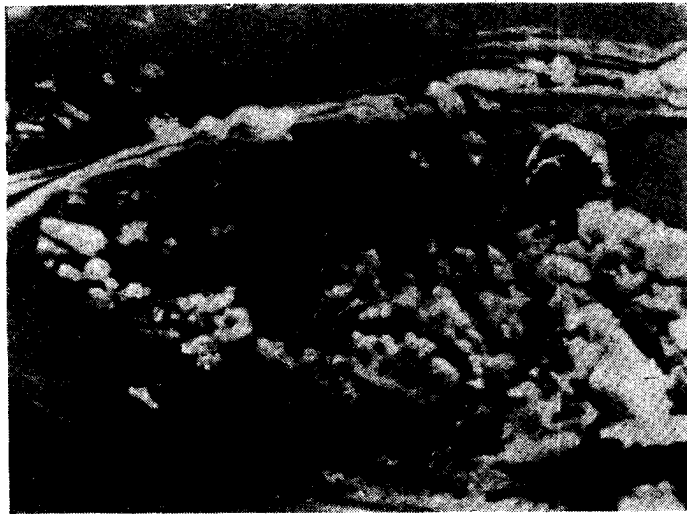


Рис. 18. Общий вид района взрыва атомной бомбы с самолета. На снимке видны образующееся грибовидное облако и кольцеобразная волна, распространяющаяся по поверхности моря от места взрыва.

Над местом взорвавшейся бомбы взлетает высоко огромный столб воды и пара. Высота столба может достигать больше километра. Прорвавшиеся вверх газы охлаждаются и образуют над верхней частью столба воды грибовидное облако. Облако быстро увеличивается и покрывает значительный район; оно может достигать нескольких километров в поперечнике. Высота его подъема, однако, меньше чем при воздушном взрыве. Обратное падение воды вызывает в районе взрыва густой туман. На воде образуется кольцеобразная, быстро расширяющаяся

волна (ее называют базисной волной), состоящая из мелких капелек воды. После взрыва из облака выпадает радиоактивный дождь.

При подводном атомном взрыве образуются и обычные волны на поверхности воды; высота их вблизи от места взрыва может достигать десятков метров.

Внешняя картина подводного атомного взрыва во многом зависит от глубины погружения бомбы в воду и глубины водоема. Так, если подводный взрыв произво-

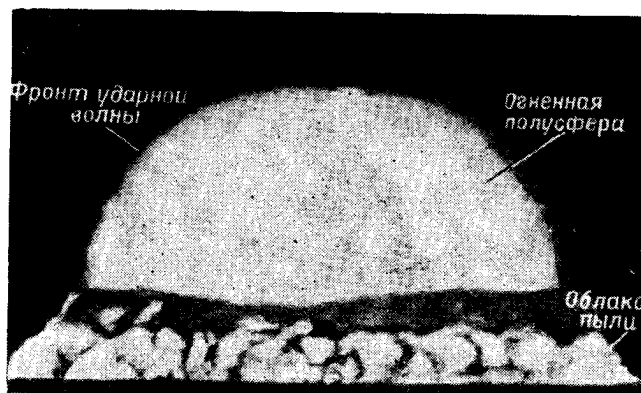


Рис. 19. Светящаяся полусфера при наземном атомном взрыве.

дится в неглубоком водоеме, то на дне его образуется большая воронка. В этом случае в воздухе вместе с водой поднимается значительное количество грунта.

Свои особенности имеют наземный и подземный атомные взрывы. При наземном атомном взрыве вместо огненного шара образуется огненное полушарие (рис. 19). Облако имеет также грибовидную форму. Раскаленные продукты взрыва, имеющие очень высокую температуру, при соприкосновении с поверхностью земли расплавляют верхний слой почвы. Расплавленный грунт перемешивается с радиоактивными продуктами деления, разбрасывается ударной волной, заражая местность и местные предметы в непосредственной близости от места взрыва. При остывании расплавленного грунта образуется радиоактивный шлак.

При наземном взрыве возможно образование воронки. Размеры воронки будут зависеть от мощности бомбы, высоты взрыва над поверхностью земли и прочности грунта.

Внешний вид подземного атомного взрыва во многом определяется тем, на какой глубине от поверхности земли взорвалась бомба. При малой глубине проникания атомной бомбы в грунт внешняя картина подземного атомного взрыва будет мало чем отличаться от внешней картины наземного атомного взрыва. Глубина проникания бомбы в грунт зависит от высоты сбрасывания, типа бомбы, ее веса и прочности грунта. Особенности подземного атомного взрыва являются: выброс большого количества породы на расстояние до нескольких километров, образование значительной воронки.

Такова внешняя картина атомных взрывов в воздухе, на земле, под водой и под землей.

Каковы же особенности действия атомной бомбы? Какие явления сопровождают атомный взрыв? При атомном взрыве, так же как и при взрыве обычных взрывчатых веществ, образуется ударная волна и световое и злучение. В этом сходны между собой обычный и атомный взрывы. Но разрушительное действие ударной волны атомного взрыва и зажигательная способность его светового излучения значительно больше, чем при обычном взрыве.

Атомный взрыв отличается от обычного тем, что, кроме ударной волны и светового излучения, он сопровождается невидимым излучением, называемым проникающей радиацией. Проникающая радиация оказывает вредное действие на организм человека.

Атомный взрыв отличается от обычного еще и тем, что в районе взрыва и по пути движения облака, образовавшегося при взрыве, происходит радиоактивное заражение местности, воды, местных предметов, боевой техники и людей, находящихся вне укрытий. Радиоактивное заражение происходит в результате выпадения на местности веществ, получившихся при атомном взрыве, а также вследствие образования в районе взрыва радиоактивных веществ в почве (воде) под воздействием нейтронов. Радиоактивные вещества являются источником радиоактивных излучений, которые, как и проникающая радиация, вредно действуют на организм человека.

Таким образом, взрыв атомной бомбы сходен со взрывом фугасной бомбы в том отношении, что и в том и в другом случае в результате взрыва происходит мгновенное выделение большого количества энергии в небольшом пространстве. При взрыве фугасной бомбы энергия выделяется в результате химической реакции, а при взрыве атомной бомбы — в результате ядерной реакции, то есть реакции деления (расщепления) определенных видов ядер урана или плутония. При одинаковых количествах вещества энергия, высвобождаемая при делении ядер, как уже говорилось, в миллионы раз больше, чем энергия обычного взрыва. Именно такой концентрацией энергии и ее быстрым выделением (в течение приблизительно одной миллионной доли секунды) и объясняется огромная мощность атомной бомбы.

#### **Что происходит при атомном взрыве?**

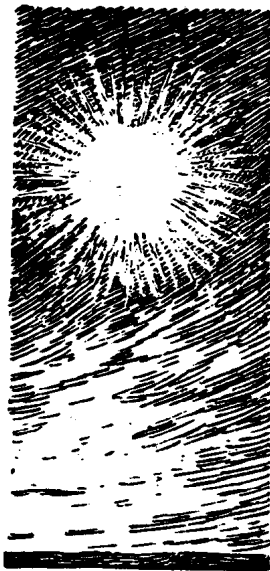
Итак, при атомном взрыве в воздухе образуются мощная ударная (взрывная) волна, световое излучение, невидимое и неосязаемое излучение, называемое проникающей радиацией, а также происходит радиоактивное заражение местности — воды, воздуха, грунта. Известно, что в результате выделения при атомном взрыве огромного количества энергии температура в центре взрыва достигает миллионов градусов. Эта исключительно высокая температура и приводит к образованию огненного шара, являющегося источником светового излучения.

Нагретые газы, составляющие огненный шар, быстро расширяются, раздвигая окружающий воздух (воду, грунт) и сжимая его. В результате образуется ударная волна.

Проникающей радиацией называют поток нейтронов и гамма-лучей, который обладает большой проникающей способностью. Нейтроны образуются при атомном взрыве в результате деления ядер и распространяются в воздухе на сотни метров. Гамма-лучи возникают в момент взрыва главным образом при радиоактивном распаде продуктов деления заряда ядерного ВВ. Эти лучи, как уже говорилось, подобны лучам Рентгена. Они распространяются со скоростью света как из зоны взрыва, так и из радиоактивного облака, образующегося после атомного взрыва.

49

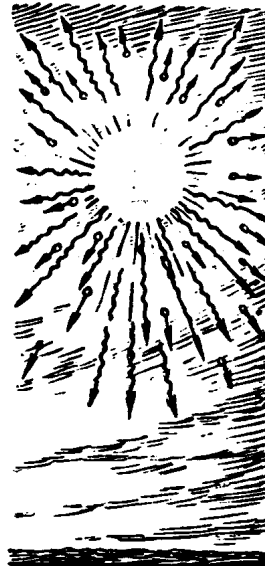
Рис. 20. Атомный взрыв может нанести поражения:



световым излучением



ударной волной



проникающей  
радиацией



радиоактивным  
заражением

Кроме того, в районе взрыва и по пути движения облака, образовавшегося при взрыве, выпадают (и образуются) радиоактивные вещества, вследствие чего происходит радиоактивное заражение местности и воздуха.

Ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение местности являются поражающими факторами атомного взрыва (рис. 20). Рассмотрим эти факторы более подробно.

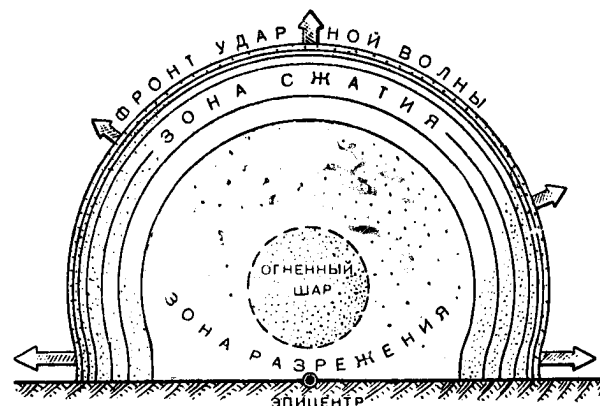


Рис. 21. Образование ударной волны атомного взрыва.

**Ударная волна** — основной поражающий фактор атомного взрыва. Она представляет собой область сильного сжатия воздуха, распространяющуюся с большой скоростью во все стороны от центра взрыва. Сжатие быстро передается от одного слоя воздуха к другому (рис. 21). Что же получается, когда ударная волна доходит до какой-нибудь условной точки в воздухе? В ней мгновенно повышаются давление и температура, а воздух начинает двигаться в направлении распространения ударной волны. Затем, когда фронт ударной волны (ее передняя граница) проходит эту точку, давление в ней постепенно снижается и через некоторое время становится равным атмосферному.

В дальнейшем давление в этой точке падает ниже атмосферного (возникает разрежение). В это время воздух здесь начинает двигаться в направлении, противо-

положном направлении распространения ударной волны. Как только действие пониженного давления закончится, прекратится и движение воздуха (рис. 22).

Таким образом, ударная волна состоит из зоны сжатия (зона, в которой давление выше атмосферного) и зоны разрежения (зона, в которой давление ниже атмосферного). Давление воздуха во фронте удар-

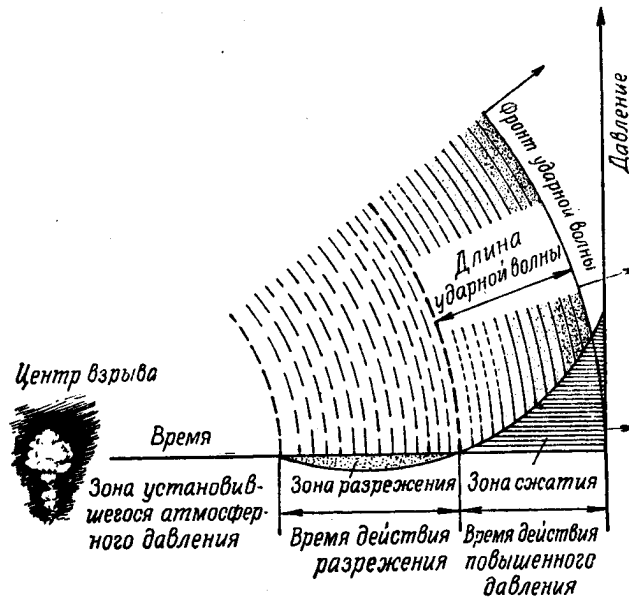


Рис. 22. Схема воздушной ударной волны.

ной волны вблизи центра атомного взрыва достигает многих тысяч атмосфер. По мере удаления от центра взрыва давление во фронте ударной волны непрерывно и быстро падает.

Ударная волна атомного взрыва подобна ударной волне обычного взрыва, но обладает гораздо большей мощностью. Она может на значительном расстоянии от центра взрыва наносить поражения людям, разрушать сооружения и повреждать боевую технику и имущество.

Распространяясь вдоль поверхности земли, такая ударная волна напоминает ураган небывалой силы. При



встрече ее с преградой (предметом, выступающим над поверхностью земли) возникает так называемое давление отражения, и разрушающая сила ударной волны возрастает в 2—3 раза. Повышение давления в этом случае объясняется скоростным (ветровым) напором частиц воздуха, имеющих поступательное движение в зоне сжатия. Этим явлением объясняется большая разрушающая сила ударной волны, действующей на предметы, возвышающиеся над поверхностью земли и стоящие на пути распространения волны. Следовательно, для исключения или уменьшения поражающего действия ударной волны на живую силу и технику их следует укрывать ниже поверхности земли, в глубоких щелях, окопах, блиндажах, убежищах. Поражения и разрушения могут быть вызваны как прямым, так и косвенным действием ударной волны. Косвенное действие состоит в том, что поражения и повреждения вызывает не только ударная волна, но и обломки разрушенных ею сооружений, зданий, деревьев, а также летящие камни, комья земли, осколки стекла.

Ударная волна способна наносить поражения и в закрытых помещениях, проникая туда через щели и отверстия. В населенных пунктах от воздействия ударной волны могут возникнуть пожары в результате разрушения печей и повреждения электрических и газовых сетей. Пожары в свою очередь могут стать причиной поражения людей, а также порчи или уничтожения техники и имущества.

Степень поражения людей ударной волной зависит от расстояния до центра взрыва, от положения человека в момент воздействия волны, от характера местности и прочности укрытий. Человек, находящийся при атомном взрыве за холмом, в овраге, лощине, канаве, может не получить поражения; лежащий человек пострадает значительно меньше, чем стоящий. Наиболее надежную защиту людей, боевой техники и имущества от ударной волны атомного взрыва обеспечивают фортификационные сооружения: траншеи, ходы сообщения, блиндажи и убежища.

Средние и тяжелые танки, а также бронетранспортеры и бронированные автомобили весьма устойчивы по отношению к ударной волне. Тяжелое вооружение также хорошо выдерживает действие ударной волны. Однако во всех случаях пострадают незащищенные детали и оборудование.

Самолеты, особенно истребители, благодаря своей конструкции могут выдержать действие ударной волны средней мощности. Крупные самолеты имеют большую поверхность, подвергающуюся воздействию ударной волны; вследствие этого они могут быть опрокинуты, отброшены и повреждены.

Скорость распространения ударной волны зависит от давления во фронте ударной волны. Вблизи центра взрыва скорость распространения ударной волны превы-

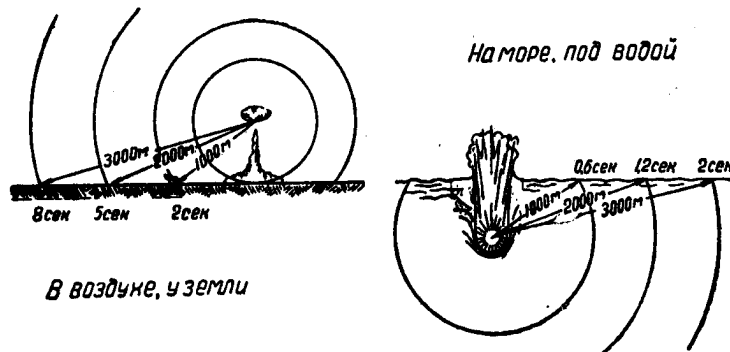


Рис. 23. Скорость распространения ударной волны атомного взрыва в воздухе, у земли и на море, под водой.

шает в несколько раз скорость звука в воздухе (скорость звука в воздухе равна 340 метрам в секунду). Но с увеличением расстояния от места взрыва скорость распространения ударной волны быстро падает. Один километр ударная волна проходит за 2 секунды, 2 километра — за 5 секунд и 3 километра — за 8 секунд (рис. 23). Таким образом, увидев вспышку взрыва, можно успеть занять ближайшее укрытие (блиндаж, нишу, яму, канаву, воронку и т. п.), использовать для укрытия любую складку местности или местный предмет и тем самым уменьшить степень поражения ударной волной или вовсе его избежать. Если вблизи никакого укрытия нет, то нужно лечь на землю (на палубу корабля) лицом вниз. Кисти рук следует спрятать под себя. Глаза нужно закрыть. Это предохранит от возможной временной потери зрения и уменьшит степень поражения ударной волной.

Действие ударной волны атомного взрыва в условиях города имеет свои особенности. Железобетонные сооружения более стойки к воздействию ударной волны и пожаров. Сооружения тяжелого типа со стальным каркасом относительно устойчивы к воздействию ударной волны, но пожар ослабляет стальные элементы таких сооружений и может причинить разрушения. Сооружения легкого типа со стальным каркасом, деревянные и кирпичные здания более уязвимы. Мосты обладают высокой устойчивостью к воздействию ударной волны. Подземная ударная волна вызывает сильное повреждение газопровода, водопровода и канализационной сети, но электросеть повреждается меньше. В результате разрыва газопровода могут возникнуть пожары. Небронированные транспортные средства, а также электрические и электронные приборы всех типов могут быть повреждены. Тяжелое оборудование, как, например, механические станки, моторы, генераторы и т. д., может быть повреждено летящими обломками и пожаром.

В американской печати были опубликованы некоторые результаты воздушного взрыва атомных бомб (с тротильным эквивалентом 20 тысяч тонн) в Японии — в городах Хиросима и Нагасаки. Указывалось, что очень сильное разрушение ударная волна произвела на расстоянии до 800 метров от эпицентра<sup>1</sup> взрыва бомбы. На удалении до 1800 метров наблюдались значительные разрушения. Средние разрушения, при которых строение или сооружение не может быть использовано без ремонта, были на расстоянии до 2,6 километра. Незначительные повреждения взрывная ударная волна произвела на расстоянии до 12 и более километров. В некоторых случаях действие взрывной ударной волны может сказаться и на еще большем расстоянии.

Вместе с тем в отдельных случаях сохранились или получили лишь незначительные повреждения сооружения, расположенные в непосредственной близости от взрыва. При взрыве атомной бомбы в Японии почти не пострадал один мост (со стальными фермами), хотя он находился менее чем в 90 метрах от того места, где взорвалась бомба. В некоторых случаях уцелели на расстоянии

<sup>1</sup> Эпицентр — в данном случае место на поверхности земли или воды, расположенное непосредственно над или под взорвавшейся бомбой.

300—800 метров землянки, наполовину углубленные в землю и прикрытые слоем грунта толщиной в 45 сантиметров. Не были разрушены и многие другие прочные постройки — кирпичные и бетонные, расположенные не так далеко от того места, где взорвалась бомба.

Всего в Хиросима взрывом было разрушено 65 тысяч зданий из 90 тысяч, а в Нагасаки — 20 тысяч из 56 тысяч (многие здания в Нагасаки были скрыты за холмами). Причиной столь значительных разрушений и жертв в этих городах явились полная внезапность атомного нападения и отсутствие организованной против атомной защиты. Кроме того, надо иметь в виду, что большинство зданий в этих городах были деревянные, непрочные, легкой конструкции кирпичные и другие, не было организованной борьбы с возникшими при взрыве пожарами. Эту особенность японских городов и условия атомных бомбардировок следует учитывать при оценке поражающего действия атомных бомб. Если бы в Хиросима и Нагасаки были подготовленные убежища для населения, имела бы хорошо организованная противовоздушная оборона и противопожарная охрана, то количество жертв и масштабы разрушений были бы значительно меньшими.

При взрыве атомной бомбы над водой ударная волна распространяется главным образом в воздухе. При этом, как показали испытания американцами атомных бомб (с тротиловым эквивалентом 20 тысяч тонн) в атолле<sup>1</sup> Бикини в Тихом океане в 1946 году, ударная волна при взрыве над водой может поражать военные корабли различных классов примерно на таких расстояниях: корабли, находящиеся на удалении до 700—800 метров от эпицентра взрыва, могут получить тяжелые повреждения; на расстоянии 900—1400 метров корабли могут иметь средние повреждения, легкие повреждения могут получить корабли, находящиеся на расстоянии до 1800 метров от места взрыва. Надстройки кораблей могут быть разрушены или получают сильные повреждения на расстоянии до 1150 метров от места взрыва. Повреждения подводной части кораблей при воздушном взрыве будут значительно меньшими, чем надводной.

<sup>1</sup> Атолл — низменный коралловый остров кольцеобразной формы.

На испытаниях в Бикини танки и тяжелые артиллерийские установки, находившиеся на палубе корабля на расстоянии более 500 метров от места взрыва, не получили существенных повреждений (при воздушном взрыве атомной бомбы). Другие виды вооружения и боевой техники получили при воздушном взрыве повреждения от воздействия ударной волны и светового излучения на больших расстояниях от места взрыва. Воздействию ударной волны подвергалось палубное оборудование корабля; особенно уязвимыми являются антенны. Ударная волна не причинила серьезных повреждений машинам, но разрушения фундаментов ударной волной повело к прекращению их работы. Система питания котлов, паропровод и кирпичная облицовка котла также уязвимы по отношению к ударной волне. Своевременно задраивая люки, закрывая иллюминаторы, можно уменьшить повреждения внутренних помещений. Естественно, что степень поражения зависит во многом и от класса корабля.

При подводном атомном взрыве образуется ударная волна в воде и частично в воздухе. Ударная волна в воде способна нанести повреждение подводным частям кораблей, находящихся на значительном расстоянии от центра взрыва. Она является основным поражающим фактором при подводном атомном взрыве.

Действие на корабль ударной волны при подводном взрыве во многом зависит от глубины, на которой происходит взрыв; имеет также значение положение судна относительно направления движения ударной волны, стоит оно или движется, тип корабля и т. д. Данные иностранной печати о результатах воздействия опытного подводного взрыва атомной бомбы (с тротильным эквивалентом 20 тысяч тонн) на корабли военно-морского флота показывают, что в зоне радиусом 300—500 метров корабли всех классов могут получить тяжелые повреждения; в зоне радиусом до 800 метров корабли могут получить сильные повреждения; в зоне радиусом более 800 метров корабли могут получить различные повреждения. Подводные лодки могут получить тяжелые повреждения в зоне радиусом до 800 метров.

Наиболее сильные повреждения при подводном взрыве получают подводные части корпусов кораблей. Котлы и судовые машины могут иметь повреждения;

сильные — до 700 метров от центра взрыва, средние — до 800—850 метров, легкие — до 1000 метров.

Таким образом, данные подводного взрыва показывают, что характер и степень повреждения кораблей при других одинаковых условиях зависит от типа корабля и его положения относительно места взрыва. Основное отличие в действии на корабль подводного взрыва атомной бомбы от воздушного состоит в том, что в случае подводного взрыва не получают сильных повреждений надстройки кораблей, но повреждения подводной части кораблей оказываются более сильными, чем при воздушном взрыве.

Разрушения могут также производить большие волны воды, возникающие при подводном атомном взрыве. Такие волны могут разрушить береговые и гидротехнические сооружения, потопить или выбросить на берег небольшие суда. При испытании атомных бомб в атолле Бикини первая волна, возникшая через 9 секунд после взрыва, подняла корму авианосца на 14 метров, а вторая, как предполагают, разрушила корабельные надстройки.

При воздушном атомном взрыве наблюдается наибольшая площадь разрушений построек и поражения незащищенных людей. Зато при наземном взрыве происходит более сильное разрушение прочных сооружений вблизи от места взрыва. В силу того что при наземном взрыве ударная волна распространяется только в полусфере (на небольшой площади), избыточное давление во фронте ударной волны оказывается, как правило, большим, чем при воздушном взрыве.

При подземном взрыве создается ударная волна в грунте, которая способна вызвать разрушения или повреждения как подземных, так и наземных сооружений на расстоянии до нескольких сотен метров от места взрыва. При атомном взрыве на большой глубине от поверхности земли, при прочих равных условиях, разрушительное действие ударной волны в грунте будет проявляться на больших расстояниях. Подземный атомный взрыв может создавать также ударную волну в воздухе. Разрушительное действие ударной волны, созданной в воздухе, будет значительно изменяться в зависимости от глубины, на которой произведен атомный взрыв. С увеличением глубины разрушительное действие воздушной ударной волны может уменьшиться настолько, что она не будет обладать сколько-нибудь значительным эффектом.

Необходимо также иметь в виду, что подземный атомный взрыв может вызвать затопление подземных сооружений, если грунтовые воды находятся неглубоко от поверхности земли. Таково действие ударной волны.

При атомном взрыве в воздухе около одной трети общей энергии взрыва выделяется в виде **светового излучения**. Больше половины световой энергии излучается в течение первой секунды после взрыва, а эффективное световое излучение продолжается в течение нескольких секунд. Световое излучение огненного шара испускается двумя импульсами. Первый импульс длится несколько более одной сотой доли секунды и содержит большое количество ультрафиолетовых лучей. Вторая часть светового излучения, испускаемая в течение примерно 3 секунд и составляющая большую часть тепловой энергии, выделяемой при атомном взрыве, состоит главным образом из видимых и инфракрасных лучей. Вторая часть светового излучения вызывает ожоги кожного покрова, а также пожары, первая же часть оказывает такое действие только в районе эпицентра взрыва; это объясняется тем, что ультрафиолетовые лучи сильно поглощаются воздухом.

При подводном и подземном взрывах световое излучение как поражающий фактор не имеет практического значения. При наземном атомном взрыве действие светового излучения на значительных расстояниях будет меньшим, чем при воздушном, так как около половины энергии светового излучения при наземном взрыве расходуется на расплавление грунта вблизи места взрыва.

Энергия светового излучения атомного взрыва поглощается поверхностями освещаемых тел, которые при этом нагреваются. Степень нагрева зависит от количества световой энергии, приходящейся на единицу площади за время освещения, свойств материала и размеров (толщины) тел.

Поражающее действие светового излучения атомного взрыва уменьшается с увеличением расстояния до места взрыва вследствие распределения энергии на большую поверхность, поглощения и рассеивания света.

Световое излучение атомного взрыва, как и солнечный свет, распространяется прямолинейно и не проникает через непрозрачные материалы. Поэтому любая преграда (стена, покрытие фортификационного сооружения, броня,

брезент, густой лес), которая защищает от прямого действия света, исключает ожоги. Обычное обмундирование, в зависимости от расстояния от места взрыва, значительно уменьшает или полностью предохраняет от непосредственного воздействия светового излучения на кожу. Любое укрытие, защищающее от ударной волны, защищает и от светового излучения.

Несмотря на кратковременность действия, световое излучение атомного взрыва настолько сильное, что способно вызывать у людей, находящихся вне укрытий, ожоги открытых участков тела (лица, шеи, рук), обращенных в сторону взрыва, и временное ослепление, если смотреть в сторону взрыва. Ночью действие светового излучения на глаза значительно сильнее, чем днем.

Ожоги, вызываемые световым излучением атомного взрыва, не отличаются от обычных ожогов огнем или кипятком. Различают ожоги первой, второй и третьей степени. При ожогах первой степени на коже наблюдается покраснение, припухлость. При ожогах второй степени на покрасневшей коже возникают пузыри. Третья степень ожога характеризуется образованием язв. Степень ожога зависит от времени воздействия светового излучения и расстояния до места взрыва. Люди, находящиеся на открытой местности, могут быть поражены световым излучением на таком расстоянии от места взрыва, на котором уже не действует проникающая радиация и ударная волна.

Тяжесть поражения организма световым излучением зависит не только от степени ожога, но и от размеров обожженных участков тела. На степень поражения закрытых участков тела оказывают известное влияние цвет одежды, ее толщина, а также плотность прилегания к телу. Люди, одетые в свободную одежду светлых тонов, получают меньшие ожоги закрытых участков тела, чем люди, одетые в плотно прилегающую одежду темного цвета. Надо помнить, что при ожогах кожи нельзя срывать приставшую к ней одежду. Повязку в этом случае накладывают поверх одежды. Нельзя также обмывать обожженную кожу и раны водой и другими жидкостями.

Под воздействием светового излучения атомного взрыва поверхности различных предметов могут обугливаться, оплавляться или воспламеняться. Возможно воспламенение неукрытого легковозгораемого военного имущества,



обгорание краски, обшивки сидений, брезентов и чехлов на боевой технике. Возможно также обугливание открытых деревянных частей вооружения, техники, сооружений. На близких расстояниях от центра взрыва может оплавляться металл.

Световое излучение может вызывать пожары в лесу, степи и населенных пунктах, воспламеняя валежник, солому, сухую траву.

В Японии из общего количества погибших при атомных взрывах примерно 20—30 процентов умерли от сильных ожогов.

Пожары, их распространение зависят от многих внешних причин (наличие горючих материалов в районе взрыва, погода и т. д.). Много пожаров может быть вызвано такими причинами, как разрушение газопроводов, печей, замыкание электрических проводов и др. Атомные взрывы в Японии воспламеняли бумагу, дрова и другие предметы на расстоянии до 1800 метров.

Поражающее действие светового излучения в значительной степени зависит и от состояния атмосферы. Во время тумана, дождя, снегопада действие светового излучения будет относительно меньше.

Атомный взрыв сопровождается невидимым и неощущаемым излучением **проникающей радиацией**. Проникающая радиация представляет собой поток гамма-лучей и нейтронов, испускаемых в момент атомного взрыва. Основным источником гамма-лучей при атомном взрыве являются радиоактивные «осколки» деления ядер атомов урана, находящиеся в зоне взрыва и радиоактивном облаке. Действие гамма-лучей быстро уменьшается со временем. Общая продолжительность действия гамма-лучей не превышает 10—15 секунд. Источником нейтронов при атомном взрыве являются делящиеся ядра. Нейтронный поток при взрыве действует в течение долей секунды.

Гамма-лучи и нейтроны способны проникать через значительные толщи материалов, подобно рентгеновским лучам, которыми просвечивают при медицинском обследовании. Поток этих рентгеновских лучей безболезненно проходит сквозь тело, давая возможность врачу видеть изображение внутренних органов и скелета. Плохих последствий от такого облучения не бывает. Но рентгеновские лучи могут причинить большой вред, если организм

подвергнуть длительному или кратковременному, но мощному облучению. Вредное действие проникающей радиации, как и рентгеновских лучей, состоит в том, что при большой дозе она нарушает нормальную жизнедеятельность клеток и может вызывать заболевание, которое называется лучевой болезнью. Лучевая болезнь развивается постепенно. Течение болезни, зависящее от индивидуальных особенностей организма, не у всех одинаково. Степень заболевания лучевой болезнью определяется в основном полученной организмом дозой радиации, измеряемой в рентгенах<sup>1</sup>.

Как гамма-лучи, так и поток нейтронов вызывают ионизацию веществ, с которыми они взаимодействуют, в частности ионизируют воздух.

Доза радиации в 100—200 рентгенов вызывает у незащищенного человека легкое заболевание. При дозе радиации свыше 200 рентгенов лучевая болезнь протекает тяжелее.

Основные признаки этой болезни такие: общее недомогание, отсутствие аппетита, желудочно-кишечные расстройства, повышенная температура, уменьшение числа белых кровяных шариков, кровоточивость кожи и слизистых оболочек, выпадение волос. Современные способы лечения лучевой болезни могут обеспечить выздоровление даже при тяжелой форме болезни.

По мере удаления от места взрыва доза проникающей радиации уменьшается. Некоторые расчеты показывают, что при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тысяч тонн опасная доза гамма-излучения для организма незащищенного человека будет распространяться на расстояние до 1400—2000 метров от эпицентра атомного взрыва, а поражение нейтронами — в зоне радиусом до 800 метров от эпицентра.

При прохождении через любую среду, в том числе и воздух, нейтроны и гамма-лучи ослабляются. При прохождении через различные вещества поток гамма-лучей ослабляется тем больше, чем плотнее вещество. Например, в воздухе гамма-лучи распространяются на многие

<sup>1</sup> Рентгеном называется такая доза излучения, которая создает в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 градусов примерно 2 миллиарда пар ионов (несущих одну электростатическую единицу заряда одного знака).

сотни метров, а в свинце — всего лишь на несколько сантиметров. Слой грунта толщиной 14 сантиметров, слой дерева толщиной 25 сантиметров, слой снега толщиной 50 сантиметров, броня толщиной 2,8 сантиметра, слой бетона толщиной 10 сантиметров снижают поток гамма-лучей в 2 раза (рис. 24).

При прохождении через различные вещества нейтронный поток так же, как и поток гамма-лучей, ослабляется.

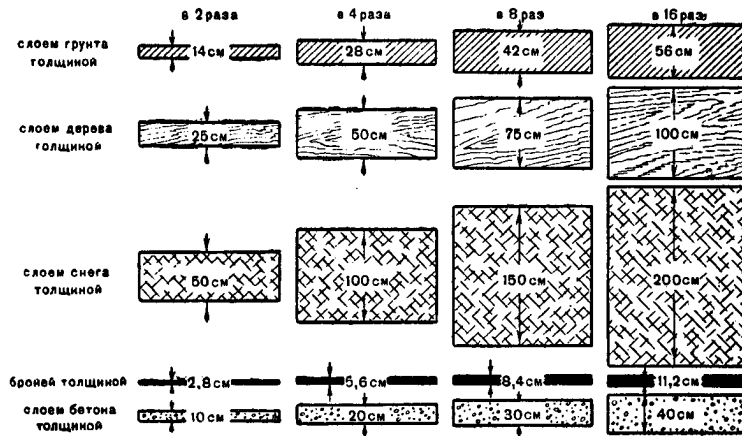


Рис. 24. Проникающая радиация (гамма-лучи и нейтроны) ослабляется различными материалами.

Нейтронный поток наиболее сильно ослабляют вещества (вода, парафин и др.), в состав которых входят легкие элементы, например водород, углерод и другие. Хорошо ослабляют поток нейтронов влажные грунты, дерево, бетон, асфальт, вода.

Под действием нейтронов нерадиоактивные вещества грунта (особенно болотистого, песчаного, солончакового, глинистого) и некоторые металлы превращаются в радиоактивные. Такие радиоактивные вещества через несколько часов практически превращаются в нерадиоактивные.

При подводном и подземном взрывах действие проникающей радиации будет незначительным. Это объясняется тем, что при подводном и подземном взрывах почти весь поток гамма-лучей и нейтронов поглощается средой, в которой происходит взрыв (водой, грунтом).

Дозы радиации, которые может получить человек во время атомного взрыва, зависят в основном от расстояния до места взрыва, а также от степени защиты. С увеличением расстояния дозы радиации (гамма-лучей и нейтронов) падают очень резко. Люди, находящиеся в момент взрыва в различных укрытиях, получают меньшие дозы радиации, чем люди, находящиеся на том же расстоянии вне укрытий. Так, крутости траншей, покрытия и стены различных фортификационных сооружений, броня танков, корпус корабля, броня артиллерийских башен, боевых рубок и щитов резко ослабляют действие проникающей радиации. Укрытия, защищающие от ударной волны, защищают и от проникающей радиации.

На боевую технику проникающая радиация не оказывает вредного действия. Но стекла оптических приборов — биноклей, дальномеров, панорам, прицелов — под действием больших доз радиации (тысячи и десятки тысяч рентгенов) темнеют. Фотопленка и фотобумага даже при малых дозах (2—3 рентгена) засвечиваются, т. е. после проявления оказываются черными.

В заключение рассмотрим, что такое **радиоактивное заражение** местности и воздуха при атомном взрыве. Воздух и местность в районе атомного взрыва и по пути движения облака, образовавшегося при взрыве, а также расположенные вне укрытий на этой местности вооружение, техника, люди и животные могут подвергнуться заражению радиоактивными веществами.

Эти радиоактивные вещества состоят из продуктов деления ядер атомов урана (плутония), искусственных радиоактивных веществ, образовавшихся в момент взрыва из нерадиоактивных веществ, входящих в состав оболочки бомбы, почвы и других материалов, а также из части атомного заряда, не вступившей в реакцию при взрыве.

Помимо этого, большие количества искусственных радиоактивных веществ создает в районе взрыва поток нейтронов (наведенная радиоактивность). К таким веществам относятся, например, радиоактивные изотопы натрия, калия и некоторых других элементов, содержащихся в верхнем слое почвы, в воде, в различных материалах.

Характер и степень радиоактивного заражения воздуха и местности, а также расположенных вне укры-

тий на этой местности вооружения, техники и людей зависит от вида атомного взрыва (воздушный, наземный, подземный), величины заряда бомбы и от многих внешних причин (от рельефа местности, от грунта, от погоды и т. д.).

При воздушном атомном взрыве основная масса радиоактивных продуктов деления ядерного «горючего» поднимается вместе с облаком и рассеивается на большой площади, не вызывая значительного заражения местности. При этом район взрыва очень быстро становится безопасным. При наземном атомном взрыве почва и вода заражаются сильнее. В последнем случае в районе взрыва выпадает несколько процентов радиоактивных продуктов деления, смешанных с поднятой взрывом пылью, в то время как при воздушном взрыве на поверхность земли в районе взрыва выпадает не более сотых долей процента радиоактивных продуктов деления. Кроме того, при наземном взрыве происходит более сильное радиоактивное заражение местности от наведенной радиоактивности, превосходящее по степени и площади заражение, которое наблюдается при воздушном взрыве.

При наземном атомном взрыве значительная часть радиоактивных продуктов взрыва смешивается с почвой и разбрасывается ударной волной. Мелкие частицы почвы увлекаются восходящими потоками воздуха в радиоактивное облако. Некоторая доля радиоактивных продуктов взрыва, осевшая на наиболее крупных частицах пыли, по мере подъема облака, выпадает из него на землю в районе взрыва. Все это усиливает заражение местности, прилегающей к месту взрыва. И по пути движения облака продолжается выпадение радиоактивных веществ вместе с частицами грунта и пыли. Это приводит к образованию радиоактивного следа в виде полосы зараженной местности. На большей части этой полосы зараженность незначительная. Но в ближайшей к месту взрыва части радиоактивного следа зараженность может оказаться большой.

Быстрому выпадению радиоактивных веществ из облака способствует дождь и снегопад. При этом в ближайшей к месту взрыва зоне радиоактивная зараженность местности может значительно возрасти, а зараженность воздуха, наоборот, резко снизиться. К некоторому уменьшению интенсивности радиоактивного излучения может

привести значительный снегопад после взрыва, если поверх выпавших на местность радиоактивных веществ образуется достаточный защитный слой снега.

Известно, что радиоактивные частицы больше задерживаются на шероховатых, изношенных, пористых и влажных поверхностях. Обращенные к месту взрыва поверхности объектов заражаются больше, чем противоположные. Возможно также заражение внутренних поверхностей объектов, если в них есть щели, открытые отверстия, люки и двери.

Значительное влияние оказывают направление и сила ветра на степень заражения отдельных участков местности и поверхности объектов. Воздух заражается сильнее на местности, лишенной растительного покрова, в результате значительного пылеобразования.

В зоне взрыва образуются радиоактивные вещества, обладающие самыми различными сроками «жизни». Период полураспада одних — секунды и минуты, других — часы, третьих — дни и месяцы. Поэтому даже спустя долгое время в том месте, где взорвалась атомная бомба, можно обнаружить радиоактивные излучения.

При атомном взрыве на воде и под водой также усиливается опасность поражения радиоактивными веществами, которые образуются в больших количествах в воде. Поэтому кораблю опасно находиться долгое время в зараженных водах (но можно пройти через такую зону).

При подводном атомном взрыве образуется огромное слоистокучевое облако, из которого выпадает радиоактивный дождь. Большая часть радиоактивных веществ, образующихся при подводном взрыве, задерживается водой, вследствие чего она становится сильно зараженной. Если взрыв произошел вблизи берега, может оказаться зараженной радиоактивными веществами и прибрежная местность как в результате радиоактивного дождя, так и вследствие выбрасывания на берег радиоактивной воды.

Таким образом, при атомном взрыве местность и расположенное на ней вооружение, боевая техника и люди могут подвергнуться заражению радиоактивными веществами. Излучения радиоактивных веществ (альфа-частицы, бета-частицы и гамма-лучи) вредно воздействуют на организм человека. При воздействии больших доз излучения и попадании радиоактивных веществ внутрь орга-

низма возможно заболевание лучевой болезнью, как и в случае поражения проникающей радиацией.

Радиоактивные вещества, попавшие непосредственно на кожу или на слизистые оболочки глаз, носа и рта и длительное время не удаленные с них, могут вызвать воспаления и язвы. Поэтому, действуя на зараженной радиоактивными веществами местности, необходимо принять меры к тому, чтобы рассеянная в воздухе и на по-

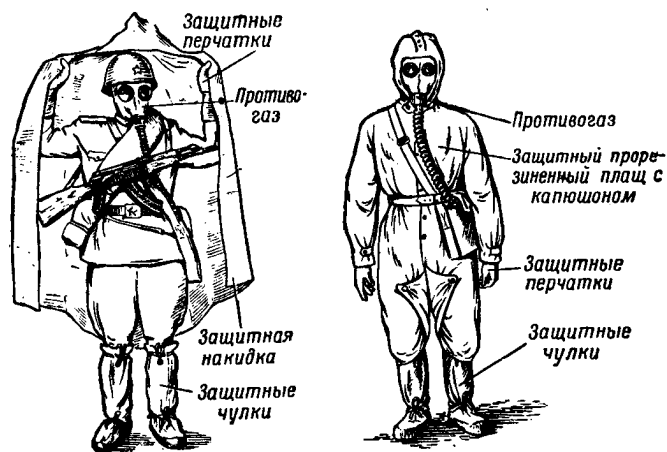


Рис. 25. Индивидуальные средства противохимической защиты солдата (слева) и матроса (справа).

верхности земли радиоактивная пыль не попадала на открытые участки тела и внутрь организма. Надежной защитой здесь могут служить индивидуальные средства противохимической защиты (рис. 25): противогаз, накидка и другие специальные меры защиты (об этом подробнее мы говорим дальше). Хорошую защиту от радиоактивных излучений обеспечивают фортификационные сооружения (рис. 26). Даже в открытых фортификационных сооружениях, например в траншее, уровни радиации в 10—20 раз ниже, чем на поверхности земли. Боевой технике радиоактивные вещества вреда не приносят. Чтобы избежать поражения радиоактивными веществами, их нужно обнаружить и удалить с тела, обмундирования, снаряжения, оружия и боевой техники.

Одной из характерных особенностей радиоактивных веществ является то, что они могут не иметь специфического запаха, цвета и других внешних признаков, свойственных многим боевым отравляющим веществам.



Рис. 26. Защитные свойства различных преград от радиоактивных излучений.

Радиоактивное заражение обнаруживают при помощи специальных приборов, называемых дозиметрическими приборами. Степень радиоактивного заражения местности принято характеризовать мощностями доз гамма- и бета-излучений у поверхности почвы, измеряемыми в рентгенах в час. В зависимости от степени радиоактивного зара-



жения местности время допустимого пребывания на ней личного состава без ущерба для здоровья может быть разным.

Особенностью радиоактивных веществ, образующихся при атомном взрыве, является быстрый спад их радиоактивности вследствие распада радиоактивных веществ, а также вследствие сдувания их с поверхности почвы ветром, смывания дождем и проникания радиоактивных веществ в почву. Поэтому даже сильно зараженные участки местности через некоторое время после заражения становятся безопасными.

В заключение следует сказать, что степень воздействия поражающих факторов атомного взрыва во многом зависит не только от характера взрыва (воздушный, наземный, подземный), калибра бомбы, но и от метеорологических условий и от рельефа местности. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Возьмем, скажем, воздушный атомный взрыв. При этом, как вы уже знаете, заражение местности в районе эпицентра взрыва относительно невелико и интенсивность его быстро уменьшается. В этом случае наибольшую опасность для войск, с точки зрения их поражения, представляет радиоактивная пыль, выпадающая из образовавшегося над районом взрыва грибовидного облака, которое в зависимости от состояния атмосферы перемещается по направлению воздушных течений со скоростью ветра. В результате по направлению движения облака образуется полоса заражения, плотность которого зависит от силы ветра. Чем сильнее ветер, тем большей будет площадь зараженной полосы, но тем меньше степень заражения.

При наземном атомном взрыве радиоактивное заражение местности как в районе взрыва, так и в направлении движения радиоактивного облака будет более высоким, чем при воздушном, так как количество поднятой пыли и размеры ее частиц будут большими, и поэтому они выпадут на землю вскоре после взрыва. Это особенно опасно при ветре, дующем на войска, так как в данном случае их поражение радиоактивными веществами возможно даже на довольно значительном расстоянии от места взрыва.

Кроме ветра, необходимо учитывать и такой фактор, как вертикальное перемещение воздушных масс. Сильные

восходящие токи воздуха способствуют быстрому поднятию радиоактивного облака на большую высоту и ускоряют его рассеивание. Если температура приземного слоя воздуха с высотой повышается, то восходящих токов воздуха не будет. Бывает промежуточное состояние, при котором температура в приземном слое воздуха с высотой не изменяется. При этом наблюдается устойчивое равновесие воздушных масс, т. е. застой воздуха. Это вызовет длительный застой дыма и пыли, образовавшихся в результате взрыва, что может затруднить войскам преодоление района взрыва атомной бомбы.

На поражающее действие светового излучения атомного взрыва серьезное влияние оказывает степень прозрачности воздуха в нижних слоях атмосферы. Туман, густая дымка, низкая облачность, а также осадки в виде сильного дождя и снега резко уменьшают интенсивность светового излучения, а следовательно, и радиус опасности поражения. Так, например, плотный туман уменьшает радиус поражения световым излучением в 2—2,5 раза. Во время дождя, снегопадов и туманов уменьшается опасность возникновения пожаров, вызываемых световым излучением. В связи с этим следует отметить, что, по данным иностранной печати, искусственное задымление того или иного участка снижает эффективность действия светового излучения. Дымовые завесы как средство защиты от поражения световым излучением целесообразно применять для ограничения зоны пожаров в населенных пунктах или в районах важных сооружений при угрозе атомного нападения, а также для уменьшения возможного поражения скопления войск световым излучением.

Для успешной противоатомной защиты необходимо учитывать и характер осадков.

Сильный дождь, прошедший после атомного взрыва, смывает радиоактивные вещества с растительного покрова, способствует проникновению их в почву и тем самым уменьшает степень непосредственного заражения. При сильном дожде концентрация радиоактивных веществ в воздухе быстро уменьшается и атмосфера как бы очищается от них. Однако при небольшом дожде, и особенно при снегопаде во время взрыва, возможно сильное заражение местности, так как капли дождя и снежинки будут захватывать частицы радиоактивных веществ, носящиеся в воздухе после взрыва. В зимнее время сильный

и продолжительный снегопад облегчает преодоление участков местности, зараженных радиоактивными веществами. Кроме того, даже незначительный слой снега, отражая большую часть светового излучения, предохраняет легковоспламеняющиеся предметы от возгорания.

Характер рельефа местности также оказывает влияние на поражающее действие ударной волны, светового излучения и радиоактивного заражения. Так, над равниной, на открытой местности, где ударная волна при ее распространении не встречает препятствий, создается наибольшая опасность поражения живой силы и техники. На степной и особенно песчано-пустынной местности при атомном взрыве возможно появление большого количества радиоактивной пыли, которая, оседая, заражает местность на значительном удалении от эпицентра взрыва. Холмистая, среднепересеченная местность уменьшает зону поражения от атомного взрыва. При этом на скалах, обращенных в сторону взрыва, где ударная волна встречает препятствие, создается более высокое давление, а следовательно, и ее разрушающее действие будет большим. На обратных же скалах действие взрывной волны понижено. В лощинах и оврагах, направление которых совпадает с распространением ударной волны, возможно значительное местное увеличение давления. Сильно пересеченная местность, изобилующая оврагами и балками, наиболее способствует защите войск и техники от поражения ударной волной и световым излучением. При организации противоатомной защиты в горах необходимо учитывать возможность поражения войск в результате обвалов, камнепадов и снежных лавин, которые могут возникнуть даже далеко за пределами зоны поражения атомной бомбой.

Лес в зависимости от возраста, густоты и породы деревьев в некоторой степени ограничивает эффективность атомного взрыва. Старый густой лиственный лес, если он не находится в непосредственной близости от эпицентра взрыва, уменьшает поражающее действие ударной волны и предохраняет от поражения световым излучением. В лесных массивах возможно также уменьшение степени радиоактивного заражения местности за счет оседания радиоактивных веществ на кронах деревьев. Но хвойные леса, особенно в жаркое, засушливое лето, под влиянием

светового излучения могут легко загореться, а поэтому следует избегать расположения войск в таких лесах.

Приведем еще некоторые дополнительные данные о поражающих факторах атомного взрыва (тротилловый эквивалент 20 тыс. тонн). Поражающие факторы — ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение местности — действуют почти одновременно, правда, с различной длительностью. Рассмотрим, например, как эти факторы действуют на объект, расположенный от места взрыва на расстоянии 2 км. Световое излучение, распространяющееся практически мгновенно, действует на этот объект первые 2—3 секунды. Ударная волна достигает объекта примерно за 5 секунд и действует около одной секунды. Проникающая радиация, распространяющаяся также практически мгновенно, действует в течение первых 10—15 секунд. Радиоактивное заражение сказывается более продолжительное время.

На каком удалении от места атомного взрыва и на какой площади происходит поражение людей при атомном взрыве? При взрыве атомной бомбы, эквивалентной 20 тысячам тонн тротила, от ударной волны тяжелые поражения возможны в радиусе до 800 метров от места взрыва на площади 2 квадратных километра. В радиусе до 1600 метров на площади 8 квадратных километров вероятны поражения средней степени и в радиусе до 2400 метров на площади в 18 квадратных километров — поражения легкой степени. Дальше радиуса 2400 метров поражения людей ударной волной не наблюдается. Световое излучение может причинить незащищенным людям поражение в радиусе до 3200—4000 метров, на площади 32 квадратных километра. Вредное воздействие проникающей радиации сказывается в радиусе до 2000 метров. Радиоактивное заражение местности после воздушного атомного взрыва сравнительно невелико. Таким образом, на наибольших расстояниях от центра взрыва на незащищенных людей будет действовать световое излучение. Ударная волна поражает на меньших расстояниях, причем ее приход в данную точку наблюдается спустя некоторое время. Проникающая радиация поражает на еще меньших расстояниях от центра взрыва.

Однако поражающее действие атомного взрыва значительно можно сократить или устранить совершенно, если

иметь укрытия и убежища, подготовленные с учетом требований противоатомной защиты. Даже при нахождении людей в открытых окопах, траншеях и ходах сообщения полного профиля поражение от указанного калибра атомной бомбы может наблюдаться при воздействии светового излучения лишь на расстоянии 400 метров, проникающей радиацией — в радиусе до 550 метров, а ударной волны — в радиусе до 700—750 метров. При оборудовании позиций и районов расположения войск закрытыми убежищами (крытый окоп или участок траншеи) личный состав может подвергнуться поражению ударной волной только на расстояниях до 400 м, а поражения световым излучением не будет совсем. Степень поражения людей проникающей радиацией будет зависеть от толщины сооружения. Защиту от радиоактивных веществ, оседающих на местность после взрыва, обеспечат индивидуальные средства противохимической защиты (противогаз, накидка, чулки, перчатки). При оборудовании закрытых убежищ достаточной прочности с покрытиями, снижающими дозу проникающей радиации до безопасных норм, можно обеспечить надежную защиту от поражения воздушным взрывом даже вблизи от эпицентра взрыва.

Таким образом, и от атомного оружия имеются надежные средства и способы защиты. Несмотря на то что атомная бомба — несомненно, мощное оружие, она совсем не является «сверхоружием», то есть таким оружием, против которого невозможна никакая защита. За появлением каждого нового вида оружия всегда следовала разработка средств и способов защиты, снижавших эффективность этого оружия. Появление атомного оружия повлекло за собой активные изыскания средств защиты. В настоящее время, когда поражающая сила атомного и водородного оружия уже достаточно исследована, можно говорить о надежных и сравнительно простых способах и средствах защиты. Наука и техника, изыскивая средства противоатомной защиты, идет еще дальше. Принимаются не только меры непосредственной защиты войск и населения; разрабатываются способы борьбы с самолетами, управляемыми снарядами и другими носителями атомных бомб, а также способы ведения боевых действий в условиях применения атомного оружия.

В настоящее время с атомного оружия сброшено покрывало таинственности, его действительные свойства и

реальные возможности намного преувеличивались империалистами с целью запугивания «ужасами» атомной войны.

Возможность нанесения противником атомных ударов вызывает необходимость проводить особые мероприятия по срыву его атомного нападения, а также организовать противоатомную защиту. Важную роль в отражении атомных ударов противника выполняет вся система противовоздушной обороны.

Мероприятия по противоатомной защите осуществляются непрерывно не только во всех видах боя, но и при нахождении войск в глубоком тылу. Они имеют целью обеспечить войска от непосредственного воздействия атомного оружия и сохранить их боеспособность.

Особенности действия атомного оружия требуют и особых способов защиты от него. Эти способы должны включать в себя защиту одновременно от ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, а также от вредного действия радиоактивных веществ, находящихся после взрыва в воздухе и на поверхности земли (в воде).

Каковы же основные средства и способы защиты от воздействия атомного оружия? Противоатомная защита включает следующие мероприятия: 1) оповещение об опасности атомного нападения; 2) инженерное оборудование местности в противоатомном отношении; 3) радиационная разведка; 4) ликвидация последствий атомного нападения. Познакомимся с этими мероприятиями подробнее.

**Оповещение об опасности атомного нападения** организуется с целью своевременного принятия войсками мер к отражению атомного нападения и защите от поражающего действия атомного оружия. Личный состав оповещается установленными сигналами по радио и проводными средствами связи; эти сигналы немедленно дублируются звуковыми или зрительными сигналами.

Как только подается сигнал атомной тревоги, подразделения принимают немедленные меры по защите от атомного оружия. Выполнение боевой задачи при этом не прекращается.

В эти минуты необходимо особенно внимательно следить за командой, приказаниями и сигналами командира. Надо помнить, что от организованности, быстроты и смелости воинов зависит, как будет выполнена боевая за-

дача, какое поражение нанесет атомное нападение противника. Кроме того, не исключена возможность, что при атомном нападении военнослужащему придется принимать меры самозащиты без предварительного предупреждения.

Атомное нападение противника не может служить основанием для прекращения боя. Услышав или увидев сигнал атомной тревоги, следует привести в положение «наготове» индивидуальные средства противохимической защиты и продолжать выполнять боевую задачу. Нужно быть внимательным, соблюдать спокойствие, выдержку и организованность; командир укажет наиболее целесообразный способ действия.

Если в момент подачи сигнала бой не ведется, следует принять меры для защиты себя и своего оружия от поражения атомным взрывом. Орудия, танки, самоходно-артиллерийские установки, автомобили необходимо поставить в укрытия, занять подготовленный блиндаж или убежище. Входя последним в блиндаж (убежище), нужно закрыть за собой дверь или прикрыть вход щитом; в убежище перекрыть дымоход и воздуховод. Во избежание пожара следует погасить керосиновые лампы и огонь в печи.

Если подготовленных укрытий в момент подачи сигнала атомной тревоги нет, нужно использовать для укрытия любую складку местности или местный предмет. Не надо оставлять вне укрытий свое оружие, приборы, радиостанцию, а захватить их с собой в убежище; возгораемые детали техники, оставленные вне укрытий, для защиты от светового излучения надо накрыть брезентом и чехлами. На марше по сигналу атомной тревоги движение не прекращается. Водители закрывают кабину (люк, жалюзи) и сохраняют свое место в колонне.

От поражения радиоактивными веществами и от воздействия светового излучения надежно предохраняют индивидуальные средства противохимической защиты — противогаз, защитный костюм, накидка, чулки и перчатки. Противогаз полностью защищает воина от попадания радиоактивных веществ внутрь организма и от заражения кожных покровов головы. Защитный костюм — накидка, чулки, перчатки — предохраняет открытые участки тела, обмундирование, обувь и снаряжение. Помимо табельных индивидуальных средств защиты, можно с успехом

использовать подручные средства, такие, как полотенце, носовой платок, марлю (для защиты органов дыхания), брезент, мешковину, рогожу, маты из соломы, камыша, веток (для защиты обмундирования и обуви).

Чтобы надежнее защитить себя от светового излучения, необходимо укрывать обнаженные части тела. Любая преграда, защищая от прямого действия света, полностью исключает ожоги. Крутости траншей, покрытия и стены различных оборонительных сооружений, а также броня (танков, самоходных артиллерийских установок и т. д.) резко ослабляют и действие проникающей радиации.

Находясь в обороне, воины должны заблаговременно укладывать боеприпасы, горючее и смазочные материалы, продовольствие и фураж в защитные сооружения и укрытия, в специальные ниши. Носимый запас продовольствия должен быть завернут в 2—3 слоя плотной бумаги или ткани.

Особые меры принимают для того, чтобы уменьшить заражение радиоактивными веществами корабельных помещений и техники. Для этого по сигналу тщательно задраивают все приемные и выводные вентиляционные каналы, все люки, иллюминаторы, двери, горловины (после атомного взрыва используют специальную вентиляцию с фильтрами-поглотителями). Вооружение и материальная часть открытых боевых постов предохраняются с помощью брезентовых чехлов.

Характер действия после сигнала атомной тревоги определяется боевой задачей. Так, если подразделение находится в наступлении, то лучшим способом действий после сигнала будет по приказу командира стремительное сближение с противником. Это может привести к тому, что противник откажется от применения атомного оружия.

Как действовать при атомном нападении, во многом также зависит от того, какую боевую задачу выполняет подразделение или отдельные воины. При этом каждый солдат должен знать, что действуя быстро, спокойно и находчиво, он может своевременно занять такое положение, которое значительно уменьшит степень поражения.

Не надо забывать и другое — за атомным нападением



противника, как правило, последует его атака. Поэтому необходимо вести неослабное наблюдение за противником, быть готовым к бою. С момента вспышки атомного взрыва до прихода ударной волны проходит несколько секунд (время прихода волны зависит от расстояния до места взрыва). Однако это время позволяет занять ближайшее, находящееся в нескольких шагах укрытие (блиндаж, убежище). Если в момент взрыва человек находится в траншее или окопе, то нужно лечь на дно. В случае если вблизи нет ни укрытия, ни складки местности, нужно лечь на землю (палубу) лицом вниз. Лежа так, можно избежать поражения ударной волной или значительно ослабить его, а также предохранить лицо от ожогов. Кисти рук надо спрятать под себя, глаза закрыть, чтобы предохранить от возможной временной потери зрения. Находясь в танке при вспышке атомного взрыва, нужно закрыть, как мы указывали выше, люки и жалюзи; находясь в кабине автомобиля, — опуститься ниже ветрового стекла, чтобы избежать поражения осколками стекла и световым излучением; находясь в кузове, нужно лечь на его дно, а если лечь на дно нельзя, то согнуться. Находясь в боевой рубке корабля и увидев вспышку атомного взрыва, нужно немедленно нагнуться, чтобы избежать ожогов от светового излучения.

Помимо специальных оборонительных сооружений, хорошей защитой при атомных взрывах могут служить самые различные укрытия: складки местности, канавы, ямы, бугры, насыпи, овраги, воронки от бомб, мин и снарядов, тоннели, подвалы прочных зданий, разные местные предметы и т. д.

На кораблях для этой цели годятся корабельные помещения, надстройки, артиллерийские башни, щиты, торпедные аппараты, борты палубы и др. Быстро и умело пользуясь такими укрытиями, можно значительно ослабить воздействие атомного взрыва.

В условиях атомной войны каждый воин должен быть заранее готов к противоатомной защите: знать, что необходимо делать при атомном нападении, держать в полной исправности противогаз и другие средства противохимической защиты, предохранять от заражения радиоактивными веществами оружие и боевую технику. Легче защитить оружие и технику от заражения, чем потом дезактивировать их.



Рис. 27. Укрытие в траншее (окопе) при атомном взрыве. Если в момент атомного взрыва воин находится в траншее или окопе, нужно лечь на дно.

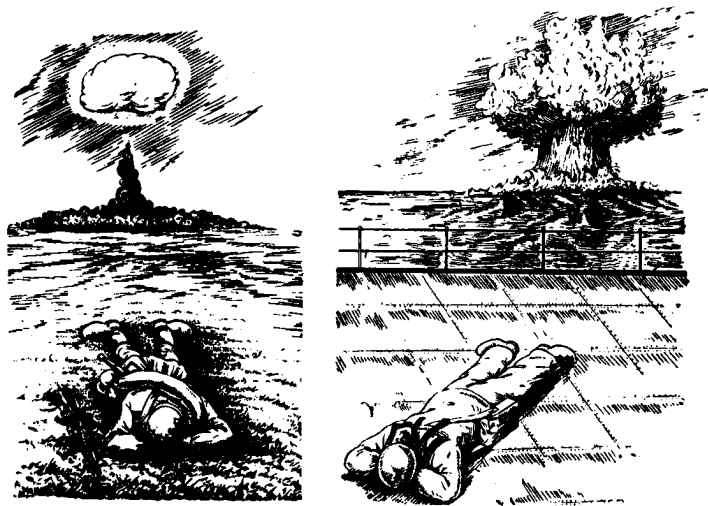


Рис. 27а. Наиболее выгодное положение на открытой местности и на палубе корабля при атомном взрыве.



Рис. 27б. Укрытие в воронке при атомном взрыве.

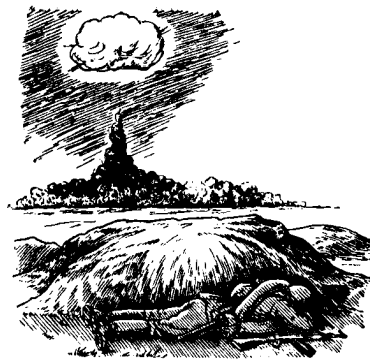


Рис. 27в. Укрытие за бугром при атомном взрыве.

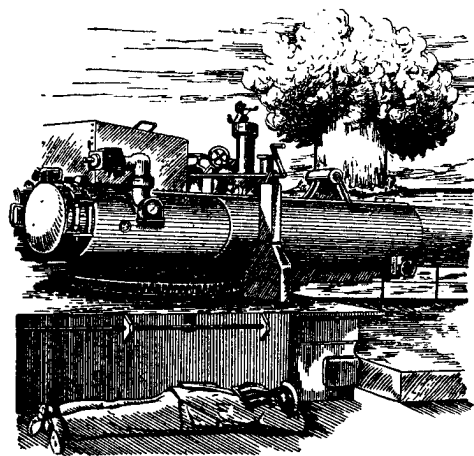


Рис. 27г. Укрытие за торпедным аппаратом при атомном взрыве.

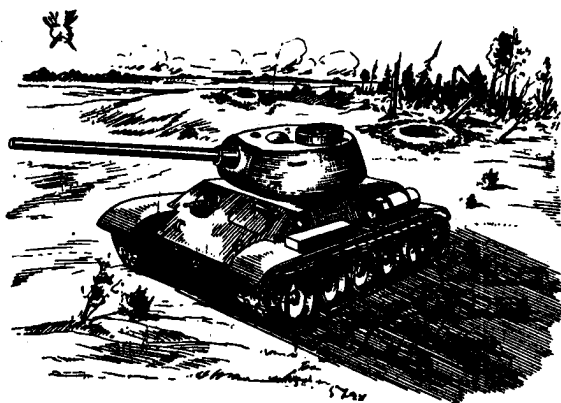


Рис. 27д. Укрытие за танком при атомном взрыве.

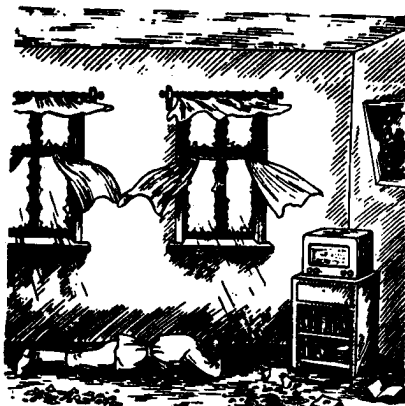


Рис. 27е. Находясь в здании при вспышке атомного взрыва, нужно ложиться к простенку.

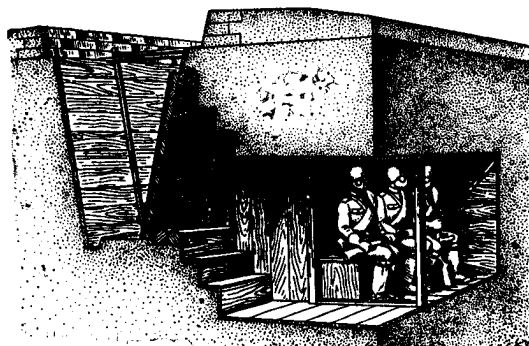


Рис. 27ж. Укрытие при атомном взрыве в подбрустверном блиндаже.

**Инженерное оборудование местности в противоатомном отношении** имеет целью резко ослабить или вовсе исключить воздействие на личный состав, вооружение, боевую технику и имущество поражающих факторов атомного взрыва — ударной волны, проникающей радиации, светового излучения и радиоактивного заражения.

Основным средством защиты людей, оружия, боевой техники и военного имущества от атомного оружия служат оборонительные сооружения. Ожидая атомное нападение, необходимо принимать меры к увеличению прочности различных сооружений как вновь строящихся, так и существующих.

В любых условиях боевой обстановки для защиты от атомного оружия нужно уметь использовать складки местности и местные предметы. Однако надеяться только на защитные свойства местности нельзя. Необходимо использовать все возможности, чтобы подготовить фортификационные сооружения, так как даже простейшие из них — окопы, щели — значительно уменьшат возможность поражения людей и техники атомным взрывом.

Фортификационные сооружения являются хорошим средством защиты от атомного взрыва. Каждое из них нужно оборудовать с учетом требований противоатомной защиты.

Траншеи и ходы сообщения не должны иметь резких изломов, так как в этих местах они легко разрушаются ударной волной. Траншеи и ходы сообщения на отдельных участках (длиной 10—12 метров) необходимо перекрывать. Перекрытия снижают воздействие ударной волны и проникающей радиации и исключают воздействие светового излучения. Делать перекрытия можно из бревен (жердей, хвороста), поверх бревен насыпать слой земли, чтобы общая толщина покрытия была не меньше 50 сантиметров. Для перекрытия участков траншей зимой можно использовать снег. Для этого обычно из фанеры илифанеры над участком траншеи устраивается покрытие в виде свода, поверх которого намораживают слой льда. Затем лед засыпают снегом, который хорошо утрамбовывают.

- Перекрытия траншей и ходов сообщения не должны возвышаться над бруствером траншей, чтобы меньше подвергаться воздействию ударной волны. Траншеи и ходы сообщения должны быть полного профиля, а на

перекрытых участках и в местах расположения блиндажей и убежищ иметь глубину до 1,8 метра. Крутости траншей и ходов сообщения в слабых грунтах, а также на перекрытых участках и в местах входов в укрытия нужно крепить жердями, плетнями из хвороста или матами из камыша.

Если одежда крутостей устраивается на большом протяжении, то через каждые 40—50 метров нужно оставлять в ней противопожарные разрывы шириной 1—2 метра. Нельзя делать траншеи без брустверов и

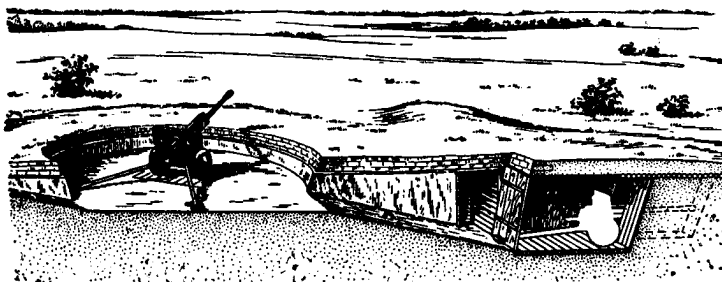


Рис. 28. Окоп с укрытием для орудия. Рядом с укрытием виден вход в блиндаж для расчета.

тыльных траверсов, так как это снижает защитные свойства траншей.

Подбрустверные блиндажи и убежища различных типов надо устраивать с прочными стенами и покрытиями. При устройстве подбрустверных блиндажей и убежищ в слабых и средних грунтах особое внимание следует уделять креплению стен. Над блиндажами должно быть не менее 1 метра, а над убежищами — 1,5 метра грунта. Входы в блиндажи и убежища нужно оборудовать прочными дверями.

Минометные и орудийные окопы (рис. 28) в слабых грунтах нужно делать с одеждой крутостей из жердей или хвороста. Рядом с окопами для легких орудий устраиваются укрытия. Входы в укрытия закрывают прочными щитами.

Для автомобилей (рис. 29), танков, самоходно-артиллерийских установок также устраиваются укрытия.

Все открытые деревянные части фортификационных сооружений, а также одежду крутостей траншей, ходов сообщения, окопов и укрытий нужно для защиты от светового излучения обмазать летом раствором грунта, а зимой известью. Вокруг фортификационных сооружений,

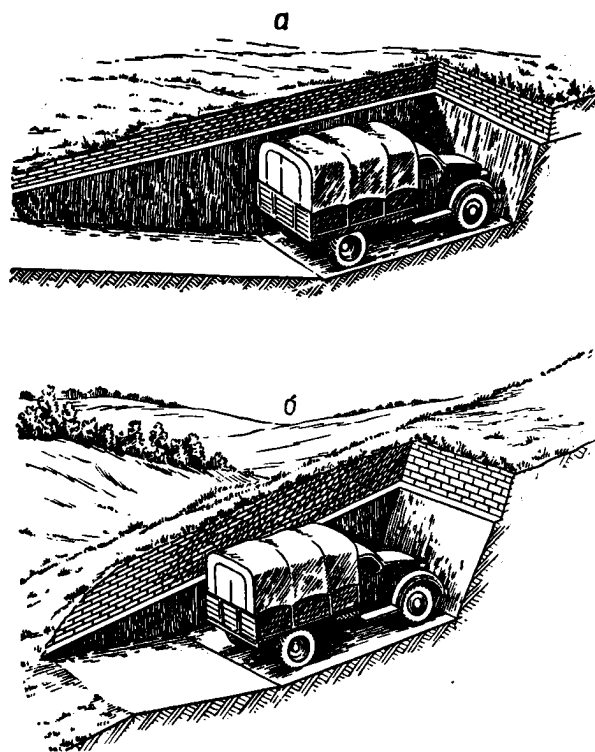


Рис. 29. Укрытие для автомобилей при атомном взрыве:  
а — на равнинной местности, б — на скате.

расположенных в лесу, следует убрать хворост, хвою и сухую траву. Для укрытия личного состава можно использовать пещеры и различные выработки, подвалы прочных зданий, подземные склады и тоннели.

Все фортификационные сооружения надо маскировать под окружающую местность табельными масками, травой, дерном, ветвями и другими подручными материалами.

Наиболее важные военные объекты рекомендуется укрывать в тяжелых бетонных и железобетонных сооружениях.

Надежные убежища для населения рекомендуется оборудовать в нижних этажах или подвалах прочных железобетонных зданий и зданий со стальным каркасом. Если убежище строится отдельно, оно должно быть расположено вдали от строений, особенно больших, чтобы не быть засыпанным.

В иностранной печати указывалось, что при опытных взрывах атомных бомб с тротильным эквивалентом в 20 тысяч тонн железобетонная стена толщиной в 30 сантиметров хорошо защищала от ударной волны на удалении более 800 метров от эпицентра взрыва. На основании некоторых подсчетов высказывается мнение, что для уменьшения дозы гамма-излучения ниже опасной для жизни на расстоянии 700 метров от эпицентра взрыва необходим защитный слой бетона толщиной в 50 сантиметров или земли толщиной в 75 сантиметров.

При атомном взрыве могут возникать пожары. Поэтому необходимо удалять все горючие материалы, особенно от окон и входов строений и укрытий. В населенных пунктах сносятся легкие деревянные строения и заборы. Все это уменьшает возможность пожаров. Большое значение при этом имеет хорошо организованная противопожарная охрана.

**Радиационная разведка** должна своевременно обнаружить радиоактивные вещества, выпавшие на местность после атомного взрыва (или же специально примененные противником), определить уровни радиации, обозначить зараженные участки, отыскать обходы и своевременно предупредить войска для принятия мер безопасности от поражения радиоактивными веществами.

Чтобы исключить облучение личного состава сверх допустимых норм, осуществляется дозиметрический контроль. Приборами радиационной разведки и дозиметрического контроля служат индикаторы радиоактивности, рентгенометры, радиометры и дозиметры.

Индикатор радиоактивности служит для обнаружения радиоактивных веществ. С помощью этого наиболее простого прибора можно определить наличие радиоактивного заражения и установить границы зараженного участка.



Рентгенометр (рис. 30) предназначен для измерения уровня радиации в зараженных районах. Основные части этого прибора: ионизационная камера, усилитель постоянного тока, электроизмерительный прибор (микроамперметр) и источники питания. Как действует рентгенометр? При воздействии бета- и гамма-излучений на иониза-

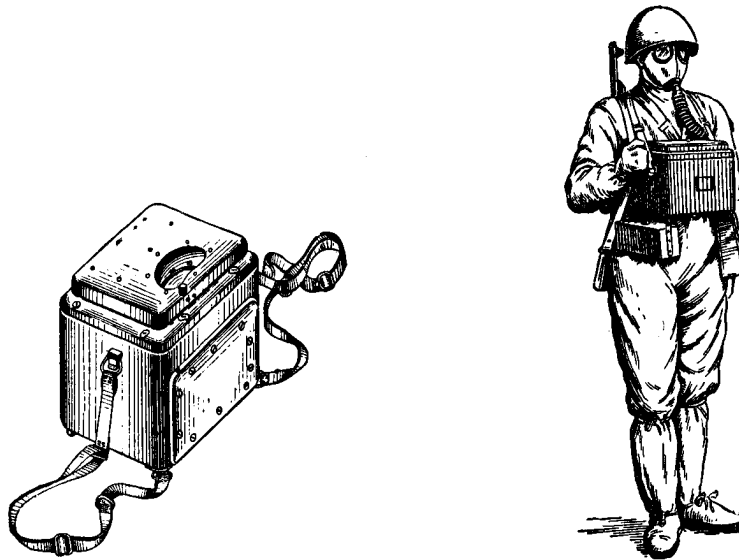


Рис. 30. В левой части рисунка внешний вид рентгенометра, в правой — положение рентгенометра при измерениях уровня радиации на местности.

ционную камеру в ней возникает электрический ток, который усиливается и измеряется микроамперметром. Прибор позволяет измерять уровни радиации и устанавливать границы зараженного района, участки сильного и опасного заражения.

Радиометром (рис. 31) определяют степени радиоактивного заражения поверхностей различных объектов, продовольствия, воды и воздуха, а также обмундирования и кожных покровов людей после выхода их из зараженного района. Зараженность различных предметов измеряют количеством радиоактивных распадов на 1 квадратном сантиметре поверхности предмета в 1 минуту. Радиометры применяются главным образом для

контроля степени зараженности людей, оружия, боевой техники, воздуха, воды, продовольствия и имущества на пунктах специальной обработки. При помощи их можно измерять также небольшие уровни гамма-радиации, что позволяет использовать их для ведения радиационной разведки местности с самолета.



Рис. 31. Положение радиометра при измерениях зараженности предмета. Слева — общий вид радиометра.

Радиометр состоит из газового счетчика, усилителя электрических импульсов, преобразователя импульсов, электроизмерительного прибора и источников питания. Действует этот прибор так. При воздействии на счетчик бета-частиц и гамма-лучей в цепи его возникают электрические импульсы; они усиливаются и при помощи преобразователя импульсов преобразуются в постоянный электрический ток. Величина этого тока, пропорциональная количеству бета-частиц и гамма-лучей, воздействующих на счетчик, измеряется микроамперметром.

Четвертый прибор — дозиметр — предназначен для измерения суммарной дозы радиации, полученной личным составом за время пребывания на зараженной местности. Могут быть дозиметры не только индивидуальные,

но и групповые. Комплект индивидуального контроля состоит из небольших индивидуальных ионизационных камер (рис. 32) и зарядно-измерительного пульта. Камеры имеют небольшие размеры и помещаются в кармане гимнастерки. Внешне ионизационная камера напоминает автоматическую ручку.

**Ликвидация последствий атомного нападения** имеет целью быстро восстановить боевую готовность войск. Она включает такие мероприятия, как проведение спасатель-

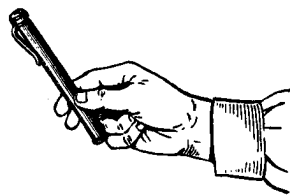


Рис. 32. Ионизационная камера для индивидуального контроля облучения.

ных работ, тушение пожаров, восстановление разрушенных или поврежденных оборонительных сооружений, линий связи, проведение санитарной обработки людей и ветеринарной обработки животных, а также дезактивацию обмундирования, снаряжения, оружия, боевой техники и продуктов питания.

После взрыва атомной бомбы (или другого снаряда с ядерным ВВ, а также в случае применения боевых радиоактивных веществ) необходимо принять защитные меры от вредного воздействия поражающих факторов атомного взрыва.

Санитарная обработка личного состава войск (ветеринарная обработка животных) и дезактивация вооружения, техники, обмундирования, снаряжения и другого имущества проводятся с целью предотвращения поражения личного состава радиоактивными веществами.

Удаление радиоактивных веществ с кожных покровов людей и со слизистых оболочек глаз, носа и рта называется санитарной обработкой, а с животных — ветеринарной. Удаление радиоактивных веществ с оружия, боевой техники, имущества, оборонительных сооружений, местности, а также из воды, продовольствия и фуража называется дезактивацией.

Во всех случаях санитарная и ветеринарная обработка, а также дезактивация проводятся не в ущерб выполнению боевой задачи. Санитарная и ветеринарная обработка, а также дезактивация в зависимости от условий боевой обстановки могут выполняться частично или в

полном объеме и соответственно подразделяются на частичную и полную.

При заражении радиоактивными веществами частичную санитарную обработку вне зараженного района проводят в следующем порядке. Нужно снять защитную накидку и отряхнуть пыль с обмундирования. Стряхивать пыль следует так, чтобы не запылить себя и окружающих. Затем надо провести частичную дезактивацию оружия и техники, снять противогаз, защитные чулки и перчатки и дезактивировать индивидуальные средства противохимической защиты. После этого вымыть руки и промыть 2—3 раза незараженной водой открытые участки тела. Особое внимание следует обратить на тщательность мытья и удаление грязи из-под ногтей. Нужно высморкаться, тщательно промыть чистой водой нос и прополоскать рот. При недостатке воды открытые участки тела можно протереть влажным полотенцем, тампоном, носовым платком или другой чистой влажной тканью. Грязный тампон следует заменять чистым, протирать открытые участки тела в одном направлении. При частичной санитарной обработке в зараженном районе радиоактивные вещества удаляются только с открытых участков тела. Нельзя пользоваться водой из источников, находящихся в зараженном районе, без разрешения командира. Если воды нет или ее нельзя использовать, открытые участки тела следует протереть тампонами, смоченными водой из фляги, а в крайнем случае — сухими.

При заражении радиоактивными веществами полная санитарная обработка заключается в тщательном мытье всего тела (желательно теплой водой с мылом) под душем или в незараженном водоеме.

Для частичной дезактивации оружия нужно изготовить 3—5 тампонов из незараженной пакли или ветоши, смочить тампоны незараженной водой, а при отсутствии воды — керосином или бензином и тщательно протереть оружие (карабин, автомат) или те части пулемета, пушки, танка, автомобиля, к которым приходится постоянно прикасаться.

Протирать оружие следует сверху вниз, каждый раз поворачивая тампон незараженной стороной. Следует обработать таким образом поверхности несколько раз, при этом каждый раз заменять грязный тампон чистым.

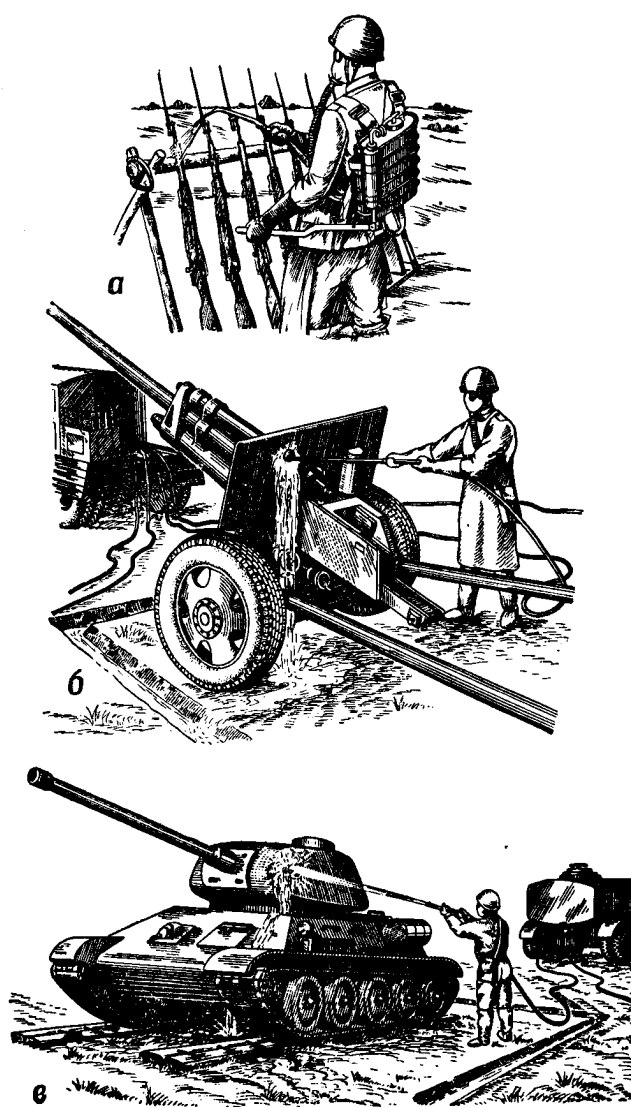


Рис. 33. Полная дезактивация оружия и боевой техники:  
а — полная дезактивация оружия с использованием ранцевого дегазационного прибора; б — полная дезактивация орудия с использованием автомобильной дегазационной машины; в — полная дезактивация танка с использованием авторазливочной станции.

Грязные тампоны нужно выбрасывать в заранее подготовленный ровик. Части оружия или техники, покрытые смазкой, необходимо протирать тампонами, смоченными в бензине (керосине). Если бензина (керосина) нет, нужно протереть эти места сухой ветошью. Окончив дезактивацию, следует насухо протереть оружие и боевую технику чистой ветошью или паклей и при необходимости смазать. Если для дезактивации оружия воды или бензина и керосина нет, нужно протереть его 3—4 раза сухой чистой ветошью или паклей.

Полная дезактивация оружия и боевой техники может быть произведена, например, такими способами: смыванием радиоактивных веществ струей воды (рис. 33); смы-



Рис. 34. Некоторые способы частичной дезактивации обмундирования и снаряжения. В левой части рисунка — отряхивание верхнего обмундирования; в правой части рисунка — обтирание снаряжения и обмундирования жгутами из сена или травы.

ванием радиоактивных веществ водой при одновременном протирании поверхности щетками, ветошью или паклей; протиранием щетками, кистями, тампонами, смоченными в воде; промыванием деталей в бензине или керосине. Зимой полная дезактивация оружия и боевой техники может производиться протиранием их ветошью или паклей, смоченной в бензине, керосине или в незамерзающих растворах.

Частичная дезактивация обмундирования, снаряжения и индивидуальных средств противохимической защиты проводится путем отряхивания или обметания радиоактивной пыли (рис. 34). Верхнюю одежду для дезактива-

ции нужно снять. Зимой обмундирование, снаряжение и обувь можно дезактивировать незараженным снегом. Если поверх обмундирования была надета защитная накидка, то обязательно следует отряхнуть или обмести те места обмундирования, которые не были ею прикрыты. Полная дезактивация обмундирования заключается в стирке или тщательном выколачивании его в течение 10—15 минут, а средств противохимической защиты — в обмывании их дезактивирующими растворами или водой.

Траншеи, ходы сообщения и окопы с одеждой крутоостей следует дезактивировать, не нарушая маскировки. Нужно срезать 3—4 сантиметра грунта с бермы и отбросить его за бруствер, обметать крутости окопа (траншеи) влажной метлой или влажными жгутами из соломы, травы. Затем следует снять 3—4 сантиметра грунта со дна окопа и сыпать его в специально отрытый тупик. Неодетые крутости окопа следует очистить лопатой и срезать слой грунта толщиной 3—4 сантиметра. Покрытие, стены и пол закрытых сооружений тщательно обметаются влажными вениками, щетками и тряпками. Надо помнить, что дезактивация не может ускорить распад радиоактивных веществ; последние остаются по-прежнему опасными. Поэтому все продукты дезактивации необходимо зарывать глубоко в землю.

Помимо указанных средств обработки зараженных предметов, в отдельных случаях можно зараженные предметы целиком зарывать глубоко в землю или же временно не использовать их, пока естественный радиоактивный распад не снизит остаточную радиацию до безопасной величины.

Надо заметить, что ученые (по данным иностранной печати) работают в настоящее время над новыми типами защитных устройств и хороших моющих средств для удаления с кожи, одежды и других материалов радиоактивных частиц. Разрабатываются также надежные способы очистки воздуха, зараженного радиоактивными веществами.

Атомный взрыв заражает местность радиоактивными веществами. Местность, зараженная радиоактивными веществами, доступна для боевых действий. Но вести бой на такой местности значительно труднее. Выполняя боевую задачу, надо заботиться о том, чтобы избежать по-

ражения на местности радиоактивными веществами. Поэтому действия на зараженной местности требуют от воинов соблюдения ряда правил. Так, например, не следует без надобности брать никаких посторонних предметов и не прикасаться к ним, ложиться или садиться на зараженную землю или палубу, нельзя курить, пить и принимать пищу, касаться руками лица и т. д.

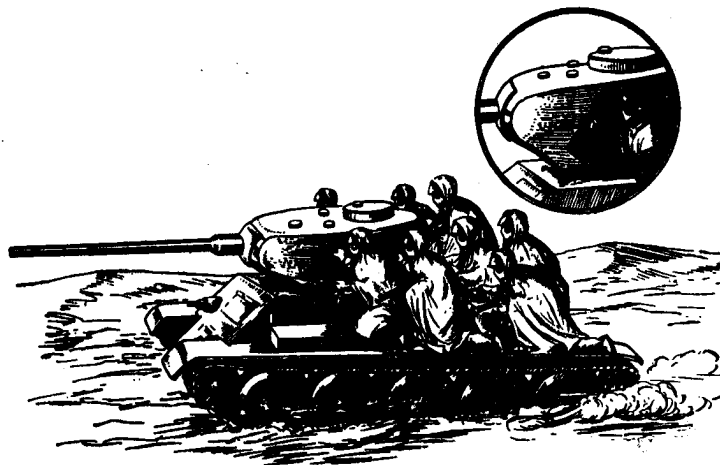


Рис. 35. Преодоление зараженного участка на танке.

Действия в зараженном районе требуют от воинов и особых навыков, к которым нужно себя заблаговременно готовить. Надо уметь быстро и умело преодолевать зараженные участки, используя при этом индивидуальные средства противохимической защиты.

На местности, зараженной радиоактивными веществами, противогаз следует надевать при наличии в воздухе пыли. Во время перебежки следует использовать при залегании накидку-подстил, плащ-палатку или подстил из подручных средств. В танках и самоходно-артиллерийских установках зараженные участки местности преодолеваются в противогазе, с закрытыми люками и прикрытыми (или закрытыми) жалюзи и по возможности с выключенными вентиляторами боевого отделения. На бронетранспортере, танке, самоходно-артиллерийской установке и автомобиле (рис. 35 и 36) зараженные уча-



стки преодолеваются в противогазе, защитной накидке или в плащ-палатке. Перед спешиванием нужно надеть защитные чулки.

Окапываться надо лежа, на подстиле (рис. 37). При окапывании следует сначала снять верхний зараженный слой земли и осторожно отбросить землю в подветренную сторону, стараясь не запылить себя, товарища и оружие, затем отрывать ячейку. Бруствер устраивают из

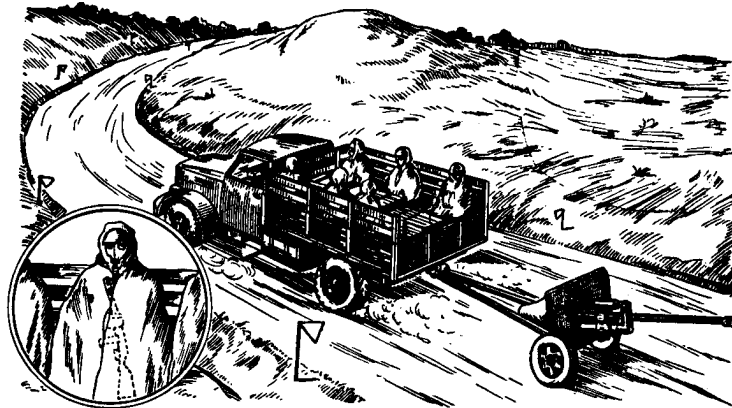


Рис. 36. Преодоление зараженного участка на автомобиле.

незараженной земли. Не надо входить без надобности в зоны заражения, обозначенные на местности предупредительными знаками (знаками ограждения). Нельзя входить в убежище в зараженном обмундировании и с зараженным оружием.

При организации дезактивационных работ следует в полной мере, насколько позволяет обстановка, использовать так называемую самодезактивацию, т. е. уменьшение степени заражения вследствие самопроизвольного распада радиоактивных веществ.

Как уже указывалось, основными способами защиты от радиоактивных веществ при действиях на зараженной местности являются ограничение времени пребывания на зараженном участке и предотвращение попадания радиоактивных веществ на кожу и внутрь организма.

Современная техника позволяет преодолевать зараженные участки с достаточной скоростью, обеспечивая

тем самым первое из указанных условий; другое условие надежно обеспечивается использованием индивидуальных средств защиты. Таким образом, в необходимых случаях боевые действия на радиоактивно зараженной местности вполне возможны без проведения дезактивационных работ.

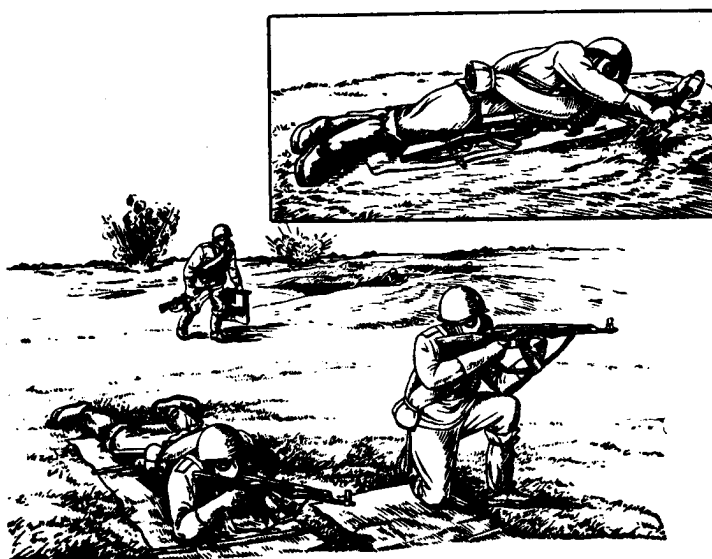


Рис. 37. Преодоление зараженного участка местности под огнем противника. Движение совершается перебежками, при залегании используется накидка-подстил. В верхней части рисунка показано окапывание на зараженной местности с использованием подстила.

Долг каждого советского воина — хорошо знать все средства и способы защиты от воздействия атомного оружия, умело и быстро пользоваться ими при атомном нападении, оказать при необходимости помощь своему товарищу. Каждый воин должен помнить, что в условиях атомного нападения быстрые, умелые действия имеют большое значение. Надо развивать в себе ловкость и выносливость, умение действовать быстро и четко. Отважному и умелому воину, хорошо знающему, как действовать при атомном нападении, атомное оружие не страшно.

**Как действовать в условиях применения атомного оружия?** Основная обязанность советского воина — успеш-

ное выполнение боевой задачи. Чтобы успешно выполнить боевую задачу в условиях применения атомного оружия, нужно постоянно проявлять в бою мужество, настойчивость, выдержку, разумную инициативу и смекалку. Следует твердо знать сигнал атомной тревоги и порядок действий по нему, умело вести бой ночью и в условиях плохой видимости. Нужно быстро возводить и умело использовать для защиты себя, своего оружия и боевой техники фортификационные сооружения, постоянно совершенствовать их, а также умело использовать защитные свойства местности. Необходимо уметь тушить пожары, оказывать помощь пострадавшим и себе, быстро восстанавливать фортификационные сооружения, проводить санитарную обработку, дезактивацию; изучить средства и способы обнаружения радиоактивных веществ. Следует уметь пользоваться индивидуальными средствами противохимической защиты и действовать в них длительное время, содержать их в исправности; при отсутствии табельных средств умело использовать подручные средства; умело действовать на местности, на палубе и в помещениях корабля, зараженных радиоактивными веществами. Нужно постоянно заботиться о предохранении своего оружия и техники, носимого запаса продовольствия, воды и личных вещей от заражения радиоактивными веществами, строго соблюдать санитарно-гигиенические правила.

Таковы особенности боевых действий в условиях применения атомного оружия. Новое оружие само по себе не решает исхода боя. Успех в бою будет достигаться умелым использованием всех имеющихся на вооружении средств, в том числе огневых средств пехоты, танков, артиллерии и авиации. При применении атомного оружия увеличивается напряженность боевых действий. В этих условиях от каждого воина больше, чем когда-либо, требуются отличная выучка, выдержка, стойкость, железная воинская дисциплина и непреклонная воля к победе над врагом. Какие бы трудности ни возникали в бою в связи с применением новых видов оружия, нужно помнить о своем долге перед социалистической Родиной и отдавать все силы для успешного выполнения боевых задач.

Атомное оружие — опасное оружие массового уничтожения. Но «не так страшен черт, как его малюют». Атомные бомбы предназначены для устрашения слабонервных.

Они не могут решить судьбы войны. Военная техника, даже самая эффективная, сама по себе не может добиться победы. Исход вооруженной борьбы и в будущих войнах будут решать люди, в совершенстве владеющие боевой техникой, верящие в правоту целей войны, глубоко преданные своему правительству и всегда готовые отстаивать интересы своего народа.

Задача воинов состоит в том, чтобы хорошо ознакомиться с боевыми свойствами атомного оружия и научиться действовать в условиях его применения.

За последние годы в наших сухопутных войсках, авиации и на флоте проведена большая работа по обучению войск искусству ведения боевых действий в условиях применения атомного оружия и других новых средств борьбы. Соединения и части всех видов Вооруженных Сил получили необходимую практику в решении боевых задач в сложной наземной, воздушной и морской обстановке.

#### **Водородная и кобальтовая бомбы**

До сих пор мы говорили об атомной энергии, получаемой из тяжелых ядер путем их деления. Но единственный ли это путь? Нельзя ли получать атомную энергию другим способом, соединяя легкие атомные ядра в более тяжелые? Можно.

Этот способ получения атомной энергии и используется в водородной (или термоядерной) бомбе. Таким образом, по существу водородная бомба — это также атомная бомба, только совсем другого типа. Взрыв атомной бомбы — это мгновенное деление тяжелых атомных ядер урана 233, урана 235 или плутония 239, при котором выделяется большое количество атомной энергии, а взрыв водородной бомбы — это соединение легких атомных ядер в более тяжелые, при котором также выделяется большое количество атомной энергии. Ядерные реакции подобного типа называются термоядерными реакциями (от греческого слова «термос», что значит «теплый»). Они могут протекать только при очень высоких температурах, измеряемых десятками миллионов градусов. При таких температурах энергия (скорость) частиц настолько велика, что некоторые из ядер химических элементов могут сближаться на расстояния, где между ними начинают действовать силы ядерного взаимодействия. В результате

этого взаимодействия и происходят термоядерные реакции, при которых из легких ядер образуются более тяжелые, с выделением очень больших количеств энергии.

Лучше всего для этого годятся ядра атомов самого легкого элемента — водорода. Они имеют наименьший электрический заряд и поэтому легче, чем все другие, вступают во взаимодействие друг с другом.

Примером подобной ядерной реакции могут служить термоядерные превращения, протекающие в недрах Солнца и многих других звезд.

Солнце отдает в мировое пространство громадное количество тепла и света. Каждую секунду оно излучает столько тепла, сколько дают при полном сгорании 12 миллионов миллиардов тонн каменного угля. Откуда же наше дневное светило, да и другие звезды, черпают свою энергию? Что поддерживает в этих громадных раскаленных телах вселенной высокую температуру, достигающую в их недрах десятков миллионов градусов?

Когда-то люди думали, что Солнце представляет собой как бы гигантскую печку, в которой горит топливо. Однако современная наука опровергла это предположение. На Солнце и звездах при той высокой температуре, которая существует, вообще невозможно горение, как оно происходит в наших земных условиях. Солнце «слишком горячо», чтобы гореть!

В самом деле, ведь горение — это соединение атомов вещества с атомами кислорода, образование окислов, сложных соединений. А на Солнце и звездах в условиях высокой температуры сложные соединения вообще не могут образовываться. Это доказано наукой. Помимо того, исследования химического состава солнечной атмосферы показывают, что на Солнце очень мало кислорода, необходимого для горения.

С другой стороны, если подсчитать, какое количество топлива необходимо для того, чтобы Солнце все так же хорошо согревало нашу Землю в течение многих миллионов лет, то от такого предположения также придется отказаться. Если бы Солнце состояло даже из высококалорийного топлива, скажем из каменного угля, то и тогда оно сгорело бы за какие-нибудь 4—5 тысяч лет.

Когда открыли самопроизвольный распад некоторых химических элементов с выделением тепла, было высказано предположение, что на Солнце и звездах происходит

такой же радиоактивный распад элементов. Однако и это предположение было отвергнуто наукой. Теперь мы знаем, что на Солнце очень мало радиоактивных элементов. Да и в том случае, если бы Солнце состояло из радиоактивных, самопроизвольно распадающихся элементов, то сила его излучения сравнительно быстро уменьшалась бы. В действительности этого нет. Изучая древние слои Земли, ученые установили, что и сотни миллионов лет назад наше Солнце посылало на Землю такое же количество энергии, как и сейчас.

Какова же истинная причина того, что Солнце и звезды светят? Что поддерживает их жар миллионы и миллиарды лет почти без изменения? Энергия небесных тел возникает за счет превращения одних химических элементов в другие. Ученые предполагают, что в недрах звезд водород преобразуется в гелий. Расчеты показывают, что эта реакция может давать ту громадную энергию, которую выделяет Солнце.

Условия существования атомов в недрах Солнца и звезд резко отличаются от земных. Вещество находится там под огромным давлением: температура достигает многих миллионов градусов. Атомы движутся с очень большими скоростями; они беспрестанно сталкиваются друг с другом, разрушая свои электронные оболочки. Атомы в недрах звезд почти полностью ионизированы. Звездное вещество — это скопление атомных «осколков» ядер и электронов. Плотность вещества в недрах Солнца очень велика, она более чем в 100 раз больше плотности воды (что соответствует давлению в миллиарды атмосфер).

В этих условиях ядра атомов могут проникать друг в друга, и в недрах звезд протекают термоядерные реакции, происходят непрерывные ядерные превращения.

Как осуществляется здесь превращение водорода в гелий? В состав Солнца и звезд, помимо этих двух элементов, входят также ядра атомов углерода. Эти ядра и помогают водороду превращаться в гелий.

Ядро углерода (масса 12, заряд 6) сталкивается с протоном, то есть с ядром водорода (масса 1, заряд 1), и превращается в легкий изотоп азота (масса 13, заряд 7), излучая при этом часть ядерной энергии в виде гамма-лучей. Но такой изотоп неустойчив. Он выбрасывает из себя быстрый позитрон, обладающий значительной энер-

гней, и превращается в тяжелый изотоп углерода (масса 13, заряд 6). Этот изотоп живет до тех пор, пока в него не попадет протон; при этом он превращается в ядро обычного азота (с массой 14 и зарядом 7), излучая гамма-лучи.

На этом термоядерная реакция не оканчивается. Когда ко вновь образовавшемуся ядру азота присоединяется очередной протон, возникает неустойчивый изотоп кислорода с массой 15 и зарядом 8; он живет недолго, испускает позитрон и превращается в устойчивый и тяжелый изотоп азота с массой 15 и зарядом 7. А это ядро, захватив новый протон, раскалывается на две половинки: на ядро обычного углерода и ядро гелия. Таким образом, в результате шести ядерных превращений из одного ядра углерода и четырех протонов образуется такое же ядро углерода и ядро гелия. Цикл термоядерных реакций оказывается замкнутым; количество углерода остается неизменным, количество водорода убывает, а гелия прибывает. При этих реакциях и выделяется та огромная энергия, которая дает жизнь нашей планете.

Ежесекундно на Солнце 564 миллиона тонн водорода превращается в 560 миллионов тонн гелия, при этом потеря массы Солнца составляет 4 миллиона тонн. Следовательно, вчера Солнце весило почти на 360 миллиардов тонн больше, чем сегодня. Не надо, однако, опасаться, что Солнце скоро ослабит свою деятельность при таком расходе своих запасов. Масса Солнца столь велика, что, даже теряя каждую секунду 4 миллиона тонн вещества, оно в течение 15 миллиардов лет потеряет всего лишь около 0,001 своего веса.

Итак, энергия Солнца — это по существу та же атомная энергия. Насколько велика эта энергия, можно судить и по такому сравнению: чтобы получить энергию, выделяющуюся при образовании одного килограмма гелия из водорода, необходимо сжечь около 15 тысяч тонн бензина!

Соединение протонов в ядра гелия в недрах Солнца и звезд происходит очень медленно. Для того чтобы осуществился описанный выше замкнутый цикл термоядерных реакций, требуются миллионы лет. Именно поэтому атомная энергия в виде тепла и света излучается Солнцем на протяжении многих миллиардов лет. Но есть и такие термоядерные реакции, которые идут несравненно

быстрее, заканчиваясь в течение коротких долей секунды.

Какие же атомные ядра годятся для быстрой термоядерной реакции? Вы уже знаете, что существуют три изотопа водорода: с массами 1, 2 и 3 — протий (H), дейтерий (D) и тритий (T). Тритий получают искусственным путем, например из изотопа лития при его облучении нейтронами.

Исследования ученых показали, что если вместо одних легких изотопов водорода в термоядерной реакции участвуют также его тяжелые изотопы, то в этом случае ядерные превращения протекают уже значительно быстрее. Так, например, термоядерная реакция: легкий водород + дейтерий = гелий может закончиться в 0,5 секунды. Если же взаимодействуют друг с другом одни тяжелые изотопы, то термоядерная реакция протекает особенно быстро. Например, образование гелия из дейтерия и трития: дейтерий +

+ тритий = гелий при температуре в 20 миллионов градусов заканчивается за 0,000 003 доли секунды. При этом выделяется огромное количество энергии — освобождаемая при этой реакции энергия в несколько раз больше, чем при делении ядер урана 235 и плутония.

Очень быстро протекает и другая подобная термоядерная реакция: дейтерий + дейтерий = гелий.

Две последние реакции и могут быть использованы в водородной (термоядерной) бомбе. Обе эти реакции протекают как сильнейший взрыв.

Как же устроена такая бомба? Как и обычная атомная бомба, водородная бомба (рис. 38) имеет прочную массивную оболочку из тугоплавкого материала. Внутри этой оболочки заключено ядерное взрывчатое вещество — тяжелые изотопы водорода.

Наиболее подходящими химическими соединениями этих изотопов — такими, которые можно использовать

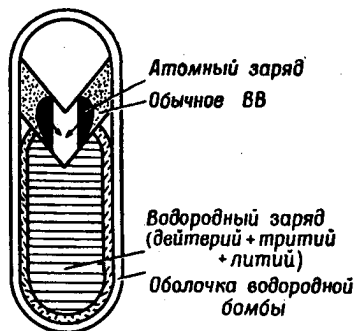


Рис. 38. Принципиальная схема устройства водородной бомбы.



как ядерное ВВ в водородной бомбе, являются тяжелая ( $D_2 O$ ) и сверхтяжелая ( $T_2 O$ ) вода, соединения дейтерия и трития с литием и др.

Чтобы в бомбе началась термоядерная реакция между тяжелыми изотопами, необходима очень высокая температура. Такую температуру можно получить при взрыве урановой или плутониевой бомбы. Поэтому водородная бомба должна иметь внутри своей оболочки также атомную бомбу, которая выполняет здесь роль капсюля-детонатора. Взрываясь, она «поджигает» водородное «горючее».

По данным иностранной печати, в качестве заряда ядерного ВВ в бомбе используется в настоящее время смесь дейтерия с тритием, заключенная в ней в отдельную плотную оболочку, и, кроме того, еще один дейтерий, причем дейтерия в бомбе больше, чем трития. Другими словами, водородная бомба — это как бы устройство из трех различных бомб: одна бомба — «зажигалка» — урановая или плутониевая, другая — тритиево-дейтериевая и третья, в которой помещены первые две бомбы, — начиненная дейтерием.

Такой принцип устройства водородной бомбы объясняется следующим. Дейтерий стоит гораздо дешевле трития; он входит в состав обычной воды, из которой его выделяют с помощью электрического тока. Однако использовать в бомбе в качестве ядерного ВВ один дейтерий, по-видимому, нельзя. Как указывалось в зарубежной печати, исследования показали, что при той температуре, которую дает взрыв атомной бомбы, заключенной в водородной бомбе, термоядерная реакция идет лишь между дейтерием и тритием. Однако начинать всю водородную бомбу этой смесью нежелательно. Одна из причин заключается в том, что, как уже говорилось, тритий очень дорог по сравнению с дейтерием.

С другой стороны, было установлено, что термоядерная реакция между дейтерием и тритием дает большую температуру, чем взрыв обычной атомной бомбы. При этом уже возможна и термоядерная реакция между одними ядрами дейтерия.

Вот как может протекать взрыв водородной бомбы: атомная бомба, взорвавшись, повышает в оболочке температуру и давление настолько, что начинается термоядерная реакция между дейтерием и тритием. Энергия, выделяющаяся при этой реакции — взрыве, повышает

температуру и давление в водородной бомбе еще больше, и тогда начинается термоядерная реакция на одном дейтерии. Другими словами, составные части водородной бомбы подрывают одна другую. Все эти процессы протекают друг за другом за крайне ничтожное время. При таком устройстве водородной бомбы расходуется лишь небольшое количество дорогостоящего трития.

В отличие от тяжелого ядерного «горючего» типа урана 235, водородное ядерное «горючее» не имеет критической массы: его можно брать в любом количестве и увеличивать тем самым еще больше силу взрыва (конечно, если водородное «горючее» успеет «сгореть», прежде чем разрушится оболочка бомбы). Поэтому мощность водородных бомб может во много раз превосходить мощность обычных атомных. Это связано с тем, что в водородной бомбе, по-видимому, успевает вступить в реакцию больше ядерного ВВ, чем в обычной атомной бомбе. Однако практически создание таких сверхмощных бомб связано с огромными техническими трудностями.

Тритиевый эквивалент современной сверхмощной термоядерной (водородной) бомбы достигает 20 миллионов тонн. В зарубежной печати усиленно обсуждается вопрос о том, как может быть достигнута столь громадная мощность взрыва. Высказывается предположение, что в сверхмощной водородной бомбе происходит сначала процесс деления ядер урана 235 или плутония 239, затем реакция синтеза (термоядерная реакция) и снова процесс деления ядер, но уже урана 238. Первая реакция деления ядер повышает температуру до такой степени, когда возможно начало термоядерной реакции синтеза ядер дейтерия и трития. При термоядерной реакции появляется мощный поток быстро летящих нейтронов, которые способны вызвать расщепление обычно не делящихся ядер урана 238. Из этого сравнительно дешевого и широко распространенного изотопа урана делается специальная оболочка вокруг водородной бомбы.

Кроме тяжелых изотопов водорода, в водородной бомбе может быть использована в качестве заряда ядерного ВВ смесь или химические соединения дейтерия и легкого элемента — лития. Термоядерная реакция между ядрами этих элементов приводит также к образованию гелия и дает взрыв большой мощности.

Осуществить термоядерную реакцию между атомами других химических элементов значительно труднее. Как уже говорилось, ядра изотопов водорода обладают наименьшим электрическим зарядом. Заряд ядра у атомов других элементов больше, чем заряд ядер дейтерия, трития или лития, а это имеет очень существенное значение: чем больше электрический заряд ядер, тем больше требуется энергии для преодоления действующих между ними электрических сил отталкивания.

Другими словами, для осуществления термоядерной реакции между атомами более тяжелых элементов необходимы еще более высокие температуры и давление, чем для изотопов водорода. Так, например, для того чтобы преодолеть силы отталкивания между ядрами кислорода, заряд которых, как мы уже знаем, по величине в восемь раз больше заряда водородных ядер, необходима такая кинетическая энергия, которую ядра кислорода могут приобрести при температуре, достигающей десятков миллиардов градусов! Вот почему именно водород и литий, а не другие, более тяжелые элементы служат ядерным ВВ в термоядерной бомбе.

Поражающими факторами взрыва водородной бомбы, как и взрыва обычной атомной бомбы, являются ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение местности и воздуха, но они проявляются в значительно больших размерах. Тротиловый эквивалент термоядерного взрыва может достигать до десятков миллионов тонн, что во много раз превышает силу взрыва урановой или плутониевой бомбы. Поражающее действие ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения местности и воздуха при взрыве такой водородной бомбы возможно на более значительном расстоянии, чем атомной.

Надо отметить также, что при взрыве бомбы, снаряженной изотопами водорода, сильно увеличивается опасность поражения остаточными радиоактивными веществами. Это связано с тем, что взрыв водородной бомбы рождает гораздо более мощные потоки нейтронов, чем взрыв атомной бомбы. Нейтронное излучение делает радиоактивными окружающие вещества. Массы таких веществ уносятся вместе с облаком, образующимся после взрыва, и затем, оседая на землю, заражают местность на значительной площади.

Среди других видов атомных бомб в печати сообщалось о так называемой кобальтовой бомбе. Что она собой представляет?

При взрыве атомной бомбы образуется много радиоактивных веществ, вредно действующих на живые организмы. Продолжительность вредного действия у разных радиоактивных веществ различна: у одних она не превышает несколько минут, у других поражающее действие длится несколько часов, а есть и такие радиоактивные вещества, которые опасны для человека несколько месяцев и лет. К числу таких, долгоживущих радиоактивных веществ относится изотоп кобальта с атомным весом 60, обладающий в 320 раз меньшим периодом полураспада, чем радий.

Если у атомной или термоядерной бомбы сделать оболочку с примесью из этого металла, то при взрыве от воздействия нейтронного излучения образуется много радиоактивной пыли, состоящей из атомов стойкого радиоактивного изотопа кобальта. Период полураспада этих атомов равен примерно 5 годам, и их радиоизлучение может надолго отравить район, где выпадет эта радиоактивная пыль. Такую бомбу и называют кобальтовой.

По такому же принципу можно создать «цезиевую» или, например, «цинковую» атомные бомбы. Как цезий, так и цинк образует при взрыве атомной бомбы долгоживущие опасные для жизни радиоактивные изотопы. Эти бомбы, содержащие перечисленные выше химические элементы, не являются бомбами с новым видом ядерного «горючего», ибо кобальт, цинк, цезий не могут служить ядерным «горючим», они только способны усилить радиоактивное действие атомной или водородной бомбы.

Применение кобальтовой оболочки считается более целесообразным при взрыве водородной бомбы. При взрыве водородной бомбы выделяется гораздо более мощный поток нейтронов, чем при взрыве атомной бомбы. Большое количество нейтронов выделяется при взрыве водородной бомбы как в процессе расщепления урана 235 или плутония 239 при взрыве атомного заряда водородной бомбы, так и при взаимодействии ядер дейтерия и трития, которые представляют собой изотопы водорода, служащие основным ядерным «горючим» водородной бомбы.

Таким образом, кобальтовая бомба не является каким-то принципиально новым видом атомного оружия. Это та же водородная или атомная бомба, радиоактивное действие которой усилено.

Опасное действие кобальтовой бомбы, однако, сильно преувеличивается зарубежными реакционными кругами. Утверждается, что местность, зараженная радиоактивной кобальтовой пылью, может оказаться на долгое время недоступной для людей. Но это не так. При взрыве атомной бомбы с кобальтовой оболочкой образующаяся кобальтовая пыль будет сильно рассеиваться, благодаря чему излучение радиоактивных изотопов кобальта не будет особенно угрожающим для жизни. Кроме того, первый же дождь смоеет и унесет в почву или в водоемы некоторую часть радиоактивной пыли, что еще больше обезопасит от вредных излучений район взрыва.

Средства и способы защиты от термоядерного оружия те же, что и от атомного. Применяя правильно построенные укрытия, войска могут в значительной мере снизить потери, причиняемые термоядерным оружием.

Ведя борьбу за запрещение атомного и термоядерного оружия, советский народ не может не учитывать возможности применения его со стороны некоторых агрессивно настроенных империалистических кругов. Известно, что в развитии вооруженных сил крупнейших капиталистических государств главное внимание уделяется атомному и термоядерному оружию, разработке целой серии его образцов, отличающихся различной взрывной мощностью, а также разработке способов использования атомного и термоядерного оружия авиацией, флотом, артиллерией и реактивными средствами.

Советский Союз никому не угрожает и ни на кого не собирается нападать. Но в связи с тем, что соглашение о сокращении вооруженных сил и запрещении атомного и термоядерного оружия еще не достигнуто, а также в связи с тем, что коллективная безопасность в Европе еще не создана и нет пока надежных гарантий прочного мира, мы вынуждены иметь такие Вооруженные Силы, которые были бы способны надежно защищать интересы нашей Родины, чтобы никакая провокация врагов не была для нас неожиданной.

Благодаря выдающимся успехам советских ученых в нашей стране успешно разработаны методы производства

ядерной энергии. В результате этого, как известно, Соединенные Штаты Америки уже давно потеряли монополию на «секрет» как атомной, так и водородной бомб. Результаты опытного взрыва водородной бомбы, произведенного в конце 1955 года в СССР, свидетельствуют о том, что нашим ученым и инженерам удалось при сравнительно небольшом количестве используемых ядерных материалов получить взрыв, сила которого равна взрыву многих миллионов тонн обычной взрывчатки, и она может быть значительно усилена. В сообщении ТАСС от 27 ноября 1955 года указывалось, что в соответствии с планом научно-исследовательских и экспериментальных работ в области атомной энергии в Советском Союзе были проведены испытания новых типов атомного и термоядерного (водородного) оружия. Испытания полностью оправдали соответствующие научно-технические расчеты, показав важные, новые достижения советских ученых и инженеров. Взрыв нашей водородной бомбы в 1955 году, сброшенной с самолета, был самым мощным из всех взрывов, проведенных до сих пор. В целях предотвращения радиоактивных воздействий взрыв был произведен на большой высоте. При этом проводились широкие исследования по вопросам защиты людей.

Наличие в Советском Союзе атомного и водородного оружия еще более укрепляет его обороноспособность, повышает роль Советского государства в его борьбе за мир во всем мире.

Некоторые противники разоружения в западных странах исходят из ложной предпосылки, будто бы они полагают каким-то превосходством в атомном и термоядерном оружии и что поэтому-де разоружаться им невыгодно. Советский народ предостерегал и предостерегает этих поборников пресловутой политики «с позиции силы», что они могут серьезно просчитаться в своей азартной игре.

Советские люди не хотят никого запугивать, тем более не хотят хвастаться имеющимися в СССР военнотехническими достижениями. Нравы пресловутой политики «с позиции силы» чужды советским людям. Но иногда бывает полезным напомнить тем, кто то и дело размахивает атомной и водородной бомбой, что в наше время нельзя воевать, не подвергаясь ответным ударам. Ни в одну войну ни одна бомба, ни один снаряд чужой

страны не падали на американскую землю, на их города и фабрики, и не могли падать, ибо не было такой техники и возможности. Теперь в случае американской агрессии в качестве ответной меры атомные и водородные бомбы могут падать и на американские города, и не удастся американским империалистам укрыться от этих бомб, не удастся укрыть свои фабрики. Для американских монополистов война на этот раз наверняка окажется не источником обогащения, в результате ее они могут получить лишь разрушение и уничтожение.

Водородная и атомная война может привести к большим разрушениям, но она не может привести к уничтожению человечества или его цивилизации, она уничтожит устаревший и зловредный строй — капитализм на его империалистической стадии.

Решающее средство обеспечить прочный мир — это разоружение, уничтожение водородных и атомных бомб, мирное сосуществование, за что СССР борется и будет бороться. Это позволило бы направить использование атомной энергии исключительно на мирные цели. Но до тех пор, пока западные страны противятся запрещению атомного и водородного оружия, пока не удастся провести разоружение, мы вынуждены держать на должном уровне свои вооружения, включая наиболее мощные современные виды оружия, основанные на последних достижениях науки и техники.

#### **О других видах атомного оружия**

Ядерное ВВ, как уже говорилось, может быть использовано не только в бомбах, но и в артиллерийских снарядах, в торпедах, в ракетах, в самолетах-снарядах. Все они являются оружием взрывного действия.

В 1952 году в США было объявлено о постройке 280-мм пушки (рис. 39), способной стрелять как обычными, так и атомными снарядами. Вес атомного снаряда равен 450 килограммам. Мощность его в тротиловом эквиваленте равна 15 000 тонн. В настоящее время такая пушка, официально именуемая Т-131, принята на вооружение американской армии. Дальность ее стрельбы составляет около 32 километров. Это очень большое, тяжелое и малоподвижное орудие. Большие размеры пушки затрудняют ее маскировку. Орудийный расчет атомной

пушки состоит из 15 человек. Для того чтобы привести ее из походного положения в боевое, требуется четверть часа.

Выстрел атомного снаряда производится при помощи обычного порохового заряда. Заряжание и сам выстрел производятся специальным зарядно-спусковым механизмом, который приводится в действие электрическим током.

В последнее время уделяется много внимания созданию управляемых и неуправляемых снарядов, снаряженных зарядом ядерного ВВ.

В армиях крупнейших капиталистических государств разрабатываются и испытываются самолеты без летчиков, управляемые снаряды различных ти-



Рис. 39. Общий вид атомной пушки.

пов (рис. 40) — от небольших, для вооружения истребителей, до больших далеко летающих ракет, от снарядов воздушного боя с весом в несколько десятков килограммов и дальностью полета в несколько километров до управляемых самолетов-снарядов и ракет дальнего действия, вес которых измеряется десятками тонн, а дальность полета — тысячами километров.



Пример наземного снаряда, снаряженного ядерным ВВ, — управляемый самолет-снаряд В-61 «Матадор». Он имеет скорость около 1000 километров в час; дальность его действия до 800—1000 километров. Вес — 5400 килограмм. Управление этим самолетом-снарядом осуществляется по радио с земли или с пилотируемого самолета.

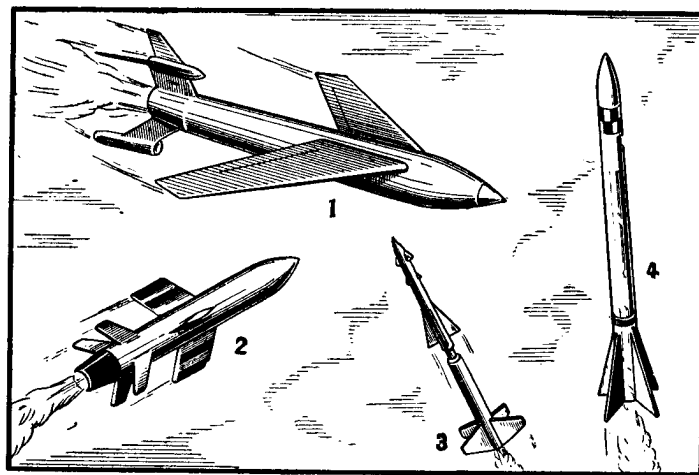


Рис. 40. Примерный внешний вид современных управляемых снарядов, которые могут быть снаряжены атомными зарядами: 1 — самолет-снаряд; 2 — управляемый снаряд воздушного боя; 3 — реактивный управляемый зенитный снаряд; 4 — ракета дальнего действия.

Примером корабельного самолета-снаряда может служить снаряд «Регулес». Он перевозится в специальном водонепроницаемом контейнере на подводной лодке. Запуск его производится с поверхности моря. Дальность полета «Регулес» — 800 километров. Летит он со скоростью 1100 километров в час.

Известен управляемый снаряд «Корпорел»; это ракета длиной около 12 метров и весом 5400 килограмм. Дальность его полета — до 180 километров. Запуск снаряда производится со специального стартового стола.

Самолеты-снаряды и ракеты дальнего действия предназначаются для внезапных ударов по стратегическим объектам противника и могут иметь боевой заряд обыч-

ного взрывчатого вещества, атомный или термоядерный. Современный самолет-снаряд — это беспилотный самолет с полетным весом в несколько тонн; он снабжен воздушно-реактивным двигателем, скорость его полета от 250 метров в секунду до двух — трех скоростей звука, дальность полета от нескольких сот до нескольких тысяч километров, высота полета от 10 до 30 и более километров.

Запуск самолета-снаряда может производиться с наземной пусковой установки, с корабля, с самолета. В соответствии с этим различаются самолеты-снаряды авиационные, наземные и корабельные. Авиационные самолеты-снаряды большую часть пути совершают на подвеске у самолета-носителя и запускаются в свободный полет практически с любого направления за несколько сот километров до цели.

Управляемым снарядом дальнего действия является баллистический снаряд. Так в печати принято называть управляемую бескрылую ракету с жидкостно-реактивным двигателем. Корпус современных баллистических снарядов имеет форму цилиндра с заостренной головной частью. В нем размещаются: боевой заряд — обычное, атомное или термоядерное взрывчатое вещество, аппаратура системы управления, баки с горючим и окислителем, двигатель.

Снаряды, предназначенные для стрельбы на несколько тысяч километров, делаются многоступенчатыми. После выгорания топлива в первой ступени она автоматически отделяется от снаряда и падает на землю. В этот момент включаются двигатели второй ступени, и снаряд продолжает движение со все возрастающей скоростью дальше. Таким путем можно достичь большой скорости полета, а стало быть, и дальности стрельбы.

Баллистические снаряды запускаются вертикально с так называемых стартовых столов. Первое время (в течение нескольких секунд) снаряд летит по вертикали, а затем, после преодоления наиболее плотных слоев атмосферы, система управления поворачивает снаряд в направлении к цели и по достижении заданной скорости выключает двигатель. Далее снаряд движется по инерции и в течение некоторого времени продолжает набирать высоту. Достигнув высшей точки траектории, снаряд начинает снижаться и спустя определенное время падает на цель. Основная часть пути снаряда проходит в безвоз-

душном пространстве, на очень больших высотах. Достаточно, например, напомнить, что максимальная высота траектории снаряда «ФАУ-2» (дальность стрельбы 320 километров) составляла около 90 километров, а скорость — 1590 метров в секунду. Максимальная высота траектории одного из типов двуступенчатых снарядов достигнет примерно 1280 километров, а скорость при этом может равняться 6700 метров в секунду.

Современная авиация для поражения наземных и морских целей наряду с другими типами вооружения может располагать снаряженными атомными или термоядерными зарядами, управляемыми авиационными торпедами и авиационными бомбами. Управляемые авиационные бомбы и торпеды могут применяться по всем тем целям, которые являются объектами обычной воздушной бомбардировки. Они позволяют поражать с большой высоты и далекого расстояния объекты, окруженные плотным кольцом зенитной обороны.

Для борьбы с авиацией противника служат управляемые авиационные реактивные снаряды воздушного боя и зенитные управляемые снаряды, которые также могут иметь атомные заряды. Сухопутные войска могут применять тактические управляемые снаряды с атомными зарядами, имеющие дальность полета от нескольких километров до нескольких десятков километров и наводимые на цель при помощи системы телеуправления.

Для борьбы с самолетами-снарядами, снаряженными атомными зарядами, могут применяться все средства противовоздушной обороны: истребительная авиация, вооруженная пушками, неуправляемыми реактивными снарядами и управляемыми реактивными снарядами воздушного боя, а также зенитная артиллерия и зенитные управляемые снаряды. Наряду с другими наиболее эффективной мерой борьбы с управляемыми снарядами дальнего действия является уничтожение их стартовых позиций. Борьба истребительной авиации с управляемыми авиаторпедами затруднена кратковременностью их полета до цели. Поэтому основными средствами борьбы с торпедами в воздухе является зенитная артиллерия и управляемые зенитные реактивные снаряды. На истребительную авиацию ложится главным образом задача обнаружения и уничтожения в воздухе самолетов-носителей управляемых авиаторпед.

Создание помех в работе систем управления снарядами путем применения передатчиков радиопомех, а также создание ложных целей может явиться также весьма эффективным средством борьбы с телеуправляемыми и самонаводящимися снарядами всех видов, снаряженных атомными или термоядерными зарядами.

Современные межконтинентальные самолеты-бомбардировщики и управляемые снаряды окажут существенное влияние на способы ведения боевых действий. Они могут применяться в качестве носителей атомных или термоядерных зарядов. Управляемые снаряды могут успешно применяться и для борьбы с авиацией противника, в том числе и бомбардировщиками с атомными или термоядерными зарядами, а также с управляемыми самолетами-снарядами противника.

Межконтинентальные самолеты-бомбардировщики и управляемые ракетные снаряды с атомным или термоядерным зарядом являются оружием массового уничтожения мирных людей, оружием разрушения промышленных центров и больших городов. Такие снаряды по своей мощности во много раз превосходят управляемые снаряды «ФАУ», которыми в минувшую войну германские фашисты пытались разрушить некоторые английские крупные города.

Советский народ, занятый мирным трудом, не может не считаться с военными приготовлениями, которые ведутся в капиталистических странах. Поэтому наше государство уделяет большое внимание всем видам современного вооружения.

В составе наших Вооруженных Сил значительно возрос удельный вес Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны. Осуществлена полная механизация и моторизация армии. Советские Вооруженные Силы имеют теперь разнообразное атомное и термоядерное оружие, мощное ракетное и реактивное вооружение разных типов, в том числе ракеты дальнего действия. Советский Союз располагает надежными средствами доставки атомных и водородных бомб в любой пункт земного шара на самолетах или ракетами.

С учетом реальной угрозы с воздуха, особенно ракет дальнего действия, а также развития реактивной стратегической авиации в СССР проведена большая работа по организации противовоздушной обороны. В настоящее

время наша противовоздушная оборона располагает современной сверхзвуковой истребительной авиацией, высококачественной зенитной артиллерией, зенитным ракетным оружием и другими средствами обеспечения противовоздушной обороны.

В заключение познакомимся с **боевыми радиоактивными веществами**, или, как их сокращенно называют, БРВ, которые, как говорилось, являются особым видом атомного оружия. Боевыми радиоактивными веществами называют специально приготовленные для боевого использования вещества, содержащие радиоактивные атомы. Это могут быть дымы, порошки, жидкости. Их использование основано на вредном действии радиоактивных излучений на живые организмы.

В качестве БРВ могут применяться, например, радиоактивные изотопы таких элементов, как цирконий, ниобий, рубидий, празеодим, церий и др. Период полураспада этих изотопов измеряется десятками суток, а излучение обладает большой проникающей способностью.

Характерной особенностью БРВ является то, что они могут не иметь специфического запаха, цвета и иных внешних признаков. Обнаружить их присутствие можно только с помощью дозиметрических приборов.

БРВ предназначаются для заражения местности, воды, кораблей, воздуха с целью поражения людей. Иностранные специалисты делят БРВ на две группы: одна группа — это вещества, которые оказывают поражающее действие только своим радиоактивным излучением, и вторая — вещества, не только поражающие радиоактивным излучением, но и производящие химическое отравление. В иностранной печати указывается, что можно ожидать применения БРВ в смесях с химическими отравляющими веществами. Могут быть созданы также радиоактивные зажигательные вещества, которые будут поражать людей радиоактивным дымом. Применение таких веществ усложняет тушение пожаров.

Возможных способов применения боевых радиоактивных веществ много. БРВ могут снаряжаться авиабомбы, мины, торпеды, артиллерийские снаряды, управляемые самолеты-снаряды. В боеприпасах осколочного действия радиоактивное вещество может быть либо перемешано с разрывным снарядом, либо помещено отдельно внутри снаряда. В иностранной печати высказывается предполо-

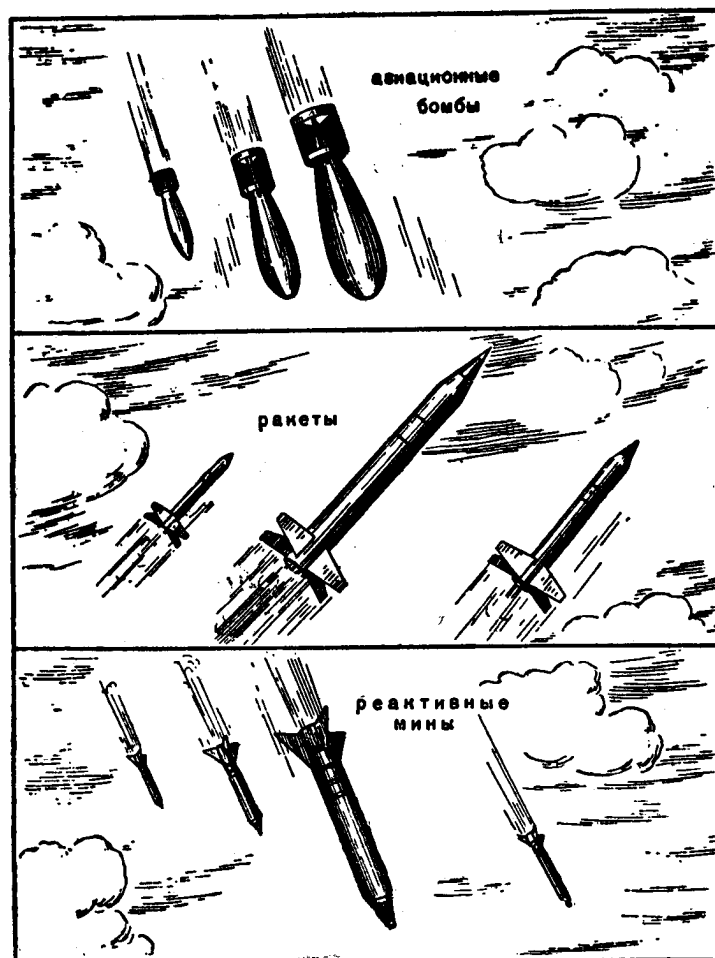


Рис. 41. Возможные виды применения боевых радиоактивных веществ.

жение (к которому следует относиться критически), что БРВ можно использовать и в боеприпасах стрелкового оружия.

БРВ можно заражать источники воды. Возможно (по данным иностранной печати, к которым также следует относиться с осторожностью), применение «радиоактив-

ного песка». Такой песок представляет собой частицы какого-либо подходящего материала, несущие в себе или на себе БРВ. Он может иметь цвет, схожий с цветом земли, травы и т. д. В иностранной печати высказывалось предположение, что пески могут быть клейкими и магнитными. Клейкий радиоактивный песок, состоящий из легких радиоактивных частиц, будет прилипать к поверхности одежды, машин, оружия и заражать их, а частицы магнитного радиоактивного песка будут притягиваться металлическими частями вооружения и боевой техники.

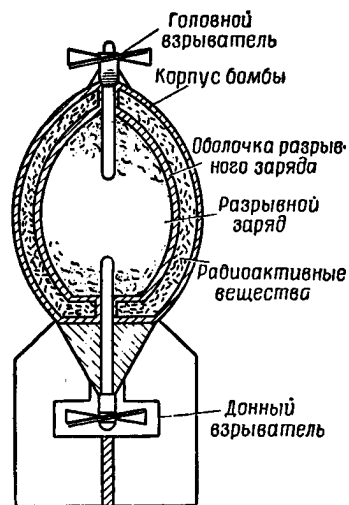


Рис. 42. Принципиальная схема авиабомбы, снаряженной БРВ.

Основное поражающее действие на живую силу может оказать гамма-излучение боевых радиоактивных веществ. Однако надо иметь в виду, что заразить БРВ большую площадь так, чтобы обеспечить серьезное поражение живой силы при кратковременном пребывании людей на этой площади, практически очень трудно. Недостатком боевых радиоактивных веществ является и то, что их поражающее действие со временем понижается; поэтому нельзя создавать больших запасов этих веществ.

Американская пропаганда преувеличивает опасность боевых радиоактивных веществ, приписывает им, как и вообще атомному и термоядерному оружию, чуть ли не решающую роль в современной войне. Но это очень далеко от действительности. Конечно, БРВ — опасный вид нового оружия. Однако и против этого вида оружия существуют достаточно надежные средства защиты; сред-

ства и способы защиты от поражающего действия БРВ те же, что и от поражающего действия радиоактивных веществ, образующихся при атомном взрыве.

Вы познакомились с различными видами атомного и термоядерного оружия, но атомная энергия имеет не только военное применение. В нашей стране, занятой мирным созидательным трудом, эта могучая сила находит теперь самое широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Как же получают и используют атомную энергию в народном хозяйстве?

#### IV. АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

##### Атомные котлы

Чтобы использовать атомную энергию для промышленных и транспортных целей, необходимо научиться замедлять процесс деления ядер, научиться регулировать его скорость. Надо сделать так, чтобы ядерное «горючее» не взрывалось, а спокойно «горело». Это осуществляется в установках, получивших образное название атомных котлов, или ядерных реакторов. В настоящее время известно несколько типов таких установок. Познакомимся с ними.

Посмотрите на рис. 43. На нем изображена схема одного из распространенных ядерных реакторов — уран-графитового. Именно реактор этого типа положил начало атомной энергетике. Первые реакторы, построенные в США и в Советском Союзе, были уран-графитовыми.

Это большое сооружение, сложенное из блоков графита. Уран-графитовый атомный котел, построенный в 1942 году в США, имел размеры большого трехэтажного дома (высота более 6 метров, длина и ширина — около 10 метров). Общий вес установки составлял 1400 тонн. В котел нагружалось 52 тонны урана.

В первом советском ядерном реакторе содержалось около 45 тонн природного урана и несколько сотен тонн графита (в виде кирпичей размером  $10 \times 10 \times 60$  см).

Графит в уран-графитовом реакторе занимает почти весь объем. Внутри некоторых блоков проделаны каналы; в них закладываются куски (стержни) урана, в которых и происходят ядерные реакции.

И вот что важно: для получения атомной энергии здесь не требуется разделения изотопов урана. В реакторе



используется обычный природный уран. Но как же так? Ведь выше мы говорили о том, что цепная ядерная реакция в природном уране идти не может, так как ядра урана  $^{238}$ , составляющие основную массу природного урана, захватывают вторичные, образующиеся при делении урана нейтроны, и цепная реакция прекращается.

Оказалось, однако, что этой беде можно помочь. Для осуществления цепной ядерной реакции в природном

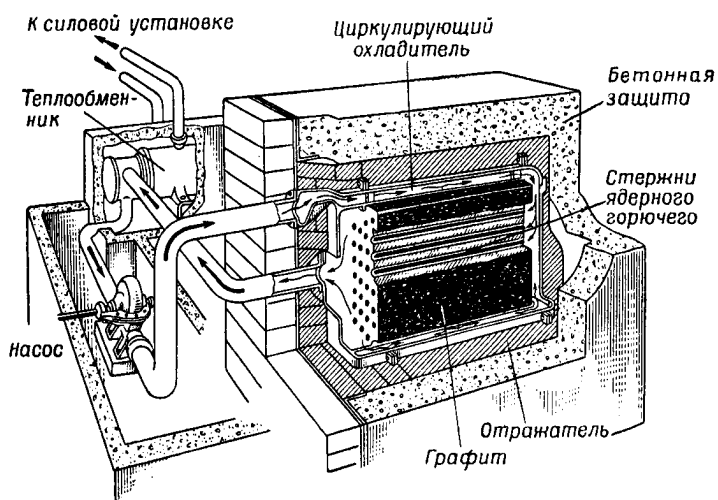


Рис. 43. Схема атомного котла с графитовым замедлителем.

уране надо добиться, чтобы из числа вторичных нейтронов, образующихся при делении ядер, не менее одного нейтрона использовалось для нового деления. Тогда цепная ядерная реакция будет продолжаться, причем нарастание ее будет происходить медленно.

Как это можно сделать? Уран  $^{238}$  особенно охотно поглощает нейтроны, имеющие скорость в пределах от 40 до 140 километров в секунду, деления при этом не происходит, а образуются заурановые элементы. Нейтроны, образующиеся при делении урановых ядер, как мы уже говорили, быстрые. Но, сталкиваясь с ядрами урана  $^{238}$ , они теряют свою энергию и захватываются ураном  $^{238}$ .

Однако если скорость нейтронов будет еще ниже — менее чем 3 километра в секунду, то такие нейтроны уже

практически почти не захватываются ядрами урана 238. А это как раз и есть те тепловые нейтроны, которые лучше всего делят ядра урана 235.

Таким образом, чтобы не все вторичные нейтроны поглощались ураном 238, необходимо найти способ быстро их замедлять. Нейтрон должен превращаться в тепловой еще до того, как он столкнется с ядром урана 238! А нейтрону, обладающему тепловой скоростью, эта встреча уже не страшна; такой нейтрон может путешествовать в природном куске урана до тех пор, пока не встретит ядро урана 235.

В качестве замедлителя нейтронов можно применять различные вещества. Замедлитель должен только замедлять нейтроны, а не поглощать их. Одним из таких веществ и служит графит, тот самый, из которого делают сердечники карандашей. Однако для атомного котла годится только очень чистый графит.

Чтобы получить тепловые нейтроны, необходимые для поддержания цепной реакции, уран помещают в графитовый замедлитель в виде отдельных стержней, образуя как бы решетку из урана. Такое расположение урана дает возможность замедлить большинство вторичных нейтронов до того, как они встретятся с каким-либо ядром урана.

Как же протекает здесь процесс? При делении одного из ядер урана 235 выделяется, скажем, три быстрых нейтрона (рис. 44). Они вылетают из блока урана в толщу графита. Здесь нейтроны из-за столкновений с ядрами углерода, из которых состоит графит, быстро теряют свою первоначальную энергию, и скорость их умень-

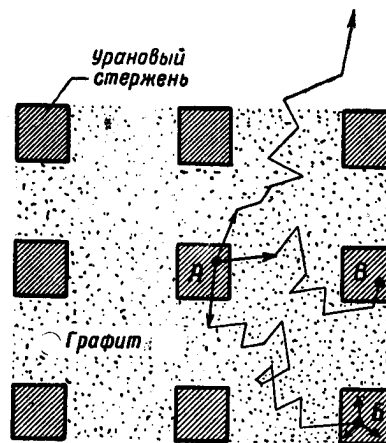


Рис. 44. Схема расположения урановых стержней в массе графита: В точке А происходит деление одного из ядер урана. Образующиеся нейтроны, вылетая в графит, замедляются. В точке В один из них попадает в ядро урана 235 и производит деление. Другой нейтрон захватывается в точке В ядром урана 238 с образованием ядра плутония. Третий нейтрон, не столкнувшись с урановыми ядрами, вылетает из котла.

шается. Благодаря этому быстрый нейтрон, вылетевший из блока урана с большой скоростью, проблуждав некоторое время в толще графита, попадает снова в блок урана, обладая уже тепловой скоростью. Такие нейтроны могут быть поглощены главным образом атомами урана 235 и вызовут их деление.

Если правильно выбрать размеры графитового штабеля, а также величину, количество и расположение в нем кусков урана, можно добиться, что в результате каждого деления ядра урана 235 будет возникать новое деление одного такого же ядра, то есть один из трех нейтронов в среднем произведет новое деление ядра урана 235. Цепная реакция будет протекать замедленно, подобно горению в топке котла.

Для того чтобы атомный котел имел мощность, равную одному киловатту, в нем должна каждую секунду происходить 31 тысяча миллиардов ядерных делений. А что происходит с остальными нейтронами, рождающимися при такой замедленной цепной ядерной реакции? Некоторая часть из них пропадает, вылетая за пределы котла. Чтобы число таких нейтронов было невелико, графитовый штабель окружают специальной оболочкой, отражающей нейтроны. (Таким материалом может служить тот же графит.) По этой же причине размеры атомного котла на природном уране делают большими. В маленьком котле потеря нейтронов будет превышать число образующихся в нем нейтронов.

Другая часть нейтронов встретится с ураном 238, имея скорость, достаточную для их поглощения ураном 238. Образующийся при этом плутоний, так же как и уран 235, способен к делению под воздействием тепловых нейтронов и также выделяет при делении по нескольку свободных нейтронов. Так получают другой вид ядерного горючего — плутоний.

Описанная реакция сопровождается выделением огромного количества энергии. Эта энергия выделяется не мгновенно, а постепенно, но она столь велика, что если ее не отводить, то установка быстро раскалится и выйдет из строя (расплавится). Достаточно сказать, что при образовании одного килограмма плутония в сутки в установке выделяется мощность, сравнимая с мощностью Днепрогэса. Один килограмм урана, использованный в атомном котле, выделяет такое количество энергии, ко-

торое может обеспечить примерно в течение 7 лет работу двигателя мощностью в 2500 лошадиных сил.

Выделяющееся в атомном котле тепло передается циркулирующей по трубам жидкости. Нагретая жидкость поступает в теплообменник, где она отдает полученное тепло и, охлаждаясь, снова поступает в котел. Вместо жидкости для охлаждения уранового котла можно применять также газ (например, гелий и углекислый газ) и расплавленный металл (натрий, калий).

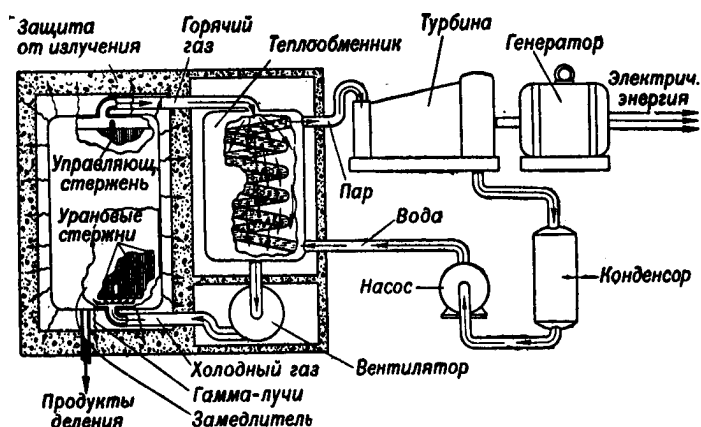


Рис. 45. Схема работы атомного котла с силовой установкой.

Тепло, поступающее в теплообменник, может быть использовано какой-либо силовой установкой с преобразованием в механическую, электрическую и другие виды энергии. На рис. 45 показана схема одной из таких установок.

Работу атомного котла необходимо регулировать, т. е. ускорять или замедлять протекающую ядерную реакцию. Если температура в котле сильно повышается, что означает увеличение числа делящихся ядер урана 235, необходимо уменьшить в котле число нейтронов. Для этого надо либо выдвинуть часть урановых стержней из котла, либо ввести в котел какое-нибудь вещество, в сильной степени поглощающее медленные нейтроны. Таким веществом служит, например, металл кадмий или химический элемент бор. Когда в массу графита вводят стержень из кадмия или из стали с большим содержанием бора, ядер-

ный процесс в котле замедляется. Так, изменяя положение стержней в графите, можно управлять процессом в ядерном реакторе. Эти операции (как и другие) производятся автоматически. Контроль за работой котла осуществляется с помощью особых счетчиков нейтронов. Если в котле образуется много нейтронов, счетчик включает механизм, который вдвигает кадмиевые стержни.

Кроме того, в реакторе имеются аварийные стержни (один или несколько) — на тот случай, если выйдет из строя какое-либо автоматическое устройство и нормальное течение цепной реакции в корне нарушится. Аварийные стержни немедленно прекращают процесс. Таким путем обеспечивается полная безопасность при работе ядерного реактора.

Все управление работой реактора ведется на расстоянии, так как атомный котел является источником мощного радиоактивного излучения, губительно действующего на живые организмы. Из котла несутся потоки быстрых нейтронов и гамма-лучей, которые способны проходить сквозь толстые слои вещества. По этой причине реактор окружен толстой защитной оболочкой из веществ, хорошо поглощающих нейтроны и гамма-излучения (бетон, спецсталь, вода, кадмий и др.).

Чтобы ядерная реакция протекала в атомном котле бесперебойно, необходимо поддерживать очень высокую степень чистоты материалов. В установке накапливаются продукты распада ядерного «горючего» — радиоактивные «осколки» — ядра более легких элементов, а также плутоний. Они сильно поглощают нейтроны и этим нарушают ход цепной реакции. Поэтому стержни урана надо периодически извлекать из установки для очистки и заменять их чистым ядерным «горючим». То же относится и к графиту, который также засоряется продуктами радиоактивного распада.

Замену стержней урана и другие необходимые операции выполняют специальные машины. Одна из таких машин — «механическая рука» — подражает движениям рук человека — она открывает и закрывает двери, переносит детали с места на место и т. д. Сила ее очень велика. «Механическая рука» может, например, толкать с силой в несколько тонн! Машина находится внутри установки в опасной зоне, а человек, который ею управляет на расстоянии, — в кабине, защищенной от излучения.

Перед ним имеется экран телевизора, на котором можно видеть, что происходит за бетонной стеной. Так устроен и работает один из атомных котлов — уран-графитовый.

Часто вместо графита применяют другой замедлитель — тяжелую воду (в молекулах ее, как уже говорилось, вместо атомов обычного водорода, с массой 1, находятся атомы тяжелого изотопа водорода — дейтерия — с массой 2; этот последний и служит основным замедлителем). Это другой тип ядерного реактора.

Правда, получение тяжелой воды в чистом виде — дело не легкое. В природной воде ее содержится только около 0,02 процента, а требуются такой воды целые тонны. Но зато тяжелая вода — еще лучший замедлитель, чем графит. Размеры ядерных реакторов на тяжелой воде меньше, чем с графитом. Например, один из таких реакторов, построенный в нашей стране, представляет собой бак цилиндрической формы диаметром 1,75 метра и высотой около 2 метров, наполненный тяжелой водой. В нее опущены урановые стержни. Снаружи бак окружен слоем вещества, отражающим нейтроны; кроме того, сбоку имеется толстая бетонная оболочка, защищающая людей от радиоактивных излучений. Для отвода тепла из котла тяжелая вода постоянно циркулирует между котлом и теплообменником. Управление цепной реакцией в котле осуществляется при помощи кадмиевых стержней. В случае какой-либо аварии тяжелая вода сливается в запасной бак, и процесс тут же прекращается.

В реакторе с тяжелой водой, работающем на природном уране, как и в уран-графитовом котле, в процессе работы образуется плутоний.

Чтобы уменьшить размеры атомного котла, ядерное «горючее» обогащают либо ураном 235, либо плутонием 239. Другими словами, в котле используют такое ядерное «горючее», в котором урана 235 содержится больше, чем в природном уране. С этой же целью к природному урану добавляют плутоний. В том и другом случае вероятность встречи нейтронов с ядрами урана 235 или плутония становится больше, а потеря нейтронов за счет вылета их из установки меньше. Это и позволяет существенно уменьшить размеры котла.

Кроме того, в реакторе с обогащенным ядерным «горючим» вместо тяжелой воды можно использовать в качестве замедлителя обыкновенную воду.

Надо заметить, что устойчивая и долговременная работа ядерного реактора на природном уране, как показала практика, возможна лишь при том условии, что в качестве замедлителя используется тяжелая вода. Для работы с графитом следует применять немного обогащенный уран.

В 1952 году в нашей стране был построен реактор «РФТ» (реактор, предназначенный для физических и технических исследований), в котором замедлителем служат графит и вода, а ядерным «горючим» — обогащенный уран (природный уран, содержащий 15 процентов урана 235). Реактор представляет собой графитовый цилиндр высотой 2,4 метра и диаметром 2,6 метра. Наружная часть этого цилиндра служит отражателем нейтронов, а внутренняя, активная часть реактора имеет 37 рабочих каналов, куда закладываются урановые блоки (выполненные в виде труб с алюминиевой оболочкой).

Вода здесь одновременно служит и охладителем; проходя через рабочие каналы, она нагревается, а затем охлаждается в теплообменнике речной водой, после чего используется для охлаждения реактора.

Во всех описанных выше реакторах замедлитель не смешивается с ядерным «горючим». Поэтому все такие котлы называются гетерогенными реакторами (рис. 46) (греческое слово гетерогенный означает неоднородный). Но можно построить и такой атомный котел, в котором ядерное «горючее» находится в виде однородной смеси с замедлителем. Подобные котлы называют гомогенными реакторами (рис. 47) (слово гомогенный — значит однородный).

Один из таких реакторов состоит, например, из бака с тяжелой водой, в которой растворено химическое соединение обогащенного урана — сульфат урана. Размеры реактора небольшие: диаметр его бака равен всего 30 сантиметрам, но толщина защитной оболочки — около 2 метров.

В гомогенном реакторе с тяжелой водой можно использовать природный уран. Если же брать обогащенное ядерное «горючее», то вместо тяжелой воды можно применять и простую воду. В настоящее время созданы гомогенные реакторы, содержащие всего 12—15 литров воды и 700—900 грамм урана 235.

Гомогенный реактор на тяжелой или обычной воде — это своеобразный паровой котел. Нагревающаяся в нем

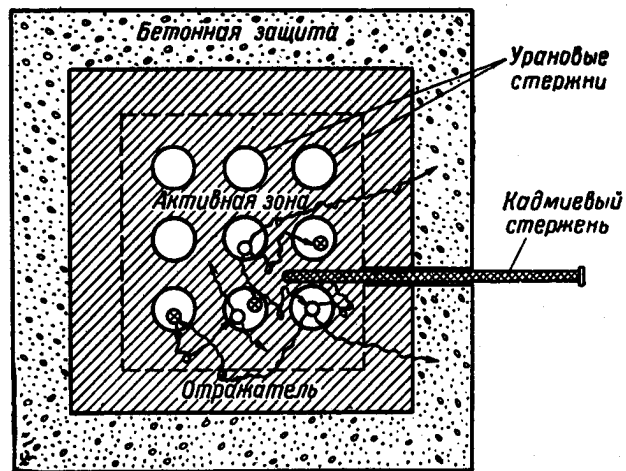


Рис. 46. Схема гетерогенного реактора на медленных нейтронах (извилистые линии — пути нейтронов).

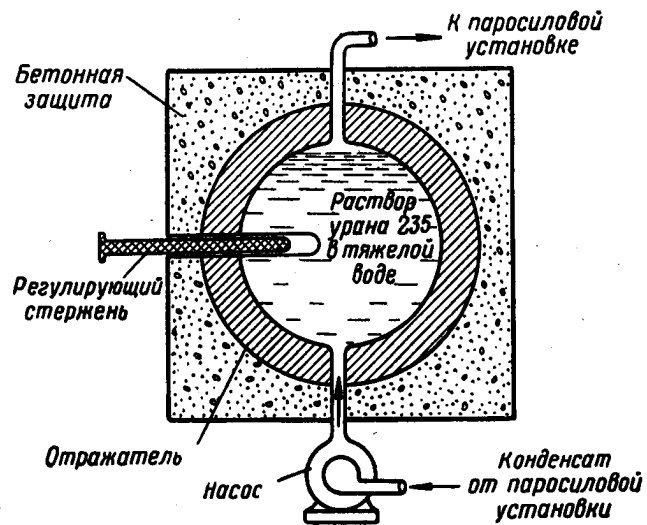


Рис. 47. Схема гомогенного реактора на медленных нейтронах,



вода может давать пар высокого давления. Поэтому такой реактор часто называют кипящим. Температуру воды и давление пара мы можем регулировать при помощи тех же кадмиевых стержней.

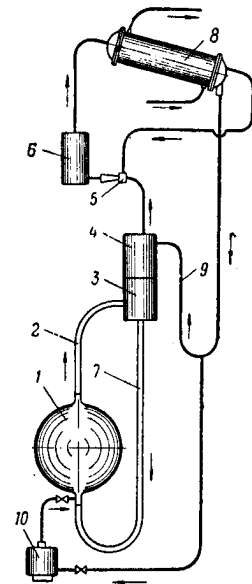


Рис. 48. Схема кипящего гомогенного реактора:

1 — реактор; 2 — подъемная труба; 3 — разделитель; 4 — устройство для очистки пара; 5 — инжектор; 6 — камера сжигания; 7 — опускная труба; 8 — теплообменник; 9 — гидравлический затвор; 10 — пусковой электрический котел.

отдает свое тепло для получения вторичного рабочего пара, который и приводит в движение паровую турбину. Чтобы обеспечить полное сжигание гремучего газа, часть пара циркулирует через теплообменник и камеру сжигания с помощью струйного насоса (инжектора).

Наконец, нельзя не рассказать еще об одной группе атомных котлов — о так называемых размножающих реакторах. Мы уже говорили о том, что в атомном котле в процессе цепной реакции из урана образуется новое

Коллективом советских ученых под руководством акад. А. И. Алиханова разработан кипящий гомогенный реактор для энергетических целей. На рис. 48 показана схема одного из типов этого реактора.

В реакторе находится смесь воды и ядерного «горючего». Цепная ядерная реакция, идущая в реакторе, нагревает раствор до кипения. Пар вместе с брызгами воды поступает сначала в разделительный сосуд, а затем в очистительное устройство. В разделительном сосуде пар отделяется от воды, а в очистительном устройстве — от частичек ядерного «горючего» и твердых продуктов его деления. Так как в реакторе вместе с водяным паром образуется гремучий газ (взрывчатая смесь водорода и кислорода), необходима еще одна очистка пара, которая производится в особой камере сжигания. Здесь гремучий газ сжигается, а очищенный пар поступает в теплообменник, где он

ядерное «горючее» — плутоний. Его можно отделять от урана обычными химическими способами. Во многих случаях это искусственное ядерное «горючее» обходится дешевле, чем чистый уран 235, получаемый путем сложного разделения изотопов природного урана.

В обычном реакторе, работающем на медленных нейтронах, плутония получается значительно меньше, чем расходуется урана 235. Но нельзя ли создать такой атом-

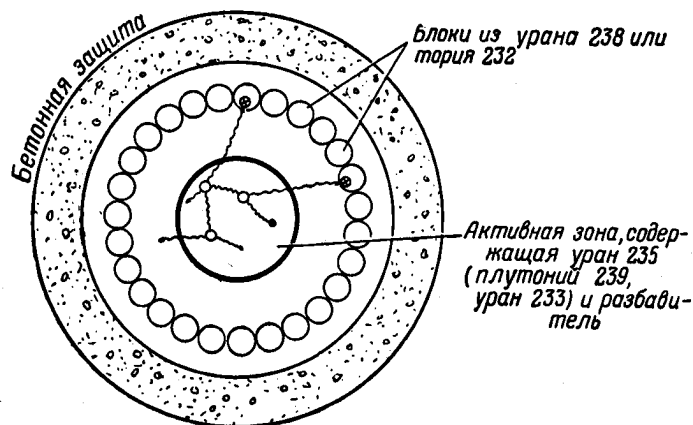


Рис. 49. Схема реактора, воспроизводящего ядерное «горючее» (бридер).

ный котел, в котором «сгоревший» уран полностью заменялся бы новым ядерным «горючим» — плутонием? Оказывается, можно!

В одном из таких реакторов для цепного процесса используются не медленные, а быстрые нейтроны. Говоря другими словами, в реакторе нет замедлителя. Схема такого реактора показана на рис. 49.

Цепной процесс происходит здесь в центральной части котла — или, как говорят, в его активной зоне, где находится почти чистое ядерное «горючее». Вокруг нее располагается оболочка, состоящая из урана 238. При работе реактора в его активной зоне возникает множество быстрых нейтронов. Основная их часть попадает в оболочку и поглощается ураном 238; в результате образуется плутоний. При этом его образуется больше, чем расходуется урана 235. Получается, как в сказке — «сгорая» в

«атомной печке», ядерное «топливо» не уменьшается в количестве, а увеличивается!

Вместо урана 238 для оболочки можно использовать другой радиоактивный элемент — торий 232. Из него в результате «обстрела» нейтронами образуется новый сорт искусственного ядерного горючего — уран 233. Ядра этого изотопа, как уже говорилось, также делятся под действием нейтронов с выделением больших количеств атомной энергии, как и ядра урана 235 или плутония.

В размножающем реакторе на быстрых нейтронах можно использовать все три вида ядерного «горючего».

Можно построить и такой размножающий реактор, который будет работать на медленных (тепловых) нейтронах. В этом случае в качестве ядерного «горючего» лучше всего применять уран 233. Ядра его сравнительно слабо поглощают тепловые нейтроны. Поэтому из активной зоны реактора вылетает довольно много нейтронов, которые поглощаются оболочкой, состоящей из тория 232. Образующийся при этом уран 233 полностью покрывает тот расход ядерного «горючего», который происходит в активной зоне реактора. Вместо урана 233, «сгорающего» в центральной части «атомной топки», в его оболочке возникает столько же нового урана 233. В настоящее время советскими учеными разработана также схема кипящего энергетического размножающего реактора.

### **Первые атомные электростанции**

27 июня 1954 года в нашей стране начала работать первая в мире атомная электростанция (рис. 50). Электрическая энергия, получаемая за счет энергии атомных ядер, потекла по проводам на заводы и в колхозы. Этот день открыл новую эпоху в истории человечества, эпоху покорения самых могучих и неистощимых сил природы. Атомная электростанция успешно работает. Все оборудование действует четко и бесперебойно. Что же представляет собой эта «фабрика электричества»?

Электростанция размещается в трех зданиях. В главном здании находится сердце атомной электростанции — ее атомный котел, пульт управления станцией, теплообменники, насосы и другое оборудование. Во втором здании установлена паровая турбина с генератором

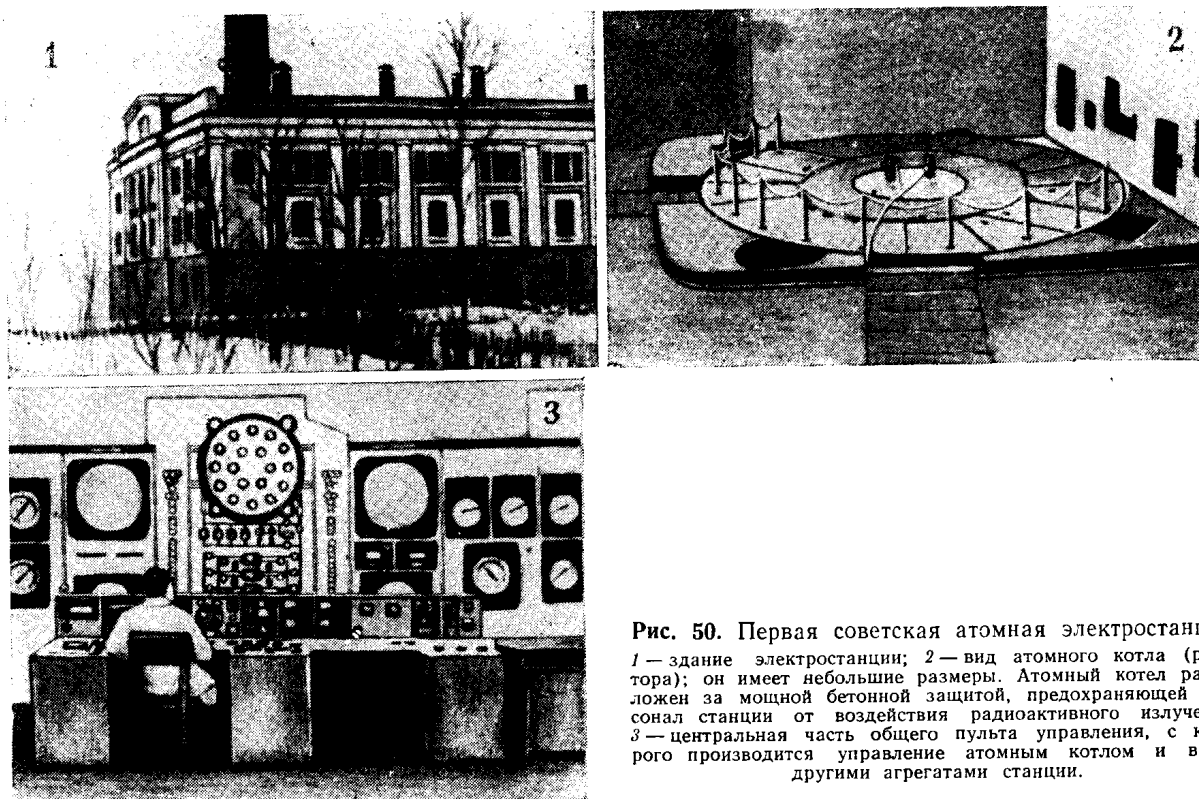


Рис. 50. Первая советская атомная электростанция:  
1 — здание электростанции; 2 — вид атомного котла (реактора); он имеет небольшие размеры. Атомный котел расположен за мощной бетонной защитой, предохраняющей персонал станции от воздействия радиоактивного излучения; 3 — центральная часть общего пульта управления, с которого производится управление атомным котлом и всеми другими агрегатами станции.

электрического тока, а также электрическое и другое оборудование. В третьем здании находятся вентиляционные устройства, которые очищают помещение электростанции от радиоактивных газов, образующихся при работе реактора.

Атомный котел электростанции (рис. 51) представляет собой реактор уран-графитового типа. «Горючим» служит

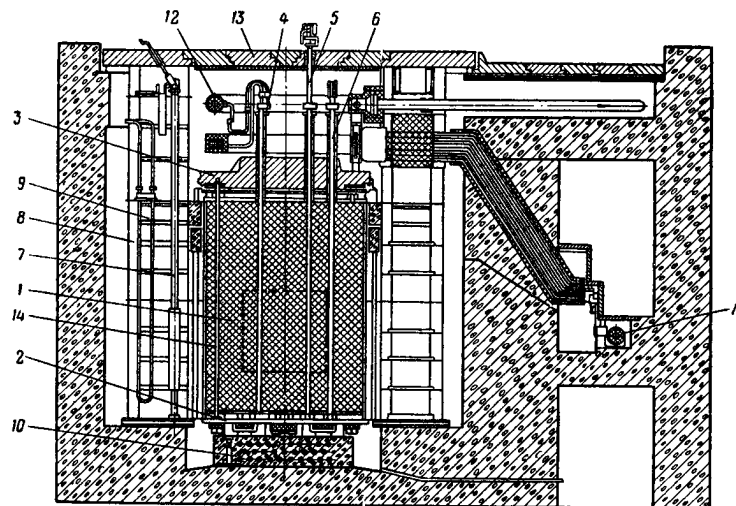


Рис. 51. Реактор атомной электростанции:

1 — кладка реактора; 2 — нижняя плита; 3 — верхняя плита; 4 — рабочий канал; 5 — канал аварийной защиты; 6 — канал автоматического регулирования; 7 — канал ионизационной камеры; 8 — боковая защита (вода); 9 и 10 — холодильники; 11 — распределительный коллектор; 12 — сборный коллектор; 13 — верхняя защита (чугун); 14 — охлаждаемая стойка отражателя.

обогащенный уран (содержащий 5 процентов урана 235). Ядерное «горючее» размещено в 128 рабочих каналах. Всего в реактор загружается около 550 килограмм урана. За сутки же расходуется всего около 30 грамм урана 235 — этого замечательного «топлива».

Реактор находится в герметическом стальном цилиндре, что позволяет создавать внутри реактора атмосферу инертного газа (гелия или азота). Такая атмосфера создает лучшие условия для работы котла.

Снаружи котел окружен метровым слоем воды и бетонной стеной толщиной в 3 метра. Сверху, кроме того,

имеется стальная крышка и чугунная плита в 25 сантиметров толщины. Все это хорошо защищает от вредных излучений реактора.

Выделяющееся в атомном котле тепло передается воде, которая омывает рабочие каналы реактора. Для этой цели используется химически чистая (дистиллированная) вода под давлением в 100 атмосфер. Нагретая до 260—270 градусов (она не вскипает, так как находится под высоким давлением; при таком давлении вода кипит лишь при 309 градусах) вода поступает

в парогенераторы, где она превращает в пар другую воду, находящуюся под более низким давлением. Этот пар и приводит в движение паровую турбину, а последняя — генератор электрического тока. Из парогенераторов охлажденная до 190 градусов вода идет обратно в реактор. Двигаясь по замкнутому кругу, вода переносит тепло из реактора в парогенератор.

Проходя через реактор, она становится радиоактивной. Поэтому вся система труб, по которой циркулирует дистиллированная вода, имеет защиту. Пар, который идет в паровую турбину, уже нерадиоактивен.

Работа атомной электростанции автоматизирована. Оператор, находящийся за пультом управления станцией, с помощью различных приборов видит во всех подробностях, как идет процесс. Так, например, приборы показывают ему, какая температура воды в каждом из рабочих каналов, достаточны ли ее давление и количество, как работают насосы и парогенераторы, в каком положении находятся регулирующие стержни и т. д. Особые приборы следят за тем, чтобы радиоактивное излучение на станции не превышало допустимую безопасную для человека норму. Если в каком-либо из помещений неожиданно это излучение увеличивается, приборы немедленно

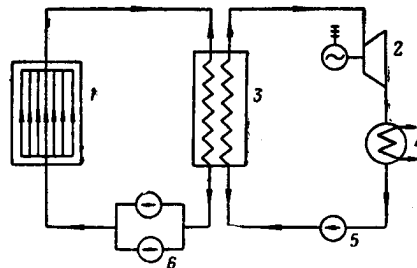


Рис. 52. Принципиальная схема атомной электростанции:

1 — реактор; 2 — турбогенератор; 3 — теплообменник (парогенератор); 4 — конденсатор; 5 — питательный насос; 6 — циркуляционные насосы.

сообщают об этом оператору световым и звуковым сигналом. Кроме того, в опасном помещении автоматически вспыхивают красные лампы и звенит тревожный звонок.

Все работники электростанции имеют при себе индивидуальные дозиметры, по виду напоминающие автоматическую ручку. Кроме того, у них есть еще небольшие карманные приборы, заряженные фотопленками. Через каждые четыре дня эти пленки проявляются, чтобы знать, какой была доза облучения.

Предусмотрено также автоматическое прекращение цепного процесса, если произойдет какой-либо неожиданный случай, угрожающий аварией котла. Так обеспечивается здесь безопасность работы.

Работа первой в мире атомной электростанции дала нашим ученым много ценных сведений. Теперь наша страна переходит к строительству новых, более мощных атомных фабрик электричества. В шестой пятилетке намечено построить пять больших атомных электростанций мощностью на первое время в 400—600 тысяч киловатт каждая. 2—2,5 миллиона киловатт электрической энергии мы будем получать в 1960 году за счет атомной энергии — это в два с лишним раза больше, чем давали все электростанции России до Великой Октябрьской социалистической революции.

Советский Союз располагает разнообразными природными энергетическими ресурсами на просторах Сибири. Богатые водные ресурсы позволяют получать в Сибири дешевую гидроэнергию, а на базе угольных карьеров — дешевую электрическую и тепловую энергию. На ближайшие десятилетия имеющихся у нас ресурсов будет достаточно и в Европейской части СССР, но в несколько более отдаленном будущем атомная энергия может оказаться тем практически неисчерпаемым и относительно дешевым источником, который обеспечит изобилие энергии в этой части страны.

Поставлена задача создать атомную энергетику, которая по крайней мере для условий Европейской части нашей страны будет экономически более выгодной, нежели угольная энергетика.

Уровень атомной техники, достигнутый в настоящее время, показывает, что стоимость электрического тока, вырабатываемого мощной атомной и угольной электростанциями, может быть примерно одинаковой. В боль-

шой степени это связано с тем, что расход топлива на атомных электростанциях очень мал. В то время как для угольной станции мощностью в 500 тысяч киловатт требуется за год не менее 100 тысяч вагонов угля, для атомной электростанции такой же мощности достаточно в год лишь несколько вагонов урана. Крайне незначительные расходы ядерного «горючего» дают возможность получить большое количество энергии.

Атомные станции обладают и другими преимуществами. На такой станции нет золы и дыма; она почти не нуждается в воде. Такая станция может строиться в любом районе — в песках пустыни, в местах, далеких от железной дороги. Это особенно ценно в условиях нашей страны, где имеются огромные пространства, лишенные леса, нефти, угля (как, например, Заполярье, пустыни Средней Азии и т. д.). Создание здесь ряда таких станций пробудит жизнь в этих местах, исключительно богатых различными рудными ископаемыми.

Так как для работы атомного котла не нужен воздух (котел не нуждается в кислороде для сжигания «топлива»), эти установки можно помещать глубоко под землей. Толстый слой земли — надежная защита от радиоактивных излучений.

Атомные электростанции позволят использовать в будущем каменный уголь и нефть гораздо более выгодно, чем теперь. Ведь уголь и нефть — это ценнейшее сырье, из которого путем химической переработки получают разнообразные продукты — красители, пластмассы, синтетический каучук, моторное топливо, смазочные масла, спирт, пищевые жиры, мыло, лекарственные и многие другие вещества.

Шестым пятилетним планом намечено строить атомные электростанции в Москве, Ленинграде, на Урале. Станции начнут вступать в строй с конца 1958 года, часть их начнет действовать в 1959 году, а некоторые — в 1960 году.

Помимо пяти мощных электростанций, в 1950—1960 годах будет построено еще несколько меньших экспериментальных атомных станций с электрической мощностью в 50 тысяч киловатт каждая.

Кроме того, ведется работа по созданию малых стационарных или передвижных электростанций на гусеничном или даже автомобильном ходу. Такие установки



будут использоваться главным образом на целинных землях и в других осваиваемых районах Востока нашей страны. Найдут они применение и в военном деле, для самых различных целей.

Все большие атомные электростанции будут построены с реакторами на медленных нейтронах. Работа таких реакторов изучена лучше всего.

Одна из станций будет иметь реактор того же типа, что и на действующей с 1954 г. атомной электростанции, но более мощный. На станции устанавливаются две турбины мощностью по 100 тысяч киловатт. Они будут работать на перегретом паре (в 480—500 градусов). Как известно, чем выше температура и давление пара, тем большая часть тепла может быть превращена в механическую и электрическую энергию. На другой станции устанавливается реактор с тяжелой водой, а теплоносителем будет служить углекислый газ, циркулирующий через реактор и парогенераторы.

Будет использована для замедления нейтронов и обычная вода. С реактором этого типа создается одна из электростанций. Здесь устанавливаются три паровые турбины мощностью по 70 тысяч киловатт.

Реакторы с простой водой, над усовершенствованием которых в настоящее время работают наши ученые под руководством академиков И. В. Курчатова и А. П. Александрова, имеют большое значение для будущего атомной энергетики: открывается возможность создания атомных котлов, простых по конструкции, небольших по размерам и экономичных по использованию урана.

На экспериментальных атомных станциях будет изучаться работа реакторов разных типов. Тут будут реакторы на быстрых и на медленных нейтронах, на нейтронах промежуточных энергий, реакторы с замедлителями из графита, бериллия, тяжелой и простой воды, с газовым, водяным и металлическим охлаждением. Будет построен и гомогенный размножающий реактор. Всего в шестой пятилетке намечено создать до 10 разных типов атомных котлов. Интересна схема работы одной из таких станций: пар из реактора будет поступать непосредственно в турбину.

Такова обширная программа строительства атомных фабрик электричества, которая будет осуществлена совет-

ским народом в самом недалеком будущем. Закладывается прочная основа новой энергетики.

Необходимо заметить, что строительство атомных электростанций в шестой пятилетке, несмотря на весь его размах, будет носить характер эксперимента, проводимого в огромных масштабах, в результате которого четко определятся направления дальнейшего развития атомной энергетики.

В области атомной энергетики мы, несомненно, стоим на пороге новых замечательных открытий. Этому порукой неустанная забота Коммунистической партии и Советского правительства о развитии науки и техники, все новые и новые открытия в области ядерной физики и техники.

Работы по созданию атомных станций идут в настоящее время и в других странах. В Англии первая такая станция сооружена в Колдер-Холле, в северо-западной части страны. Мощность ее — 46 тысяч киловатт. Реактор уран-графитового типа. Электростанция пущена в конце 1956 года. Другая атомная станция той же мощности начнет работать в 1957 году. Строятся атомные электростанции и в США.

Говоря о развитии атомной энергетики, может возникнуть вопрос, а каковы же запасы атомной энергии в природе? В настоящее время основным источником атомной энергии является тяжелый металл уран. В природе он находится в виде соединений с другими химическими элементами. Чтобы получить ядерное «горючее», из этих соединений добывают химически чистый уран. Для этого урановая руда, добываемая на рудниках, сначала обрабатывается на обогатительных фабриках, в результате чего в руде повышается процентное содержание урана, а затем она поступает на химические и металлургические заводы. Химически чистый уран выпускают в виде блоков различных размеров, которые и используются в атомных котлах.

Хотя запасы урановых руд в природе не так велики, их хватит на долгие годы. Надо помнить также, что, используя уран в атомных котлах, можно производить еще больше ядерного «горючего» в виде плутония.

Другим источником атомной энергии служит торий. Из него, как уже говорилось, производят ядерное «горючее» уран 233. Тория на земном шаре в несколько раз

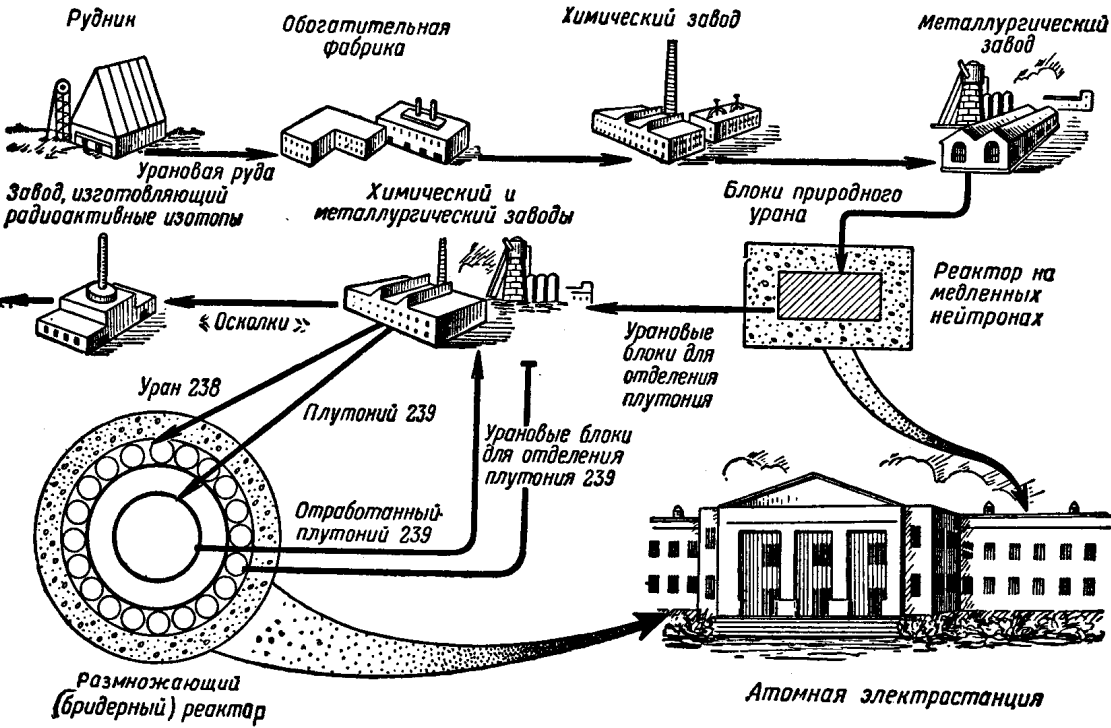


Рис. 53. Перспективная схема комплексного использования ядерного «горючего».

больше, чем урана. По подсчетам ученых, мировые запасы урана и тория могут дать примерно в 10—20 раз больше энергии, чем все известные запасы угля и нефти. Мирное использование этих двух элементов надолго обеспечит человечество атомной энергией.

Помимо этого, существуют другие источники атомной энергии. В будущем источниками атомной энергии будут служить и многие другие элементы таблицы Менделеева. Ядерным «горючим», в миллионы и миллиарды раз более концентрированным, чем уголь, может служить водород воды. Вы уже знаете, что атомную энергию в больших количествах получают путем синтеза тяжелых изотопов водорода. Правда, пока ученые еще не научились управлять этой термоядерной реакцией, замедлять ее, но несомненно, что уже в недалеком будущем эта задача может быть решена.

Для того чтобы начать термоядерную реакцию, необходима очень высокая температура — в несколько миллионов градусов. Как же ее создать, минуя атомную бомбу? В настоящее время советскими учеными уже найден один такой способ — при помощи газовых разрядов. Опыты показали, что, пропуская через разреженный газ электрический ток силой в несколько сотен тысяч ампер и используя магнитное поле для термоизоляции, можно получить исключительно высокую температуру — порядка одного миллиона градусов. Физики ищут также более медленные термоядерные реакции, чем реакция между дейтерием и тритием. Овладение термоядерными реакциями даст нам новые невиданные по своей мощности источники энергии. Решение этой труднейшей и исключительно важной задачи навсегда снимет с человека заботу о необходимых для нашей жизни запасах энергии на Земле.

Еще совсем недавно многие буржуазные ученые пугали человечество тем, что на Земле очень скоро, через какие-нибудь 150—200 лет, будут уничтожены все запасы энергии в виде ископаемого топлива и лесов, после чего наступит неизбежная гибель культуры и большинства людей на земном шаре. Теперь мы видим, как далеки были от истины эти мрачные предсказания. Человек, вооруженный наукой, открыл в природе и овладел таким видом энергии, источники которой практически неиссякаемы.

### Атомная энергия и транспорт

Для нашей страны с ее огромными просторами развитие всех видов транспорта, его совершенствование имеют жизненно важное значение. Каковы же пути использования атомной энергии в транспортных целях?

Атомная энергия может использоваться для различных видов транспорта, причем существуют два основных пути применения ее в этих целях.

Первый путь — это использование электроэнергии, полученной на атомных электростанциях. Электроэнергия, выработанная на таких станциях, позволит электрифицировать железные дороги.

Однако есть другой, более интересный путь использования атомной энергии на транспорте — создание самостоятельных силовых атомных установок для морских судов, самолетов, мощных локомотивов и т. д. Согласно Директивам XX съезда КПСС в шестой пятилетке этим проблемам будет уделяться особое внимание.

Директивами XX съезда КПСС в шестой пятилетке намечено построить атомный ледокол. Расскажем о нем подробнее.

Ледокольный флот для народного хозяйства СССР имеет огромное значение. Это и понятно: ведь более десяти тысяч километров побережья нашей страны омывается суровыми полярными морями. Толщина толстого и плотного многолетнего льда достигает здесь порой 20 метров. Он трудно проходим даже в летние месяцы для обычных ледоколов. Советские ученые и инженеры уже разработали технический проект первого, самого мощного в мире ледокола с атомными двигателями, предназначенного для работы в Арктике. С 1956 года на одном из судостроительных заводов нашей страны успешно идет его сооружение. Это будет огромный корабль совершенно нового типа, позволяющий коренным образом изменить характер ледового плавания, продлить сроки навигации в северных морях. Он сможет в течение круглого года проводить караваны судов с грузами по северным морям. Вместе с тем ледокол позволит расширить фронт научных исследований в Центральном полярном бассейне. Для ледовой разведки на его борту будут находиться два вертолета.

Ледокол-атомоход водоизмещением в 16 тысяч тонн будет иметь атомные двигатели общей мощностью в 44 тысячи лошадиных сил, то есть обладать мощностью электростанции, обслуживающей город с полумиллионным населением. Он спокойно может не заходить в порты 2—3 года. За целый год непрерывного плавания двигатели атомного ледокола израсходуют лишь несколько десятков килограмм ядерного «горючего». Будь это обычный корабль, ему на год понадобилось бы около 150 тысяч тонн угля, то есть примерно в 10 раз больше, чем весит сам корабль!

Создатели ледокола принимают все меры, чтобы надежно защитить личный состав от вредных радиоактивных излучений, возникающих в атомной установке. Управление ею будет осуществляться на расстоянии с помощью различных средств телемеханики и автоматики, которые значительно облегчат труд команды. Разнообразные автоматы — не менее сотни электронных аппаратов — все будут делать сами: управлять кораблем и его сложной техникой, «вести» вахтенный журнал, с помощью радиолокатора зорко следить за горизонтом, за состоянием льда, подводных глубин. Сейчас мы не знаем еще ни одного корабля без кочегара; на новом же ледоколе их заменят операторы, работающие у пульта управления.

Атомный ледокол будет чрезвычайно комфортабельным. Здесь запроектировано оборудовать одноместные и двухместные удобные каюты с установками искусственного климата, лампами дневного света, кают-компани, салоны, клуб, библиотеку-читальню, киноустановку, медицинские кабинеты, оснащенные современной лечебно-профилактической аппаратурой.

Обычные ледоколы, встречая препятствия, могут сокрушить лед только форштевнем и корпусом. Как будет действовать в таком случае атомоход?

При встрече с тяжелыми льдами, торосами атомоход сможет пробиваться вперед с помощью чрезвычайно сильного орудия — гидромониторов. На носу атомохода в корпусе будут размещаться два длинных и тонких выдвижных ствола, похожих на стволы зенитной пушки. Из них под огромным давлением — свыше 100 атмосфер — будут вырываться струи воды. Они способны разрезать ледяное поле вместе с торосами на глыбы, которые ледо-

кол своим мощным корпусом уже сможет легко подмять под себя и загнать затем под края ледового поля. Идущий следом за ледоколом караван судов с грузами сможет беспрепятственно продвигаться вперед. Регулярные рейсы от Мурманска до Владивостока по Северному морскому пути станут вполне обычным делом.

Атомными двигателями будут оснащены также морские суда. Институт комплексных транспортных проблем Академии наук СССР уже провел необходимые расчеты к проектированию корабля-атомохода. На современном уровне ядерной физики и техники создание такого корабля вполне возможно.

По сравнению с ныне действующими типами морских судов такие атомоходы очень экономичны. Следующий пример наглядно это подтверждает. Танкер с обычной паротурбинной установкой грузоподъемностью в 25 тысяч тонн при скорости хода 20 узлов (37 километров в час) расходует 150 тонн жидкого топлива в сутки. А такой же танкер с атомной силовой установкой потребует в сутки около 120 грамм ядерного «горючего». За счет уменьшения запасов топлива судно в каждом рейсе из Черного моря на Дальний Восток сможет перевезти дополнительно два железнодорожных состава с бензином.

В шестой пятилетке разрабатываются также атомные силовые установки для кораблей китобойной флотилии.

Атомный двигатель не нуждается в воздухе. Это позволяет создавать большие подводные корабли, способные очень долгое время находиться под водой, не пополняя запасы топлива и кислорода. Обеспечить запасы кислорода для дыхания находящихся на подводном судне людей будет сравнительно нетрудной задачей. На таких кораблях можно, например, плавать под арктическими льдами. Как известно, в настоящее время в США уже построены две большие подводные лодки с атомным двигателем. Длина одной из них, названной «Наутилусом», — 91 метр; скорость под водой — 20 узлов. Ядерный реактор располагается в задней части лодки.

Ученые Советского Союза и других стран работают теперь над созданием и других транспортных средств с атомными силовыми установками.

Принципиально вполне возможно на локомотивах установить атомные двигатели. Пока такого локомотива еще нет, но возможности создания его вполне реальны.

Уже имеются проекты атомного локомотива. По расчетам конструкторов атомовоз может весить около 300 тонн. Мощность его составит примерно 8 тысяч лошадиных сил. На каждую тысячу километров пробега ему потребуется примерно 15 грамм урана.

Современный самолет с бензиновым двигателем мощностью в 2000 лошадиных сил расходует за час полета около полутонны горючего. Чтобы совершить полет на расстояние в несколько тысяч километров, необходимы десятки тонн бензина. Понятно, какое влияние оказывает это обстоятельство на конструкцию самолетов, их маневренность, скорость и дальность полета. Но как изменится дело, если на самолет поставить атомный двигатель! Одного грамма ядерного «горючего» будет достаточно для полета в течение трех часов.

Неизмеримо возрастет скорость и дальность атомных самолетов и ракет. Беспосадочное кругосветное путешествие будет обычным делом.

Или представьте себе, что атомный двигатель установлен на автомашине «Победа». На каждые 10 тысяч километров она расходует не менее 1,5 тонны бензина. Ежедневно при поездках ее необходимо снабжать новыми запасами горючего. Будущие атомные автомобили будут заправляться ядерным «горючим» только один раз — при их изготовлении или при продаже в магазине. Несколько десятков грамм израсходованного атомного «горючего» обеспечит автомобиль энергией на много лет; чтобы совершить кругосветное путешествие, потребуется всего... 25 грамм чудесного ядерного «горючего»!

Уже не за горами то время, когда атомная энергия преобразит весь транспорт. Но в настоящее время значительные трудности для конструкторской мысли еще состоят в том, что существующие сейчас ядерные реакторы очень велики по размеру и тяжелы по весу, их нельзя еще поставить на самолет или автомобиль. Ученым, инженерам предстоит создать небольшие по размерам, удобные в эксплуатации атомные силовые установки.

Во время регулируемой цепной реакции в урановых котлах выделяются вредные для организма человека радиоактивные излучения. Вот почему в настоящее время уделяется большое внимание разработке способов защиты людей от нейтронного и гамма-излучения. Для этого приходится проектировать мощные защитные экраны, что



значительно увеличивает вес атомного двигателя. Однако последние изыскания указывают на возможность снижения веса защитного экрана путем применения новых материалов, в частности слоистых экранов из стали и пластмасс. Без защиты атомный двигатель может применяться только на машинах, управляемых на расстоянии и не требующих присутствия людей.

Интересна еще одна область применения атомных авиационных двигателей. Космические корабли-ракеты, которые оторвутся в будущем от нашей Земли и стремительно понесутся к далеким мирам нашей планетной системы, будут, конечно, снабжены атомными двигателями. Надо думать, что уже на глазах нашего поколения станут действительностью мечты о межпланетных путешествиях. Ядерное «горючее» дает возможность создать такую ракету, которая сможет преодолеть силу земного притяжения.

Как известно, ракета движется за счет силы реакции, которая возникает в результате выброса из ракеты с большой скоростью газов — продуктов сгорания топлива. Чем выше скорость истечения газов, тем больше скорость ракеты. Чтобы создать ракету, способную улететь от Земли, необходима очень большая скорость — не менее 11 километров в секунду. Построить такую ракету на каком-либо из известных нам видов химического топлива невозможно и вот почему. Ракета, работающая даже на лучшем химическом топливе и развивающая скорость около 3,3 километра в секунду, должна состоять почти из одного горючего. Расчеты показывают, что вес топлива у такой ракеты будет равен 96 процентам начального ее веса.

Используя ядерное «горючее», можно получить значительно большую скорость ракеты. Например, нагревая водород за счет тепла, выделяющегося при делении ядер урана, можно поднять его температуру до 5000—6000 градусов. При этом скорость его истечения из ракеты может достигнуть 11—12 километров в секунду. Расчеты показывают, что энергия, выделяющаяся при делении 2 килограмм плутония, достаточна для того, чтобы выбросить в мировое пространство ракету весом в 1 тонну.

Конечно, осуществление всех этих заманчивых проблем далеко не легкая задача. Потребуется новые материалы, новые способы автоматического управления, но-

вые отрасли промышленности. Так, например, для межпланетной ракеты необходимо создать необычайно прочные сплавы, способные длительное время выдерживать очень высокую температуру, стойкие к радиоактивным воздействиям. Потребуется материалы, способные быстро отдавать тепло в окружающее пространство. Предстоит найти легкие средства защиты от радиоактивного излучения. Однако возможности науки неограниченны. Поэтому нельзя сомневаться в том, что все эти сложные вопросы будут решены в недалеком будущем.

Сказанным далеко не исчерпываются возможности мирного использования энергии атомов. Вспомните  $\alpha$ -радиоактивных веществах.

Правда, естественных радиоактивных веществ в природе немного. Но мы умеем теперь получать и искусственные радиоактивные атомы. В настоящее время эти вещества получают в реакторах как побочные продукты и получают в таких количествах, о каких еще двадцать лет назад можно было только мечтать.

Практически это осуществляется так. В защитной оболочке атомного котла делаются специальные каналы, куда закладываются различные нерадиоактивные вещества. Во время работы реактора эти вещества подвергаются сильнейшей «бомбардировке» нейтронами, несущимися из котла, и становятся радиоактивными. Кобальт становится радиокобальтом, азот превращается в радиоуглерод, хлор — в радиоактивный изотоп серы и т. д. Таким путем можно получать большие количества искусственных радиоактивных изотопов многих элементов таблицы Менделеева.

Появилась реальная возможность использовать атомную энергию радиоактивных веществ всюду, где только она может оказать пользу. Началась новая жизнь радиоактивных атомов как могучих, надежных помощников человека.

#### **Где используется радиоактивное излучение?**

Радиоактивные вещества находят теперь широкое применение во всех областях народного хозяйства. Их используют как источники излучения большой проникающей способности, а также в качестве «разведчиков» в методе меченых атомов.

Расскажем сначала о том, как и где можно использовать радиоактивное излучение радиоизотопов.

Уже сравнительно давно для обнаружения внутренних изъянов (дефектов) в изделиях применяют магнитный способ и лучи Рентгена. Однако этими способами нельзя обнаружить внутренних дефектов в изделиях большой толщины. Например, глубина просвечивания металла рентгеновскими лучами обычно не превышает 3—5 сантиметров. Кроме того, рентгеновские установки очень громоздки и дороги. Теперь для контроля качества металла применяют радиоактивный изотоп кобальта — кобальт 60 — и некоторые другие элементы. Ими можно просвечивать металлические изделия толщиной до 30 сантиметров. Принцип такого контроля прост. Исследуемая деталь помещается между источником радиоизлучения и фотопленкой. Гамма-лучи, проходя через металл, поглощаются в меньшей степени в тех местах, где имеются пустоты и трещины. Это оставляет свой след на пленке. Таким путем можно легко находить невидимые трещины в деталях машин, раковины в заготовках металла, определять качество сварных швов.

Новый способ — он называется гамма-дефектоскопией (дефект — изъян, скопео — смотрю) — позволяет находить дефекты в различных изделиях значительно точнее, быстрее и, главное, непосредственно в заводских условиях. Аппаратура для осуществления этого способа сравнительно проста.

В настоящее время метод гамма-дефектоскопии уже довольно широко применяется в промышленности. Государственная инспекция обязывает теперь проверять с помощью радиоактивных изотопов все сварные котлы, мосты, корпус кораблей, газопроводы и т. п. Например, этим методом проверялось качество сварки при прокладке газопровода Дашава — Киев. В шестой пятилетке будут построены тысячи километров новых газопроводов. Применение на этих стройках нового метода даст большой экономический эффект.

Дешевые и небольшие установки с радиоактивным кобальтом могут найти очень полезное применение на полевых танкоремонтных базах, ремонтных заводах и т. д.

Радиоактивное излучение дает возможность осуществлять автоматический контроль толщины различных изделий в процессе их производства. Вот один из способов такого контроля. Металлическая (или резиновая, бумажная) лента просвечивается гамма-лучами в процессе ее

изготовления. Чем толще лента, тем сильнее поглощаются в ней радиоактивные излучения. Излучение, проникшее через ленту, измеряется при помощи физических приборов — счетчика Гейгера-Мюллера или ионизационной камеры.

Для измерений гамма-лучей в последнее время создан новый вид счетчика — так называемый сцинтилляционный или люминесцентный счетчик. Главная его часть — большой кристалл (например, кристалл иодистого натрия), в котором под действием гамма-излучения возникают короткие вспышки света — сцинтилляции. Появление этих вспышек регистрируется особым прибором — фотоумножителем, в нем свет преобразуется в электрический ток.

Соединяя ионизационную камеру или счетчик с автоматическим устройством, можно поддерживать заданную толщину ленты. Таким путем осуществляют непрерывное измерение и регулирование толщины изделий при их производстве.

Радиоактивные толщиномеры могут применяться во многих отраслях промышленности. Подобные устройства можно применять, например, в текстильной промышленности для нанесения равномерного слоя краски на ткань. Их применение на прокатном стане резко увеличивает производительность труда и улучшает качество изделия. Возьмем, например, прокат белой жести. Толщина ее должна быть строго определенной. Незначительное отклонение от заданного размера — и уже идет брак. Необходимо все время контролировать толщину стальной ленты. Раньше это делалось ручным способом с помощью микрометра. Но лента металла протягивается с большой скоростью. Чтобы замерить толщину жести, вальцовщик должен замедлить работу прокатного стана. А это снижает производительность. Теперь, когда на помощь пришли радиоактивные атомы, такой контроль стал куда проще и надежнее. Не задерживаясь ни на секунду, бежит между валками стана блестящая металлическая лента. Атомы-контролеры проверяют ее качество, не прикасаясь к ней. Стрелка указателя прибора в любой момент показывает вальцовщику, какова толщина проката. Стан работает на полную мощность.

Если поверхность какого-либо изделия облучать бета-лучами, то в зависимости от толщины поверхностного

слоя покрытия изделия интенсивность отражения и рассеивания бета-лучей от этого слоя будет меняться. Это позволяет вести непрерывный бесконтактный контроль толщины покрытий различных материалов. Такой контроль обеспечивается точностью измерения до долей микрон.

Во многих производствах очень большое значение имеет износ различных деталей машин. Очень важно вовремя заменить износившуюся деталь. Старые способы измерения износа деталей не позволяли вести контроль в процессе работы машины. Чтобы проверить, не износилась ли та или иная деталь, надо было останавливать машину. Новые возможности дало применение радиоактивных атомов. Чтобы определить, когда настало время сменить деталь (например, поршневое кольцо двигателя), в нее на некоторую глубину от трущейся поверхности помещают небольшое количество радиоактивного вещества. Как только износ детали переходит допустимый предел, в смазочном масле появляются радиоактивные атомы. При этом нетрудно сделать так, что, попадая в смазку, они воздействуют на какую-либо сигнальную систему, и последняя автоматически останавливает машину.

При работе землесосных машин — земснарядов — важно знать густоту пульпы (смесь воды и грунта), проходящей через машину, так как от этого зависит производительность земснаряда. До недавнего времени контролировать это было невозможно. Теперь советскими инженерами создан специальный прибор, который с помощью радиоактивного кобальта показывает соотношение воды и грунта в пульпе в любой момент времени. Радиоактивный контроль за работой земснарядов на строительстве Куйбышевской и других гидроэлектростанций дал возможность увеличить производительность этих машин на 20 процентов.

Интересно автоматически действующее устройство, сигнализирующее о том, что огнеупорная кладка внутри доменной (или мартеновской) печи пришла в негодность. Оно применяется теперь уже на многих наших заводах. При сооружении или капитальном ремонте печи в огнеупорную кладку на различную глубину замуровывают несколько ампул с радиоактивным кобальтом. Счетчик, находящийся с наружной стороны доменной печи, регистрирует интенсивность гамма-излучения, которое легко

проникает через толстый слой кирпича. Соприкасаясь с расплавленными чугуном и шлаком, огнеупорный кирпич постепенно разрушается. Когда он выгорит настолько, что кобальт, замурованный близко к внутренней поверхности огнеупора, растворится в чугуне, счетчик отметит уменьшение радиоактивности. По мере разрушения огнеупорного слоя кирпича будут растворяться одна за другой все более глубоко замурованные ампулы радиоактивного кобальта. Основываясь на показаниях счетчика, можно своевременно принимать необходимые меры, чтобы в нужный момент восстановить огнеупорную кладку печи.

Так, радиоактивные изотопы позволяют заглянуть внутрь доменной печи во время ее работы.

Радиоактивные атомы открывают богатейшие возможности промышленного контроля и автоматизации производственных процессов; в последнее время создан целый ряд новых приборов, которые с помощью радиоактивных излучений определяют и автоматически регулируют границы раздела между различными жидкостями, между жидкостью и газом, дают возможность непрерывно следить за тем, как изменяется уровень жидких и твердых тел в разного рода закрытых аппаратах, и т. д. Например, на электростанциях «радиоактивный глаз» следит за уровнем воды в паровых котлах. Автоматизируются самые разнообразные производственные процессы — в химической, нефтяной, металлургической, пищевой промышленности и многих других отраслях народного хозяйства.

Очень важное применение находят сейчас радиоактивные методы при разведке месторождений полезных ископаемых. Например, при поисках нефти в разведочную скважину опускают радиоактивный источник быстрых нейтронов и прибор, измеряющий гамма-излучение. Нейтроны, проникая в породы, быстро замедляются и захватываются ядрами атомов. При этом возникает гамма-излучение. Степень замедления и поглощения нейтронов в различных породах различна, а в связи с этим различна и интенсивность гамма-излучения. Установлено, что больше всего нейтронный поток замедляется, проходя через слои земли, содержащие нефть. Таким путем можно определить местонахождение нефтеносных пластов.

Очень интересные перспективы открывает перед народным хозяйством новая область науки — радиационная химия, изучающая химические превращения вещества

под воздействием и при участии радиоактивных излучений. Установлено, что под действием ядерных излучений большой энергии в органических материалах сложного строения, таких, как каучук и другие, происходят глубокие изменения в их строении. Некоторые материалы переходят в неплавкое и нерастворимое состояние, другие разрушаются с выделением больших количеств газа. У одних материалов радиоактивное облучение вызывает распад молекул, а у других, наоборот, их срастание. Все это имеет очень большое значение для создания искусственных материалов и веществ с заранее заданными свойствами.

Интересно, что с помощью ядерного излучения можно получить исключительно прочную пленку на металле. Проводились, например, опыты с режущим инструментом — стойкость его после облучения повысилась в десятки раз!

Радиоактивные излучения способны глубоко влиять на ход весьма важных химических процессов.

Одной из наиболее широко используемых в производстве различных органических продуктов реакций является реакция полимеризации, когда большое количество молекул объединяется в длинную цепочку и образует одну крупную молекулу, называемую полимером. Таким путем получают пластические массы, синтетические каучуки и т. д. Выяснено, что в ряде случаев достаточно мощное радиоактивное облучение ускоряет процесс полимеризации. При этом радиоактивное излучение может способствовать началу и таких реакций, которые особенно трудно или вообще невозможно осуществить другими методами. Таким путем возможно получение совершенно новых полимеров.

Исследования советских и зарубежных ученых показали, что при помощи мощного радиоизлучения можно более простым способом получать азотную кислоту из воздуха. Под влиянием гамма-лучей из бензола можно получать анилин, служащий основой многих красителей и взрывчатых веществ. Облучая две различные пластмассы, можно как бы сращивать их в одно целое. Это открывает очень большие возможности для создания защитных покрытий у различных изделий.

Немало полезных применений находят радиоактивные изотопы в пищевой промышленности. Вот один из

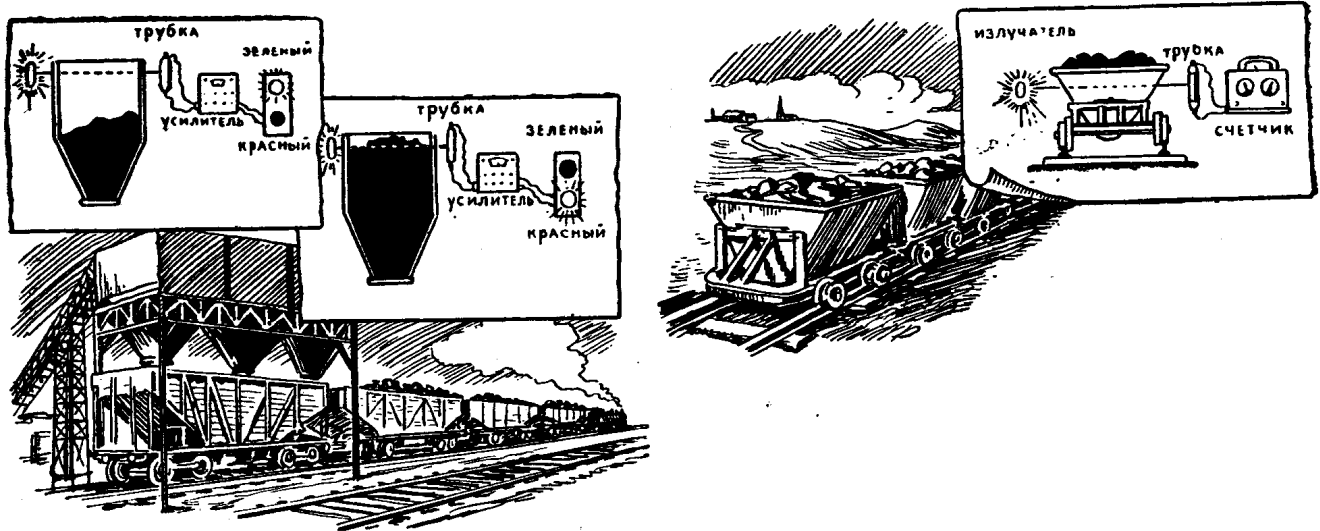


Рис. 54. С помощью радиоактивных веществ можно очень быстро и безошибочно считать различные предметы, например вагонетки. «Радиоактивный глаз» определяет уровень руды в бункере.



примеров. Чтобы пищевые продукты долго не портились, их стерилизуют, то есть обеззараживают, убивая микробов, которые приводят пищу к порче. Обычно это делают путем нагревания. В консервной промышленности для стерилизации применяется высокое давление и горячий пар. Радиоактивные излучения открывают новые возможности — холодной и очень быстрой стерилизации продуктов. В потоке атомной энергии, излучаемой радиоактивными атомами, этот процесс протекает почти мгновенно. Достаточно нескольких секунд, чтобы получить стерильное мясо, рыбу, овощи.

Радиоактивное облучение применяется теперь для борьбы с вредителями зерна. В институте биофизики Академии наук СССР разработан способ предохранения зерна от долгоносика. Небольшое радиоактивное облучение быстро прекращает распространение этого вредителя; жучки становятся неспособными к размножению.

Кто не знает, как трудно сохранить картофель и многие другие овощи до следующего лета без прорастания. Прорастая, картофель теряет вкусовые качества, понижается его питательность. В нем уменьшается содержание витамина С и крахмала. Как избежать этого? Сотни лет существовал один способ. Картофелю не дают почувствовать наступление весеннего тепла, держат его в холодном месте, темноте. Однако этот способ далек от совершенства; он не всегда бывает успешным.

Атомная энергия позволяет улучшить длительное хранение овощей, надежно предотвратить их порчу. Это можно сделать, например, так. После того как картофель собран в хранилище, сюда помещают небольшие алюминиевые трубочки — ампулы с радиоактивным кобальтом. Облучение атомной энергией, проведенное в небольшой дозе, дает нужные результаты: оставаясь сочным и свежим, картофель спокойно может храниться не один год.

Этот способ уже проверен учеными и в настоящее время начинает применяться на практике. Ампулы с радиоактивным кобальтом недороги, работать они могут много лет подряд. Для этой цели создаются также специальные установки.

Если в больших дозах радиоизлучение убивает, то при небольших дозах наблюдается иногда обратная картина — излучение повышает жизнедеятельность организмов.

Под Москвой, на полях Сельскохозяйственной акаде-

мии имени Тимирязева, в совхозе Марфино и в других местах уже несколько лет ведутся интересные опыты по влиянию радиоактивных излучений на зерновые растения, овощи, ягоды и фрукты. Эти опыты показывают, что атомная энергия радиоактивного распада при определенной дозировке повышает урожайность. Так, например, опыты с облучением в поле кукурузы радиоактивным кобальтом (слабыми дозами) показали, что такая кукуруза дала на 13 процентов больше зеленой массы, чем росшая на том же поле, но не подвергнутая облучению. Кроме того, на облученных растениях выросло больше початков (вместо двух—трех четыре—пять). Облучение сахарной свеклы дало повышение урожая и повысило ее сахаристость.

В последнее время получено много фактов о наследственных изменениях, которые вызывают у растений ядерные излучения. Перед учеными-биологами открывается замечательная возможность: воздействуя радиоактивным облучением на растения и их семена, получать новые формы ценных растений. Так, например, при облучении сухих семян ржи был получен новый сорт этой культуры, с более крупными колосьями и зернами.

Наконец, нельзя не сказать и о том, как атомная энергия, выделяющаяся при радиоактивном распаде, успешно используется для лечения многих заболеваний.

Уже давно врачи лечили злокачественные опухоли излучением радия. Но радий, который извлекают из урановых руд, стоит очень дорого. Теперь для борьбы со злокачественными опухолями применяется сравнительно недорогой радиоактивный кобальт, который по лечебным свойствам не уступает радю, а в некоторых случаях и превосходит его. Советскими учеными сконструированы мощные радиокобальтовые установки, позволяющие успешно проводить лечение злокачественных опухолей. Облучение не вызывает никакой боли.

Для этой же цели теперь часто применяют также радиоактивный фосфор и радиоактивное золото. Интересен один из способов лечения раковой опухоли. Из специального «пистолета» в опухоль «стреляют» крупинкой радиозолота. Последняя проникает непосредственно в пораженное болезнью место. Такой «выстрел» безболезнен.

Радиофосфор применяют и для лечения некоторых заболеваний кожи и крови. Болезни щитовидной железы

лечат радиоактивным иодом. Некоторые «короткоживущие» радиоэлементы, период полураспада у которых измеряется днями или часами, используются теперь и для приема внутрь организма, как обычное лекарство.

Приведенные примеры — лишь небольшая часть исследований ученых по мирному использованию радиоактивных излучений. Советская наука ведет эти работы широким фронтом, с тем, чтобы уже в ближайшие годы, в шестом пятилетии, атомная энергия нашла широкое применение в нашей жизни, в промышленности, в сельском хозяйстве.

Еще одну, очень заманчивую возможность открывают нам радиоизотопы — возможность получения электрической энергии непосредственно из энергии радиоактивного излучения. В настоящее время уже созданы небольшие атомные электрические батарейки, которые имеют ряд преимуществ перед обычными аккумуляторами электроэнергии. Как устроены и работают такие батарейки?

Среди окружающих нас разнообразных веществ существует большая группа так называемых полупроводников. Эти вещества занимают промежуточное положение между проводниками электрического тока и непроводниками (изоляторами). Это как бы проводники наполовину. Они проводят электрический ток, но проводят значительно хуже, чем металлы. К полупроводникам относятся многие элементы и их соединения — кремний, селен, германий, фосфор, бор, мышьяк, большая часть окислов металлов, их сернистые соединения, большинство минералов, некоторые сплавы и др. Полупроводники, по словам академика А. Ф. Иоффе, — это «почти весь окружающий нас неорганический мир». Еще не так давно свойства их были изучены очень мало.

Успехи науки последних двух десятилетий совершили настоящий переворот в наших представлениях об этих незаслуженно забытых веществах. Полупроводники вышли на «передний край» новой техники. Возникла новая, исключительно важная наука — физика полупроводников.

Было открыто, что механизм возникновения электрического тока в полупроводниках совсем иной, чем в проводниках-металлах. Когда по металлическому проводу идет ток, то это значит, что внутри провода направленно движутся так называемые свободные электроны —

электроны, не связанные с атомами. Такие электроны всегда существуют в металле. В полупроводниках дело обстоит иначе. Свободные электроны в них могут быть и не быть, в зависимости от условий. Например, при низкой температуре их почти нет, и полупроводник практически не проводит электрического тока. Но стоит нагреть такое вещество, и в нем появятся свободные электроны — полупроводник начнет проводить электричество.

Такое же действие оказывают на полупроводники свет и радиоактивные излучения. Это свойство и используется в атомных электрических батареях. Вот как устроен один из таких приборчиков. На пластинку из полупроводника, способного благодаря особой обработке проводить электрический ток только в одном направлении, нанесен тонкий слой радиоактивного вещества, например изотоп стронций 90 (период полураспада 32 года). Этот изотоп является «отходом производства» в ядерном реакторе; он дает сильный поток бета-частиц и не дает гамма-излучения. Поэтому здесь нет необходимости в защите от гамма-лучей.

Вылетающие из радиоактивного вещества быстрые электроны выбивают множество новых электронов в полупроводнике. В результате в нем возникает поток электронов, движущихся в одном направлении. Так рождается здесь электрический ток. Этот ток, правда, очень невелик. Но, соединяя атомные элементы вместе в батарею, можно получать ток, уже достаточный для питания радиоприемников, телефонных аппаратов и пр.

Атомные элементы имеют очень небольшие размеры (рис. 55) и малый вес по сравнению с обычными сухими элементами. Кроме того, очень важным преимуществом атомных источников тока является их долговечность. Атомные электрические батареи могут действовать без перезарядки (т. е. без замены радиоактивного изотопа) не один десяток лет!

Несомненно, что в будущем эти батарейки найдут широкое применение там, где необходимы легкие малообъемные источники тока.



Рис. 55. Атомная батарея.

### Меченые атомы

В жизни мы повседневно встречаемся с мечеными предметами. Метят, например, трассирующие пули, чтобы видеть траекторию их полета. А нельзя ли пометить атомы и молекулы? Можно. Уже давно перед наукой возникла эта заманчивая задача — научиться следить за движением невидимых частиц вещества, видеть пути движения отдельных атомов и молекул, уметь отличать отдельные атомы какого-либо химического элемента от других атомов этого же элемента, где бы они ни находились. Это очень важно. Ведь с движением атомов и молекул связаны многие свойства тел, процессы получения различных веществ, усвоение организмом пищи, растворение тел в жидкости и т. д. Такая задача и решается сейчас с помощью меченых атомов.

Первые меченые атомы были найдены в природе: это знакомые нам изотопы химических элементов — как радиоактивные, так и нерадиоактивные.

Из природных нерадиоактивных изотопов довольно часто применяют в качестве меченых атомов тяжелые изотопы водорода и кислорода, которые по весу заметно отличаются от своих легких «братьев», и это позволяет обнаруживать их в том или ином химическом соединении.

Обнаружить присутствие радиоактивных изотопов уже гораздо проще — где бы ни находились такие атомы, они выдают себя своим излучением. По этой метке их можно всюду обнаружить. Как вы уже знаете, их можно «поймать» и даже подсчитать с помощью счетчиков. Кроме того, радиоактивные меченые атомы оставляют свои следы на фотографических пластинках; они как бы «расписываются» на ней в своем присутствии.

Радиоактивные и нерадиоактивные изотопы какого-либо элемента при всех химических превращениях ведут себя одинаково; в то же время их можно отличить друг от друга. Таким образом, следя за тем, как «путешествуют» радиоактивные атомы при различных химических превращениях, мы будем знать, как ведут себя и все другие, нерадиоактивные атомы различных веществ.

Познакомимся с одним интересным применением природных радиоактивных атомов. В природе существует несколько видов таких атомов — атомы урана, атомы радия, радона, углерода и др. Распад радиоактивных ве-

ществ протекает всегда и в любых условиях со строгой закономерностью. Каждую секунду распадается одинаковая доля атомов данного радиоактивного элемента. У одних радиоактивных веществ больше, у других меньше. Это дает нам замечательную возможность определять, когда в прошлом происходили на Земле те или иные события. Как это делается?

Мы уже говорили о том, что в атмосфере Земли всегда имеется некоторое количество углекислого газа, в состав которого входит радиоактивный изотоп углерода. В атмосфере Земли находятся сотни миллиардов тонн углекислого газа. И всегда некоторая часть его — радиоактивна.

Углекислый газ — пища растений. Вместе с атомами обычного углерода в растения попадают и их неустойчивые «близнецы» — атомы радиоактивного углерода. А из растений они перекочевывают в организмы животных. И вот что при этом существенно. Пока растения и животные живы, пока они питаются, относительное содержание меченых радиоактивных атомов углерода в них не меняется — взамен распадающихся атомов в организм поступают все новые из атмосферы.

Вы можете взять, например, любое растение, где бы оно ни росло, — и в каждом грамме углерода, содержащегося в клетчатках растения, будет найдено одно и то же количество радиоактивных атомов — около 50 миллиардов.

Но вот растение или животное погибает. Поступление радиоактивного углерода прекращается. И с этого момента число неустойчивых атомов в мертвых останках организма начинает уменьшаться и уменьшаться закономерно. Через каждые 5600 лет число меченых атомов убавится вдвое, через 11200 лет — вчетверо, через 16800 — в 8 раз и т. д.

Возникает возможность по содержанию радиоактивного углерода в древних остатках животных и растений определять — и определять с большой точностью — время их смерти. Такие «углеродные часы» оказались очень полезными для археологов и историков.

В музеях мира хранится немало различных остатков древности. Возраст многих из них определен по разным признакам лишь приблизительно. Теперь этот возраст можно проверить, установить гораздо точнее.

Из могилы одного из египетских фараонов от ладьи был взят кусок дерева. Археологи оценили его возраст в 3750 лет. После этого взялись за дело физики. С помощью счетчика было определено, сколько меченых радиоактивных невидимок осталось на грамм углерода в древнем куске дерева; сравнив это с тем, сколько их содержится в свежесрубленном дереве, рассчитали, что возраст ладьи из гробницы фараона составляет около 3620 лет.

В другом месте был проверен радиоактивным методом возраст остатков ствола секвойи<sup>1</sup>. Считалось, что дерево было срублено 880 лет назад. Радиоактивное измерение уточнило эту дату — дерево погибло 930 лет назад.

Не так давно в Советском Союзе был определен таким же путем «возраст» пайденного в земле мамонта. Меченые невидимки, обнаруженные в его костях, рассказали, что мамонт пролежал в земле около 12 тысяч лет.

«Углеродные часы» дают порой совершенно сказочные возможности путешественникам по прошлому Земли. Во Франции в одной из пещер была обнаружена стоянка древнего человека; были найдены каменные орудия труда, полусгоревшее топливо костров. Ученые решили проверить с помощью нового метода обуглившиеся ветки из древнего костра. Определив в них содержание радиоактивных атомов углерода, они сказали: наши далекие предки жили здесь около 15 500 лет назад, после эпохи Великого оледенения Земли; именно тогда в пещере горел костер!

Но особенно широко и многообразно применяются в науке и технике в качестве меченых атомов искусственные радиоактивные изотопы. Трудно рассказать о всех возможных применениях таких атомов. Они стали теперь могущественным орудием исследования во всех тех областях науки и техники, где дело касается обнаружения вещества, изучения процессов его превращения и передвижения.

Как известно, свойства любого металлического сплава сильно зависят от взаимного расположения входящих в него атомов. Применяя меченые атомы, можно наглядно видеть, как располагаются в сплаве атомы того или

---

<sup>1</sup> Секвойя — род громадных хвойных деревьев; некоторые из них достигают высоты 150 метров.

инного элемента. Для этого при изготовлении в сплав вводят меченые атомы одного из элементов, входящих в его состав, например меченые атомы серы. Если теперь к гладкой поверхности куска сплава приложить на некоторое время фотопластинку, завернутую в черную бумагу, то после проявления на фотопластинке будут видны места расположения серы.

Меченые атомы дают возможность изучать структуру металлов во всех подробностях, а это имеет очень большое значение для управления такими процессами, как закалка и отпуск металла, для изучения механизма сварки, для создания новых марок сплавов и т. д. Например, меченые атомы помогли решить очень важную производственную задачу — создать ценную жаропрочную сталь, которая применяется в паровых котлах и турбинах, работающих на перегретом паре высокого давления, в реактивных двигателях и др.

Для сокращения продолжительности плавки в мартеновской печи большое значение имеет ускорение процесса образования шлака, который очищает сталь от вредных примесей. Какой порядок загрузки руды и известняка в печь лучше всего обеспечит скорейшее образование жидкого шлака? Эта нелегкая задача решается с помощью меченых атомов. В различные слои руды и известняка вводят меченые атомы кальция, железа и фосфора, различающиеся по характеру своего излучения. После того как в печь заливают чугун, производится отбор проб шлака. Появление в нем радиоактивных атомов указывает на то, что часть руды и известняка, в которую были введены соответствующие меченые атомы, уже расплавилась. С помощью радиоактивного кобальта изучается характер движения жидкой стали во время плавки.

Большую роль играет применение меченых атомов при определении процентного содержания химических элементов в различных смесях, в особенности если содержание элементов ничтожно мало. Радиоактивный метод дает возможность обнаружить элемент в сплаве или руде, когда его содержание составляет всего миллионную долю процента! Кроме того, меченые атомы позволяют проводить химический анализ значительно точнее и быстрее, а это очень часто имеет крайне существенное значение для контроля различных технологических процессов.



Особенно широкое и ценное применение меченые атомы находят в биологии при изучении жизни живых организмов.

Как известно, все жизненные процессы, совершающиеся в живых организмах, связаны с усвоением питательных веществ, с их движением и превращениями в организме, или, как говорят, связаны с обменом веществ. Но как проследить за атомами того или иного вещества, попавшего в организм? Как узнать, например, в какой орган попадает больше всего железа или фосфора, которые мы принимаем с пищей? Как долго задерживаются в организме различные питательные вещества или лекарства?

Еще совсем недавно такая задача была почти неразрешимой. Но вот в распоряжении ученых появились меченые радиоактивные атомы, появилась возможность следить, и следить очень подробно за всем, что происходит в живом организме невидимо для наших глаз.

Чтобы яснее представить себе, как меченые атомы помогают следить за такими процессами, приведем пример. Чтобы узнать, как «путешествуют» в организме атомы иода, в организм вводят иод, к которому примешивают немного искусственных радиоактивных атомов этого элемента. Попадая внутрь организма, меченые атомы иода продолжают излучать атомную энергию. По этому признаку их можно обнаружить. При помощи счетчиков можно даже установить, сколько именно находится меченых атомов иода в том или другом органе. А узнав это, мы можем решить, как ведут себя в организме и все другие атомы иода. Ведь по своим химическим свойствам радиоактивные атомы ничем не отличаются от обычных, нерадиоактивных атомов. Попадая в организм, все атомы иода как меченые, так и немеченые ведут себя одинаково. Таким образом, если в одном из органов оказалось больше всего радиоактивных меченых атомов, то это означает, что в том же органе скопились и нерадиоактивные, обычные атомы иода. Такие исследования показали, что принятый внутрь иод скапливается главным образом в области щитовидной железы, у гортани.

Интересные результаты были получены, когда ученые стали изучать с помощью меченых атомов, где и как располагается в организме человека фосфор. Оказалось, что принятые вместе с пищей радиоактивные атомы фос-

фора поступают главным образом в кости. Таким образом, фосфор, который является необходимой составной частью нашего скелета, в костях непрерывно обновляется: в них постоянно поступает новый фосфор, а старый выбрасывается.

Фосфор входит в состав красных кровяных шариков. Вводя в организм меченые атомы фосфора, можно изу-

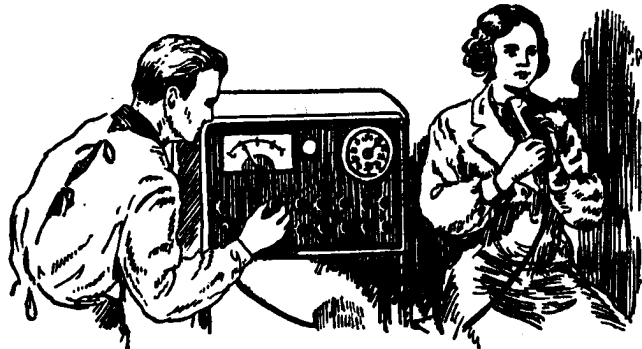


Рис. 56. Счетчик Гейгера-Мюллера регистрирует накопление радиоиода в щитовидной железе.

чать движение крови в организме. Такими исследованиями было найдено, что кровь, перелитая из одного организма в другой, усваивается новым организмом не сразу: на это необходимо не менее трех дней. Метод меченых атомов позволил заглянуть внутрь важнейшего органа — мозга, не нарушая его жизнедеятельности.

Наши ученые проводят большие исследования с мечеными атомами в области изучения и лечения различных болезней. Радиоактивные атомы позволяют изучать, насколько хорошо усваивается организмом лекарство, принятое больным. Меченые атомы, введенные в состав лекарства, дают возможность врачу видеть, на какое время задерживается в организме лекарство, в каких органах оно скапливается.

На Всесоюзной промышленной выставке можно увидеть интересный прибор — универсальный радиограф. Он дает возможность определять, с какой скоростью движется в организме кровь, как быстро всасываются раз-

личные вещества в желудке и кишках, в каких органах накапливаются различные вещества, попавшие в организм. В качестве меченых атомов здесь используются обычно атомы радиоактивного натрия.

Возбудителями многих опасных заболеваний являются мельчайшие существа — вирусы и микробы. Чтобы бороться с ними, очень важно знать, как эти возбудители ведут себя в организме, как быстро размножаются, где скапливаются. Для этой цели ученые стали использовать меченые вирусы. Следя за поведением таких вирусов, можно узнавать, как ведут себя и все остальные, немеченые возбудители болезни. Метить радиоактивными атомами можно не только вирусы, но и бактерии и даже насекомых — переносчиков заболеваний, вредителей сельского хозяйства. Пользуясь этим методом, можно, например, следить за движением различных паразитов внутри организма, видеть пути движения личинок-вредителей в почве, устанавливать, как быстро и далеко распространяются различные вредные насекомые. С помощью меченых атомов разрабатываются теперь и способы борьбы с вредителями.

Меченые атомы помогли разрешить ряд важных вопросов, связанных с жизнью растений. До недавнего времени считалось, что углекислота, поглощаемая растением из воздуха, расщепляется в нем при помощи солнечного света на углерод и кислород, причем углерод используется растением для создания углеводов (крахмала, сахара и др.), а кислород выделяется обратно в воздух. Такой процесс называется фотосинтезом. Методом меченых атомов было установлено, что в действительности углекислота усваивается растением целиком, а кислород, выделяемый в атмосферу, растение берет из воды, которую оно получает из почвы. Оказалось, что корни растений берут из почвы и углекислоту, передавая ее стеблям и листьям, где она усваивается растением. Этот процесс протекает настолько быстро, что уже через несколько минут после того как в корни начинает поступать углекислота, содержащая радиоактивный углерод, в листьях растения отмечается радиоактивное излучение.

Этот факт имеет немаловажное практическое значение. Теперь при поисках лучших способов корневого питания учитывают, что растение получает необходимую ему углекислоту с двух концов — через листья и через

корни. Так открываются новые пути к повышению урожайности.

Меченые атомы показали также, что при фотосинтезе в теле растения образуются не только углеводы, но и белки.

Всем известно, какое значение для повышения урожайности имеет научно правильное удобрение почвы. Когда же, в каких случаях внесенное в почву удобрение будет усвоено растением лучше всего? Какие удобрения лучше всего применять для пшеницы, для картофеля, для кукурузы? Меченые атомы отвечают на эти важные для сельскохозяйственной практики вопросы с большой точностью.

Новый способ научного исследования показал, например, что для хлопчатника удобрение лучше вносить вместе с семенами; что кукуруза и клевер хорошо усваивают фосфор при местном введении удобрения и хуже — при разбросном.

С помощью меченых атомов удалось узнать, сколько фосфора берет растение из почвы и сколько — из удобрений. Опыты, поставленные с пшеницей, дали, например, такой результат: первые две—три недели пшеница почти весь фосфор, необходимый ей для роста, берет из удобрения. Затем все больше начинает поступать фосфора из почвы. К концу второго месяца в растение поступает уже главным образом почвенный фосфор. Так же ведет себя и кукуруза. Значит, пшеницу и кукурузу выгодно подкармливать суперфосфатом только в первое время их развития. В отличие от них картофель хорошо усваивает удобрение и в ранний период своей жизни и в поздний.

Существует так называемый метод внекорневой подкормки растений. Однако до недавнего времени ученые и практики сельского хозяйства не знали, насколько хорошо усваивает растение удобрение, нанесенное в виде раствора на поверхность листьев. Атомная энергия радиоактивных атомов помогла решить этот важный вопрос. Оказалось, что такой способ подкормки растений во многих случаях гораздо более эффективен, чем внесение удобрения непосредственно в почву.

Меченые невидимки фосфора раскрыли одну интересную тайну из жизни деревьев, о которой раньше не подозревали. Оказывается, что корни больших деревьев, например дубов, срстаются между собой на очень боль-

шом расстоянии друг от друга. В результате много деревьев живут как один организм. И стоит заболеть одному дереву, как болезнь быстро поражает и другие.

Изучение обмена веществ у сельскохозяйственных животных имеет столь же важное значение, что и у растений. И здесь радиоактивные атомы оказывают человеку неоценимую помощь. С их помощью можно почти наглядно следить за тем, как усваивается в организме та или иная пища, с какой скоростью питательные вещества попадают в кровь и в различные органы, и т. д. А это дает возможность быстро находить пути увеличения продуктивности животных.

Обычно при таких исследованиях животного кормят пищей, содержащей в своем составе меченые атомы какого-либо элемента.

Следя таким образом за передвижением пищи в организме, ученым удалось узнать, что питательные вещества, принятые с пищей, идут в первую очередь на построение тканей, а вещества, из которых ткань ранее состояла, распадаются, давая организму необходимую энергию. Так было отвергнуто старое представление о том, что вещества, из которых строятся ткани, остаются в организме долгое время. В действительности все это оказалось не так. Меченые атомы показали, например, что за 8 дней половина белка печени создается заново — из пищи, поступающей в организм. «Обновляются» в организме и мышцы и жиры. Как уже говорилось, не остаются неизменными даже наши кости.

Считалось, что скорлупа яиц образуется из кальция, который поступает в кровь непосредственно из пищи. Меченые атомы кальция опровергли это представление. Оказалось, что яичная скорлупа строится за счет костей курицы. За два месяца у кур-несушек почти полностью обновляется весь костяк!

Меченые атомы с успехом применяются теперь в пчеловодстве, в рыбном хозяйстве, в работе по отбору новых, лучших сортов растений и во многих других отраслях сельскохозяйственного производства. Они помогают работникам сельского хозяйства искать верные и быстрые пути к получению высоких, устойчивых урожаев, повышению продуктивности животных.

Таковы далеко не полные возможности нового выдающегося средства научного исследования — метода мече-

ных атомов. Новая атомная техника становится уже в наши дни основой, на которой осуществляется технический прогресс всех отраслей народного хозяйства. Исследования, основанные на достижениях атомной физики, вносят глубокие изменения во многие научные представления, открывают новые пути в науке, а это сказывается и на производстве, на его совершенствовании.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**М**ы вступили в новый век, век атомной энергии, который открывает перед советским народом неограниченные возможности прогресса всех областей жизни, увеличения общественного богатства. Уже сейчас трудно перечислить и предсказать все возможные пути применения энергии атомных ядер. Нельзя сомневаться в том, что ближайшие годы принесут новые, еще более замечательные открытия и достижения в области получения и использования атомной энергии. Атомная энергия, за мирное применение которой ведет борьбу Советский Союз, позволит быстрее решать величественные задачи дальнейшего развития народного хозяйства нашей страны.

Жизненные интересы всего человечества требуют решения проблемы запрещения атомного оружия. Сделать невозможным использование великого открытия человеческого разума — атомной энергии — для целей массового уничтожения мирного населения, разрушения больших городов — центров промышленности, культуры и науки — такова задача.

Советский народ стремится к эффективному решению этой задачи. В нашей стране созданы все условия для всестороннего и плодотворного развития науки, достижения которой служат народу, мирному развитию производительных сил, великому делу строительства коммунизма. Под руководством Коммунистической партии и Советского правительства наши ученые успешно решают задачу — занять первое место в мировой науке. Об этом ярко свидетельствуют успехи в получении атомной энергии, достигнутые советской наукой.

Агрессивные круги США еще не так давно полагали, что у них имеется безусловная монополия на атомное оружие. Даже наиболее дальновидные из них в первые

годы после войны считали, что Советскому Союзу для производства атомного оружия потребуется по крайней мере 10—15 лет, а большинство считало, что потребуется гораздо больше времени. Но советские ученые, инженеры и техники и все те, кто имел к этому прямое отношение, добились в короткие сроки таких результатов, которые свидетельствуют об исключительных возможностях Советского государства. Дело дошло до того, что в производстве водородного оружия советские люди добились такого успеха, что в положении отсталых оказался не Советский Союз, а Соединенные Штаты Америки.

Народы нашей страны гордятся успехами советской науки, открывающей новые огромные возможности прогресса техники. Великой заслугой советских ученых является все растущее использование атомной энергии как в интересах ограждения безопасности нашей Родины, так и в мирных целях.

По использованию атомной энергии в мирных целях Советский Союз идет впереди других стран. Верное политике укрепления мира и дружбы между народами, Советское государство выступает последовательным борцом за запрещение испытаний и применения всех видов атомного и водородного оружия, за широкое использование этой могучей силы природы исключительно в мирных целях.

Наше государство охотно делится своими достижениями в области мирного применения атомной энергии с зарубежными странами, оказывает им дружескую, бескорыстную помощь. Такая помощь Советского Союза даст многим странам возможность широко развернуть научно-исследовательские работы в области ядерной физики, получать на экспериментальных атомных котлах достаточное количество радиоактивных изотопов для использования их в медицине, биологии и других областях науки и техники, а также подготовить научные и инженерные кадры для дальнейшего развития работ по мирному использованию атомной энергии.

В целях широкого применения атомной энергии во всех отраслях народного хозяйства СССР и развития сотрудничества СССР с другими странами в деле использования атомной энергии в мирных целях организовано Главное управление по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР. Важную роль в развитии

международных научных связей сыграет созданный в 1956 г. Объединенный институт ядерных исследований.

Все эти мероприятия Советского правительства убедительно свидетельствуют, что Советский Союз последовательно и настойчиво добивается того, чтобы заставить атомную энергию служить человеку.

Великое достижение науки, открывающее в истории человечества новую эру, в нашей стране используется для того, чтобы дальше развивать социалистическую экономику, обеспечить всем людям счастливую жизнь. В нашей стране нет никаких препятствий к дальнейшему успешному и быстрому продвижению вперед по этому пути. Вместе с тем мы всегда помним заветы нашего великого вождя и учителя, основателя Коммунистической партии и Советского государства Владимира Ильича Ленина о том, чтобы постоянно быть начеку, беречь как зеницу ока обороноспособность нашей страны.

В строительстве Советских Вооруженных Сил Партия и Правительство исходят из того, что способы и формы современной войны во многом будут отличаться от всех минувших войн. Современная война, если ее империалисты развяжут, будет характеризоваться массовым применением военно-воздушных сил, разнообразного ракетного оружия и различных средств массового поражения, таких, как атомное, термоядерное, химическое и бактериологическое оружие. Однако мы исходим из того, что новейшее оружие, в том числе и средства массового поражения, не умаляет решающего значения сухопутных армий, флота и авиации. Без сильных сухопутных войск, без стратегической, дальней, фронтовой авиации и современного военно-морского флота, без хорошо организованного взаимодействия их успешно вести современную войну нельзя.

Благодаря постоянным заботам Партии и Правительства об обороноспособности нашей страны Советские Вооруженные Силы коренным образом преобразованы и в качественном отношении далеко шагнули вперед от того уровня, на котором они находились в конце Великой Отечественной войны. Возросшие возможности советской экономики, прежде всего крупные достижения тяжелой промышленности, позволили перевооружить нашу армию, авиацию и флот первоклассной боевой техникой. Организация войск и подготовка их приведены в соответ-



ствии с условиями применения новейшей боевой техники. Выращенные и воспитанные Коммунистической партией закаленные в боях с врагами Советского государства и оснащенные первоклассной военной техникой, наши Вооруженные Силы представляют собой грозную боевую силу. Они надежный оплот мирного труда советского народа и всегда готовы выполнить любые задания Коммунистической партии и Советского правительства по обеспечению надежной безопасности нашей Родины.

Наши Вооруженные Силы и армии наших союзников представляют собой подлинно братскую и дружную семью воинов, борющихся за светлое будущее своих народов и готовых не щадя жизни защитить кровные интересы своих народов. В этом наша сила и преимущество над вооруженными силами капиталистического лагеря.

Укрепление оборонной мощи государства, поддержание боеспособности доблестных Вооруженных Сил на том уровне, какой диктуется интересами нашей Родины, международной обстановкой и современным развитием военного дела, будут и в дальнейшем составлять одну из главных забот нашей Партии и Правительства.

Мы не можем считать, что империалисты тратят огромные материальные и миллиардные денежные средства на атомное и термоядерное вооружение только для того, чтобы нас поугаать. Мы не можем рассчитывать и на гуманность империалистов, способных, как показала жизнь, на применение любых средств массового уничтожения. Вот почему советский народ, учитывая опасность агрессии со стороны империалистов, проявляет постоянную заботу о всемерном укреплении оборонной мощи социалистической Родины.

Наша страна имеет атомное и термоядерное оружие различных типов и калибров. Советская Армия готова дать сокрушительный отпор любому врагу, обладающему любым оружием.

Обладая атомным и термоядерным оружием, Советский Союз последовательно ведет борьбу за его запрещение, как и любого другого оружия массового уничтожения людей. Это соответствует политике Советского государства, направленной на предотвращение новой войны и на укрепление мира и сотрудничества между народами. Новейшие средства вооружения — атомная и термоядер-

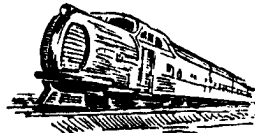
ная бомбы, которые в руках агрессоров являются средством развязывания войны, — в наших руках являются хорошим средством охраны мира, ибо они связывают руки тем, кто хотел бы воевать. Мы не угрожаем никому, но вооружаем свою армию новейшим вооружением, чтобы быть готовыми достойно ответить любому агрессору.

Если агрессивные империалистические круги решатся на безумие и захотят испытать силу и мощь Советского Союза, то можно не сомневаться, что агрессор будет подавлен тем же оружием и что подобная авантюра неизбежно приведет к развалу капиталистической общественной системы. Всем поджигателям войны мы можем напомнить известную русскую поговорку: кто посеет ветер, тот пожнет бурю!



**СОДЕРЖАНИЕ**

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
I. Атом . . . . .	8
Невидимые частички . . . . .	—
Закон великого русского химика . . . . .	13
Неустойчивые атомы . . . . .	18
Первая разведка атомного мира . . . . .	23
Электроны в атомах . . . . .	30
Загадка атомного ядра . . . . .	38
Превращение элементов . . . . .	43
Искусственная радиоактивность . . . . .	51
II. Атомная энергия . . . . .	55
Материя и энергия . . . . .	—
Чему равна энергия невидимых частиц? . . . . .	59
Освобожденная энергия . . . . .	61
III. Атомное оружие . . . . .	69
Атомная бомба . . . . .	—
Атомный взрыв . . . . .	75
Что происходит при атомном взрыве? . . . . .	82
Водородная и кобальтовая бомбы . . . . .	129
О других видах атомного оружия . . . . .	140
IV. Атомная энергия в народном хозяйстве . . . . .	149
Атомные котлы . . . . .	—
Первые атомные электростанции . . . . .	160
Атомная энергия и транспорт . . . . .	170
Где используется радиоактивное излучение? . . . . .	175
Меченые атомы . . . . .	186
Заключение . . . . .	195



Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

**Цена 9 руб. 10 коп.**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ

ОРУЖИЕ

ИНОСТРАННЫХ АРМИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ · МОСКВА · 1957

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

**Ю. А. ЛЕБЕДЕВА, В. А. СЕРЕБРЯКОВ**

**БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОРУЖИЕ ИНОСТРАННЫХ  
АРМИЙ И ЗАЩИТА ОТ НЕГО**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ**

**Москва — 1957**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

О Г Л А В Л Е Н И Е		Стр.
Введение . . . . .		3
<i>Глава первая.</i> Основные сведения о бактериологическом оружии . . . . .		5
1. Определение понятия «бактериологическое оружие» и краткие сведения о микробах и токсинах . . . . .		5
2. Способы и средства применения бактериальных средств . . . . .		11
3. Боевые свойства бактериологического оружия . . . . .		19
4. Вероятные объекты бактериологического нападения . . . . .		23
<i>Глава вторая.</i> Краткая характеристика некоторых инфекционных заболеваний . . . . .		27
1. Бактериальные заболевания . . . . .		27
2. Риккетсиозы . . . . .		38
3. Вирусные заболевания . . . . .		41
<i>Глава третья.</i> Организация противобактериологической защиты населения . . . . .		46
<i>Глава четвертая.</i> Средства защиты от бактериологического оружия . . . . .		50
1. Специфические средства защиты . . . . .		50
2. Коллективные и индивидуальные средства защиты . . . . .		54
3. Защита воды и продуктов питания от действия бактериальных средств . . . . .		71
<i>Глава пятая.</i> Оповещение и правила поведения населения по сигналам МПВО . . . . .		76
<i>Глава шестая.</i> Организация наблюдения и разведки . . . . .		82
<i>Глава седьмая.</i> Ликвидация последствий бактериологического нападения . . . . .		92
1. Карантин и обсервация . . . . .		93
2. Санитарная обработка и дезинфекция . . . . .		101
3. Дезинфекция территории, сооружений и транспорта . . . . .		104
4. Дезинсекция и дератизация . . . . .		114
5. Обеззараживание воды и продуктов питания . . . . .		117

#### ВВЕДЕНИЕ

Советский Союз неуклонно проводит политику мира и дружбы между народами. Однако стремление Советского Союза к смягчению международной напряженности и развитию мирного сотрудничества встречает яростное сопротивление реакционных кругов некоторых империалистических государств, которые продолжают гонку вооружений и тратят огромные суммы на разработку средств массового поражения, в том числе и бактериологического оружия.

Поэтому Коммунистическая партия и Советское правительство проявляют неустанную заботу об укреплении обороноспособности нашей Родины.

Наличие бактериологического оружия в руках империалистов и угроза его применения против мирного населения требуют от всех граждан нашей страны знания средств и способов противобактериологической защиты.

В предлагаемой читателю книге изложены основные сведения о бактериологическом оружии, вероятные способы и средства его применения. Дана краткая характеристика некоторых инфекционных заболеваний, возбудители которых могут быть использованы противником в качестве бактериальных средств. В книге рассмотрены также способы и средства защиты населения от бактериологического оружия, организация противобактериологической защиты в населенных пунктах и мероприятия, направленные на ликвидацию последствий бактериологического нападения.

При создании книги использована переводная зарубежная литература (главным образом, переводы с англ-



лийского), а также опубликованные на русском языке «Материалы судебного процесса по делу бывших военнослужащих японской армии, обвиняемых в подготовке и применении бактериологического оружия», «Доклад международной научной комиссии по расследованию фактов бактериологической войны в Корее и Китае» и другие литературные источники.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и может быть использована в качестве пособия для занятий в кружках ДОСААФ.

---

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОМ ОРУЖИИ

#### 1. Определение понятия «бактериологическое оружие» и краткие сведения о микробах и токсинах

Из истории известно, что во время войн часто возникали эпидемии, то есть массовые инфекционные заболевания, вызывавшие нередко гибель большого количества людей. Потери от инфекционных заболеваний иногда значительно превышали потери, понесенные войсками непосредственно от боевых действий. Например, армия Наполеона в начале похода на Россию имела 5000, а к 25 июля 1812 г. — 80 000 больных сыпным тифом. При отступлении Наполеона остатки его армии терпели жесточайший урон от этой болезни — так, в Вильно из 30 000 военнопленных 25 000 умерло от сыпного тифа. Всего французская армия, вторгшаяся в Россию, потеряла от сыпного тифа и дизентерии около трети своего состава. В 1817 г. английский экспедиционный корпус в Индии, насчитывавший 18 000 человек, лишился 13 000 солдат и офицеров, вследствие чего был вынужден прекратить военные действия. В период Крымской войны 1854—1856 гг. число умерших от инфекционных заболеваний в английской, французской и русской армиях в два-три раза превышало количество солдат, убитых в боях и умерших от ран. Во время первой мировой войны во всех странах мира свирепствовала эпидемия гриппа, известная в то время под названием «испанки». За пери-

од 1918—1919 гг. эта эпидемия унесла около 20 млн. человек (больше, чем погибло в боях за время первой мировой войны во всех сражающихся армиях!).

Огромные бедствия народам приносят также массовые заболевания сельскохозяйственных животных, так называемые эпизоотии, и распространение вредителей растений и возбудителей их заболеваний. Например, в 1858 г. в шести штатах США в результате эпизоотий погибло от 30 до 80% поголовья скота. В 1846 г. картофельные поля Ирландии были поражены грибом картофельной гнили, что привело к уничтожению всего урожая картофеля и вызвало в стране голод, от которого умерли десятки тысяч людей.

Причины появления различных эпидемий, эпизоотий и заболеваний сельскохозяйственных растений давно привлекали внимание военных специалистов. Еще задолго до наших дней возникла идея искусственного распространения заболеваний с целью преднамеренного поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений.

Первые сведения об использовании инфекционных заболеваний в качестве оружия во время войны относятся еще к 1347 г., когда татары при осаде генуэзской крепости Каффу (ныне Феодосия) забрасывали в крепость с помощью метательных орудий трупы умерших от чумы. В результате возникшей эпидемии крепость пала.

В 1763 г. в Америке английские колонизаторы искусственно распространяли натуральную оспу среди индейских племен, используя для этой цели одеяла, зараженные возбудителями оспы.

Особое внимание искусственному выращиванию болезнетворных микробов и их применению в военных целях для бактериологического нападения стали уделять капиталистические страны в период первой мировой войны.

В связи с этим под влиянием прогрессивного общественного мнения в 1925 г. в г. Женеве была подписана конвенция, запрещающая во время военных действий применять бактериологическое и химическое оружие. Конвенция получила название «Протокол о запрещении удушливых, ядовитых и прочих газов, а также бактериологического оружия». Этот протокол подписали предста-

вители 49 стран; в 1927 г. к нему присоединился и Советский Союз. Однако правительства некоторых капиталистических государств, в том числе США, Японии, Италии и других, до сих пор еще не ратифицировали Женевский протокол.

Несмотря на существование Женевского протокола, бактериологическое оружие неоднократно использовалось армиями империалистических государств.

Как известно из материалов Хабаровского судебного процесса над бывшими японскими военными преступниками, японские империалисты, начиная с 1931 г., проводили в широких масштабах выращивание болезнетворных микробов и применяли бактериологическое оружие в 1940—1942 гг. против китайского народа. Только стремительный удар советских войск, разгромивших Квантунскую армию, помешал японским империалистам использовать бактериологическое оружие в широких масштабах против Советского Союза.

Приготовления к бактериологической войне велись и германскими фашистами. Немецкий генерал Вальтер Шрайбер показал на Нюрнбергском процессе, что лишь благодаря быстрому наступлению Советской Армии человечество было спасено от ужасов бактериологической войны.

Последние данные о применении бактериологического оружия относятся к 1952 г., когда американские войска использовали его против мирного населения Корейской Народно-Демократической Республики и Северо-Восточного Китая.

В США усиленно стали заниматься вопросами разработки бактериологического оружия в период второй мировой войны. В это время, кроме «Центральной исследовательской лаборатории» в Кэмп Детрик (штат Мериленд), был построен ряд заводов, на которых уже тогда искусственно выращивали болезнетворных микробов.

Некоторые представители военных кругов США и в настоящее время продолжают проповедовать бактериологическую войну. Так, совсем недавно начальник химического корпуса американской армии генерал Кризи выступил со статьей, в которой утверждал, что бактериологическое оружие «выгоднее», чем атомное или водородное, так как оно «по своему характеру направлено по

существом против людей» и не уничтожает здания, машины и другие материальные ценности.

В настоящее время в некоторых капиталистических странах, особенно в США, Англии, Канаде, ведется усиленная подготовка к бактериологической войне.

Что же следует понимать под термином «**бактериологическое оружие**»?

Бактериологическое оружие так же, как атомное и химическое, относится к средствам массового поражения и предназначается для поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений. Основу его поражающего действия составляют **бактериальные средства**, к которым относятся болезнетворные микробы (бактерии, вирусы, риккетсии, грибки) и вырабатываемые бактериями токсины.

Для поражения сельскохозяйственных культур противник может использовать также насекомых — вредителей растений и некоторые химические вещества<sup>1</sup>.

Прежде чем перейти к характеристике бактериологического оружия, необходимо кратко рассмотреть свойства болезнетворных микробов и токсинов, поскольку они составляют основу поражающего действия бактериологического оружия.

**Болезнетворные микробы** — возбудители инфекционных заболеваний — представляют собой мельчайшие живые существа. Насколько малы их размеры, можно судить по тому, что в одной капле воды свободно умещаются сотни миллионов микробов.

В зависимости от размеров и свойств болезнетворные микробы разделяются на **бактерии, вирусы, риккетсии, грибки, простейшие и спирохеты**. Последние две группы с военной точки зрения не представляют интереса, так как их использование противником в качестве бактериальных средств мало вероятно.

**Болезнетворные бактерии** — мельчайшие организмы растительного происхождения, чаще одноклеточные, видимые только при помощи микроскопа (рис. 1). Они имеют вид шариков, палочек или спиралей и располагаются поодиночке, попарно, группами или цепочками. Бак-

<sup>1</sup> Химические вещества, используемые для поражения сельскохозяйственных растений, иностранные военные специалисты обычно относят к бактериологическому, а не к химическому оружию.

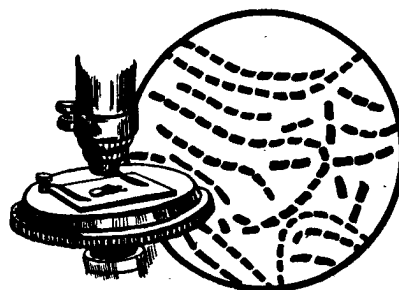


Рис. 1. Бактерии сибирской язвы под микроскопом

терии, имеющие вид шариков, принято называть кокками; похожие на палочки — палочковидными, или бациллами, и т. д.

Размеры бактерий колеблются в пределах от 0,5 до 5 микрон (тысячные доли миллиметра). Размножение бактерий происходит простым поперечным делением клетки. При благоприятных условиях деление бактерий происходит чрезвычайно быстро: клетки делятся каждые 20—30 мин. Теоретически вычислено, что, размножаясь беспрепятственно в геометрической прогрессии со скоростью деления каждые 30 мин., одна бактерия уже через 48 час. могла бы дать потомство в 271 миллиард особей, а через 5 дней — такую живую массу, которая заполнила бы собой все моря и океаны земного шара. Однако в действительности это невозможно, так как реальные природные условия, как правило, не благоприятствуют беспрепятственному размножению бактерий.

В настоящее время все виды болезнетворных бактерий можно выращивать в больших количествах на искусственных питательных средах. В состав такой среды входят все те вещества, из которых состоит клетка бактерии, и в первую очередь азот и углерод. Простейшая питательная среда представляет собой мясной бульон, к которому прибавляются некоторые соли, нужные для развития и жизни микроорганизмов.

Большинство бактерий быстро погибает от воздействия солнечных лучей, дезинфицирующих растворов, а также при кипячении. Однако некоторые виды бактерий (например, бактерии сибирской язвы) могут превращаться в споры, обладающие значительно большей устойчи-

востью к воздействию различных физико-химических факторов. К низким температурам бактерии мало чувствительны и даже легко переносят замораживание, почти не теряя при этом своих болезнетворных свойств.

Бактерии вызывают многие тяжелые заболевания: чуму, сибирскую язву, холеру, сап и другие.

Некоторые болезнетворные бактерии в процессе своей жизнедеятельности образуют яды — **токсины**, которые при попадании в организм также вызывают тяжелые заболевания (отравления). Токсины некоторых бактерий относятся к числу очень сильных ядов (токсины возбудителей ботулизма, столбняка, дифтерии). Например, ботулинический токсин гораздо ядовитее синильной кислоты.

При хранении в жидком состоянии токсины быстро разрушаются, но в высушенном виде они сохраняют свою токсичность в течение многих недель и месяцев. Токсины разрушаются также при кипячении и воздействии дезинфицирующих веществ.

**Болезнетворные вирусы** — организмы очень малых размеров: они в десятки, сотни и даже тысячи раз меньше бактерий. В обычный микроскоп большинство вирусов не видно; их можно увидеть только с помощью электронного микроскопа. Величина вирусов измеряется в миллимикронах, то есть в тысячных долях микрона. В отличие от бактерий вирусы развиваются только в живых тканях. Так как вирусы нельзя выращивать на обычных питательных средах, их промышленное производство для целей бактериологической войны до некоторой степени может быть затруднено.

Вирусы хорошо переносят замораживание и могут длительное время (недели и месяцы) сохраняться в высушенном состоянии.

К заболеваниям, вызываемым вирусами, относятся натуральная оспа, желтая лихорадка, пситтакоз и ряд других.

**Болезнетворные риккетсии** характеризуются резко выраженными паразитарными способностями: они поселяются и размножаются только внутри клеток тканей поражаемых ими органов. По своим свойствам и размерам риккетсии занимают промежуточное положение между бактериями и вирусами. Так, по размерам и форме они приближаются к некоторым бактериям; но риккетсии, как и вирусы, не способны расти на искусственных пи-

тательных средах. Риккетсии, как вирусы и неспоровые формы бактерий, довольно устойчивы к низким температурам и высушиванию.

Заболевания, вызываемые риккетсиями, принято называть **риккетсиозами**; к их числу относятся сыпной тиф, Ку-лихорадка и другие.

**Болезнетворные грибки**, как и бактерии, имеют растительное происхождение, но отличаются от бактерий более сложным строением и совершенными способами размножения. Они менее требовательны к питанию и растут на разнообразных средах. Устойчивость грибков к воздействию физико-химических факторов значительно выше, чем у бактерий. Они хорошо переносят высушивание, воздействие солнечных лучей и дезинфицирующих веществ.

Заболевания, вызываемые грибами, принято называть **микозами**; к их числу относятся актиномикоз, кокцидиоидомикоз, гистоплазмоз, парша и другие, а также многие заболевания животных и растений.

## 2. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

По взглядам иностранных военных специалистов, основным и наиболее эффективным способом использования бактериальных средств в бактериологической войне является применение их в виде жидких или сухих бактериальных (вирусных, риккетсиозных, грибковых, токсинных) рецептур.

Преимущество этого способа заключается в том, что путем распыления бактериальных рецептур в воздухе он обеспечивает возможность одновременного массового поражения людей и животных на большой площади. Иностранные специалисты бактериологической войны считают, кроме того, что этот способ является эффективным в равной степени для распространения возбудителей почти всех инфекционных заболеваний, в том числе и тех, которые в естественных условиях не передаются через воздух (например, бруцеллез, сыпной тиф, желтая лихорадка и др.).

При распылении бактериальных рецептур в воздухе образуется бактериальное облако, состоящее из мельчайших частиц примененной рецептуры, смешанных с возду-



хом<sup>1</sup>. Заражение людей и животных при этом происходит в результате вдыхания воздуха, зараженного частицами распыленной бактериальной рецептуры.

Поражающее действие бактериального облака зависит от вида примененного возбудителя, его концентрации в воздухе и метеорологических условий. При благоприятной погоде (при отсутствии восходящих токов воздуха и ветре, скорость которого не превышает 4 м/сек) бактериальное облако, перемещаясь по ветру, может поражать людей, животных и сельскохозяйственные растения на значительном удалении от места его образования. В местах, где движение воздуха незначительно (дворы-колодцы многоэтажных зданий (рис. 2), узкие улицы, тупики, овраги (рис. 3), зеленые насаждения и т. п.), бак-

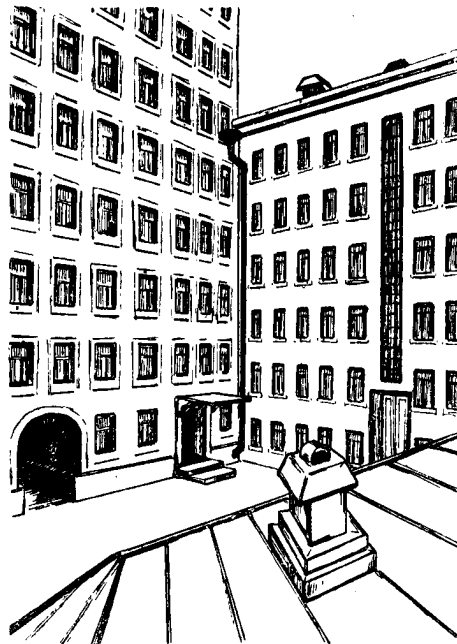


Рис. 2. Двор-колодец — место возможного застоя бактериального облака

<sup>1</sup> Мельчайшие твердые или жидкие частицы, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии, принято называть аэрозолями.

териальное облако сохраняет свои поражающие свойства в течение нескольких часов, а иногда и на более длительный срок.



Рис. 3. Овраг — место возможного застоя бактериального облака

Необходимо отметить, что при этом способе распространения возбудителей инфекционных заболеваний заражение людей и животных может происходить не только в момент применения противником бактериальных средств, но и через довольно длительное время (через несколько часов, а иногда и дней). Это объясняется тем, что жидкие и твердые частицы рецептуры, выпадающие из бактериального облака, заражают почву, здания, местные предметы, одежду, а также кожные покровы людей и животных. Осевшие на поверхности почвы частицы рецептуры могут подниматься с пылью в воздух и вновь вызывать заражение.

Таким образом, бактериальные средства, примененные в виде бактериальных рецептур, помимо заражения воздуха в момент их применения, образуют зараженные

участки местности. Наиболее длительно поражающие свойства будут сохранять, очевидно, те участки местности, которые заражены рецептурами, содержащими споровые формы микробов или токсины.

Для применения бактериальных рецептур с целью заражения воздуха и местности противник может использовать различные средства. Так, по мнению иностранных специалистов, бактериальными рецептурами могут быть снаряжены специально сконструированные боеприпасы: авиационные бомбы, артиллерийские снаряды и мины, а также управляемые реактивные снаряды. Распыление бактериальных рецептур при этом возможно за счет энергии взрыва, давления сжатого воздуха или какого-либо газа, а также с помощью различных поршневых устройств.

При взрыве авиационной бомбы дробление бактериальной рецептуры осуществляется силой взрывной волны. В конструктивном отношении бактериальные авиабомбы, очевидно, должны быть аналогичны по устройству химическим авиабомбам. Следовательно, можно предположить, что основными частями бактериальной бомбы являются корпус с резервуаром для бактериальной рецептуры, разрывной заряд, стабилизатор и взрыватель (ударного или дистанционного действия). Образование бактериального облака в результате применения авиабомб такой конструкции может происходить или в момент удара о какое-либо препятствие (при наличии взрывателя ударного действия), или же на некотором удалении от земли (при наличии взрывателя дистанционного действия). Недостатком этих авиабомб является то, что высокая температура и большое давление, образующиеся в момент взрыва, могут вызвать гибель значительного количества микроорганизмов, содержащихся в бактериальной рецептуре. Однако, по мнению иностранных специалистов, этот недостаток в значительной степени можно устранить путем соответствующего подбора состава рецептуры, количества и расположения взрывчатого вещества, а также материала для изготовления корпуса.

Второй метод образования бактериального облака основан на дроблении бактериальной рецептуры с помощью струи воздуха или какого-либо другого газа. В этом случае боеприпасы, по мнению иностранных специалистов, должны иметь довольно сложную конструкцию:

специальные камеры и распыливающие устройства. В камерах должен быть помещен, например, сгущенный воздух или твердая уголекислота. Эти вещества в нужный момент будут переходить в газообразное состояние; таким образом создается определенное давление, которое обеспечит дробление бактериальной рецептуры на мельчайшие частицы. Распыливающие устройства будут распылять частицы бактериальной рецептуры в воздухе. Преимущество этого метода состоит в том, что микроорганизмы не подвергаются воздействию высокой температуры и давления взрыва, как это было описано выше. Недостатком же является то, что в конструкции таких боеприпасов специальные камеры и распыливающие устройства, по-видимому, должны занимать значительный объем, что вызовет сокращение количества применяемой бактериальной рецептуры.

Третий метод основан на дроблении бактериальной рецептуры с помощью специальных поршневых устройств, имеющих непосредственно в конструкции бомбы.

Преимущества и недостатки указанного метода такие же, как в предыдущем.

Для создания бактериального облака, по мнению иностранных специалистов, могут быть использованы также выливные авиационные приборы (ВАП) и другие распыливающие приборы, устанавливаемые на самолетах.

Одним из основных способов использования бактериальных средств можно считать также их применение с помощью зараженных переносчиков (насекомых и клещей). Этот способ был практически осуществлен японской армией против Китая в 1940—1942 гг., а также американскими войсками во время войны в Корее в 1952—1953 гг.

Использование переносчиков для применения бактериальных средств возможно потому, что они, будучи зараженными, обладают способностью передавать возбудителя здоровым людям и животным.

В одних случаях возбудитель передается в тот момент, когда зараженное насекомое (блоха, комар) или клещ сосет кровь у здорового человека или животного. В других случаях переносчик (например, вши, мухи и др.) загрязняет кожные покровы человека, одежду, продукты питания и другие предметы болезнетворными микробами, которые затем попадают в организм человека через поврежденную кожу (например, при попада-

нии испражнений вши или содержимого раздавленных вшей в дефекты кожи), с пищей или воздухом.

Преимуществом этого способа применения бактериальных средств является то, что после заражения многие виды насекомых и клещей остаются зараженными (сохраняют возбудителей инфекционных заболеваний в своем теле) в течение всей последующей жизни, продолжительность которой может составлять от нескольких недель (у блох, комаров, вшей, мух) до нескольких лет (у клещей). Кроме того, клещи обладают способностью передавать возбудителей своему потомству, в результате чего может возникнуть устойчивый очаг заражения. И, наконец, при применении бактериальных средств с помощью переносчиков возможно расширение первоначально созданного очага заражения, так как некоторые насекомые (например, двукрылые) способны перелетать на значительные расстояния (до нескольких километров), а клещи переносятся животными и птицами, на которых они живут и питаются.

Недостатком этого способа применения бактериальных средств является то, что длительность жизни зараженных переносчиков и их активность (способность нападать на человека и животных) в значительной степени зависят от условий внешней среды, главным образом от температуры и относительной влажности воздуха. В связи с этим наиболее вероятно применение противником зараженных переносчиков в теплое время года, при температуре воздуха от  $+10^{\circ}$  и выше, с учетом природных факторов, близких к тем, в которых переносчики обитают в естественных условиях. Однако необходимо отметить, что некоторые виды переносчиков могут быть искусственно приспособлены к низким температурам и применены противником в холодное время года (при температурах до  $-10^{\circ}$ ), как это имело место в Корее.

По иностранным данным, применение зараженных переносчиков возможно с помощью авиационных бомб специальной конструкции, различного вида контейнеров, а также с помощью распыливающих приборов, устанавливаемых на самолетах. Эти же средства могут быть использованы противником для сбрасывания насекомых—вредителей сельскохозяйственных культур.

Американская авиация в Корее применяла для рассеивания насекомых различные образцы авиабомб и контейнеров. Описание некоторых из них приводится ниже.

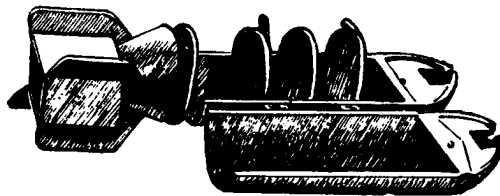


Рис. 4. Устройство авиабомбы для рассевания зараженных насекомых

На рис. 4 показана американская специальная авиационная бомба дистанционного действия. По внешнему виду она напоминает обыкновенную фугасную авиабомбу калибром в 250 кг и имеет приблизительно такие же размеры и форму, но вес ее составляет всего 75 кг. Головная часть корпуса имеет коническую форму; в ней находится взрыватель дистанционного действия и расположен небольшой пустой отсек. Цилиндрический корпус бомбы разделен поперечными перегородками на четыре отделения, в которые помещают зараженных насекомых. Корпус бомбы состоит из двух продольных половинок, соединенных шарнирным приспособлением. Такое устройство позволяет корпусу в нужный момент раскрыться и выбросить содержимое (в данном случае — зараженных насекомых). Под четырехлопастным стабилизатором имеется отсек конической формы. В нем может находиться парашют, который выбрасывается через отверстие, расположенное в центре стабилизатора. Парашют замедляет падение бомбы и смягчает ее удар о землю.

С помощью дистанционного взрывателя раскрытие корпуса бомбы может быть произведено в любой точке траектории ее падения. По показаниям пленных американских летчиков, при раскрытии корпуса бомбы на высоте около 30 м диаметр площади, зараженной насекомыми, составлял примерно 100 м. Для того чтобы насекомые могли выбраться из корпуса даже в том случае, если он не раскроется, в каждом отсеке сделаны отверстия диаметром около 2 см.

Некоторые бомбы указанной конструкции вместо взрывателя дистанционного действия имели взрыватель с вертушкой (пропеллером), которая играла роль дистанционного механизма. Вертушку устанавливали на определенное число оборотов, необходимое для раскрытия корпуса на заданной точке траектории. В момент отры-

ва бомбы от самолета вертушка начинала вращаться и, проделав заданное число оборотов, вызывала раскрытие корпуса.

Кроме этих бомб, для рассеивания насекомых американская авиация применяла бумажные или картонные контейнеры. Некоторые из контейнеров, сброшенных в Корею, были изготовлены из картона. Высота контейнера 36 см, диаметр 13 см, толщина стенок — около 1 см. Прикрепленный к контейнеру шелковый парашют имел в диаметре только 70 см; он предназначался лишь для того, чтобы затормозить падение контейнера и ослабить его удар о землю.

**Бактериальные средства могут быть также применены путем организации противником диверсий.** Этот способ был использован кайзеровской Германией еще в период первой мировой войны, а также фашистской Японией в 1940—1942 гг. против Китая. Например, в период первой мировой войны германское командование засылало диверсантов во Францию, Аргентину и Месопотамию. Диверсанты искусственно распространяли там сибирскую язву среди скота и лошадей.

Диверсанты, действующие в тылу, могут применять ампулы, наполненные концентрированными бактериальными рецептурами, а также использовать для распыления рецептур портативные автоматические приборы. Путем диверсий, кроме того, могут быть распространены зараженные переносчики. По мнению иностранных специалистов, диверсионный способ может быть использован для заражения продуктов питания в местах их изготовления и хранения (мясо- и маслокомбинаты, консервные заводы и другие предприятия пищевой промышленности, склады с продовольствием и фуражом, столовые, фабрики-кухни и т. п.), источников водоснабжения и запасов воды, а также для заражения животных, пастбищ, посевов сельскохозяйственных культур и лесных массивов.

Для непосредственного поражения людей распыление бактериальных рецептур и распространение зараженных переносчиков диверсионным путем наиболее вероятно в местах наибольшего скопления людей (например, на вокзалах, в кинотеатрах, станциях метрополитена и т. п.).

Для поражения объектов, расположенных в глубоким тылу, самолеты стратегической авиации (тяжелые бомбардировщики) могут нести и сбрасывать бактери-

альные авиационные бомбы, контейнеры и другие средства; не исключено также применение управляемых реактивных снарядов дальнего действия, снаряженных бактериальными рецептурами.

Некоторый интерес с этой точки зрения представляют воздушные шары, о которых в последнее время был опубликован ряд сообщений в печати. Из этих сообщений видно, что в США созданы аэростаты (воздушные шары) большой грузоподъемности и что там уделяют большое внимание изучению направления воздушных потоков над территорией нашей страны и стран народной демократии. Установлено, что конструкции американских аэростатов позволяют им приземляться или сбрасывать груз в любой точке траектории их полета.

Это дает возможность предполагать, что воздушные шары могут быть использованы для доставки бактериальных средств к заранее намеченным объектам, расположенным на значительном расстоянии от места выпуска этих шаров. Такой способ применения бактериальных средств, по мнению иностранных специалистов, обладает рядом преимуществ, к числу которых относятся: сравнительно большая полезная нагрузка и малая стоимость аэростата, большая дальность полета при использовании устойчивых потоков воздуха, трудность обнаружения аэростатов во время их полета на больших высотах.

### **3. БОЕВЫЕ СВОЙСТВА БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ**

Боевые свойства бактериологического оружия определяются рядом особенностей действия бактериальных средств на организм человека или животного.

**Первой и основной особенностью действия бактериальных средств является их способность вызывать массовые инфекционные заболевания людей и животных** при различных путях заражения даже в случае попадания в организм ничтожно малых количеств болезнетворных микробов или токсинов.

В естественных условиях источниками инфекции (заразного начала) являются главным образом больные люди и животные, в том числе и грызуны (рис. 5); переносчиками инфекции — насекомые и клещи (рис. 6); при этом последние сами нередко также являются источниками инфекции.

При применении противником бактериальных средств заражение людей болезнетворными микробами и токси-



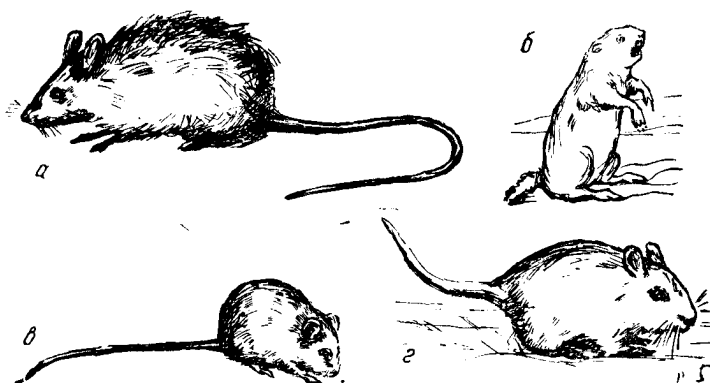


Рис. 5. Грызуны:  
а — крыса; б — тарбаган; в — домовая мышь; г — песчанка

нами может происходить при вдыхании зараженного воздуха, употреблении в пищу зараженных продуктов питания и воды, укусах зараженными насекомыми и клещами, попадании микробов и токсинов на поврежденную кожу и слизистые оболочки глаз и носа, ранении зараженными осколками, а также в результате соприкосновения с зараженными предметами или при непосредственном общении с больными людьми и животными.

**Особое внимание необходимо уделять предупреждению заражения через воздух, воду и продукты питания, так как именно эти пути наиболее опасны в смысле распространения инфекционных заболеваний.**

Вторая особенность действия бактериальных средств состоит в том, что между моментом заражения и появлением первых признаков заболевания проходит некоторое время, так называемый скрытый (инкубационный) период. Он может продолжаться от нескольких часов (например, при заражении ботулиническим токсином) до нескольких дней и даже недель (при бруцеллезе, Ку-лихорадке), в течение которых заразившийся чувствует себя практически здоровым. Продолжительность скрытого периода определяется в основном видом возбудителя, примененного противником в качестве бактериальных средств, а также до некоторой степени количеством микробов, попавших в организм, и устойчивостью самого организма.

**Третья особенность действия бактериальных средств определяется способностью некоторых заболеваний, называемых контагиозными, передаваться от больного к здоровому и быстро распространяться среди людей. Так как при контагиозных заболеваниях передача возбудителя происходит непосредственно от заболевших здоровым людям, больные контагиозными заболеваниями с момента появления первых признаков заболевания, а иногда и за два-три дня до их появления опасны для окружающих.**

К контагиозным заболеваниям человека относятся: чума, холера, натуральная оспа, брюшной тиф, паратифы и дизентерия.

Заражение здоровых людей возможно также от людей, заболевших легочной или кишечной формой сибирской язвы, сапом и мелиоидозом. Особую опасность в отношении быстрого эпидемического распространения представляют **чума, холера и натуральная оспа**, которые принято в связи с этим называть особо опасными инфекциями.

К контагиозным заболеваниям животных относятся ящур, сап, чума крупного рогатого скота, чума свиней, оспа овец и др.

При использовании противником в качестве бактериальных средств возбудителей неконтагиозных заболеваний, то есть заболеваний, которые не передаются непосредственно от заболевших к здоровым людям, заражение людей будет происходить только в результате применения возбудителей. К неконтагиозным заболеваниям относятся ботулизм, туляремия, бруцеллез и др.

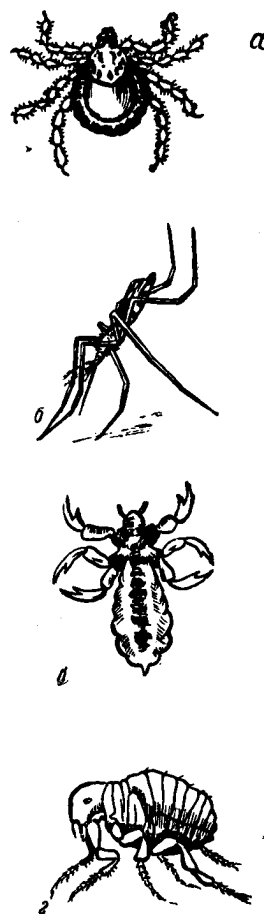


Рис. 6. Переносчики возбудителей инфекционных заболеваний:  
а — клещ; б — комар;  
в — вошь; г — блоха

Четвертой особенностью действия бактериальных средств является способность бактериального облака, подобно облаку воздуха, зараженного отравляющими веществами, проникать по пути своего движения в различные негерметизированные сооружения, здания, укрытия (щели, землянки и галереи) и заражать находящихся в них незащищенных людей (рис. 7). В отличие от действия отравляющих веществ, частицы бактериальной ре-

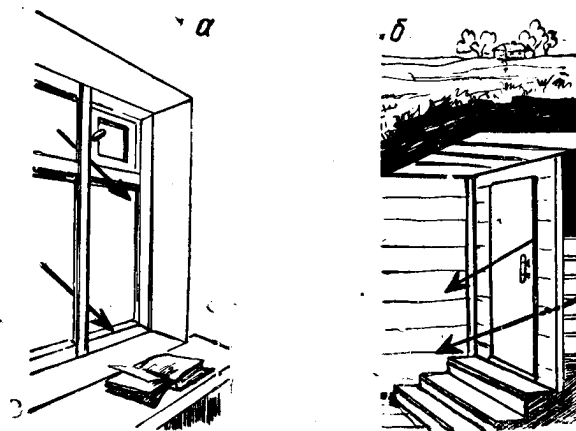


Рис. 7. Проникновение бактериального облака через неплотности:  
а — в окно; б — через дверь землянки

цептуры, содержащиеся в бактериальном облаке, оседая, заражают наружные и внутренние поверхности зданий и сооружений и находящиеся там различные предметы, что также может явиться источником заражения людей.

Особенностью бактериальных средств является также трудность и длительность обнаружения болезнетворных микробов и токсинов во внешней среде, так как они не имеют никаких внешних признаков (цвета или запаха). Обнаружить их можно только путем лабораторных исследований, требующих длительного времени. Поэтому, чтобы окончательно установить факт применения противником бактериальных средств и определить их характер, нужно немедленно взять и доставить в лабораторию для исследования пробы из подозрительных на заражение воздуха, воды, почвы, продуктов питания, ос-

колков и остатков примененных авиабомб, контейнеров и т. п., а также обнаруженных насекомых, клещей и грызунов.

Чтобы распознать заболевания, возникшие в условиях бактериологической войны, потребуется также значительное время. Это будет связано с тем, что клиническая картина болезни, вызванной применением бактериальных средств, в значительной степени может отличаться от клинической картины той же болезни, протекающей в естественных условиях. Подобные отклонения могут быть обусловлены применением бактериальных рецептов, содержащих возбудителей нескольких инфекционных заболеваний, необычными для естественных условий путями проникновения возбудителей в организм, а также большим количеством болезнетворных микробов и токсинов, попавших в организм. В случае применения противником бактериальных рецептов, содержащих возбудителей нескольких заболеваний, клиническая картина болезни (в зависимости от инкубационного периода) может напоминать симптомы нескольких заболеваний. При сочетании заражения бактериальными средствами с поражениями проникающей радиацией и отравляющими веществами клиническая картина болезни может оказаться еще более сложной, а течение ее — более тяжелым.

Заражение большими дозами болезнетворных микробов или токсинов обусловит тяжесть течения вызванной ими болезни с высоким процентом летальности (летальность — число смертных случаев среди заболевших, выраженное в процентах).

#### **4. ВЕРОЯТНЫЕ ОБЪЕКТЫ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО НАПАДЕНИЯ**

По мнению иностранных специалистов, бактериологическое оружие может быть применено как непосредственно по войскам, находящимся на театрах военных действий, так и по объектам, расположенным в глубоком тылу. В последнем случае противник будет стремиться сорвать в начальный период войны мобилизационные мероприятия и развертывание вооруженных сил путем поражения воинских контингентов, предназначенных для отправки на фронт, а также населения городов и сельских районов, подлежащих призыву в армию; дезоргани-

зывать тыл страны и нарушить нормальную работу промышленных предприятий и объектов народного хозяйства путем создания большого количества очагов заражения; уменьшить экономический потенциал страны путем широкого распространения инфекционных заболеваний в крупных промышленных городах, заражения запасов продовольствия и фуража, а также путем уничтожения сельскохозяйственных животных и посевов сельскохозяйственных культур.

Наиболее вероятными объектами для применения противником бактериологического оружия могут быть крупные промышленные и административные центры, железнодорожные узлы, порты, крупные животноводческие хозяйства и большие массивы посевов сельскохозяйственных культур.

Какие именно возбудители инфекционных заболеваний могут быть использованы противником для бактериологического нападения? На этот вопрос ответить заранее очень трудно, можно только предполагать применение того или иного возбудителя, причем выбор противником определенного возбудителя будет зависеть от его свойств, обуславливающих наибольшую возможность боевого использования.

**К числу таких свойств, по мнению иностранных специалистов, относятся:** минимальное количество возбудителей, необходимых для того, чтобы вызвать заболевание; способность данного возбудителя быстро распространяться среди людей и животных, вызывая эпидемии или эпизоотии; тяжесть и длительность вызываемого возбудителем заболевания; устойчивость возбудителя во внешней среде; трудность и длительность обнаружения примененного возбудителя и распознавания болезни; степень сложности производства, хранения и распространения возбудителя.

Кроме того, большое значение имеет наличие средств специфической профилактики против вызываемого возбудителем заболевания.

Основываясь на указанных свойствах, **иностранные теоретики бактериологической войны считают, что в качестве бактериальных средств для поражения людей и животных могут быть использованы:**

**для поражения людей:** возбудители чумы, туляремии, бруцеллеза, сибирской язвы, сапа, мелиоидоза (ложного

сапа), холеры, сыпного тифа, лихорадки цуцугамуши, пятнистой лихорадки Скалистых гор, Ку-лихорадки, натуральной оспы, пситтакоза, желтой лихорадки, энцефалитов и некоторых других заболеваний, а также ботулинический токсин;

**Для поражения животных:** возбудители ящура, чумы крупного рогатого скота, чумы свиней, азиатской ложной чумы птиц, оспы овец, ложного бешенства, повального воспаления легких крупного рогатого скота и других заболеваний, а также возбудители зоонозов<sup>1</sup> (сибирской язвы, сапа и др.).

**Для уничтожения сельскохозяйственных культур,** по мнению иностранных специалистов, могут быть использованы возбудители заболеваний растений, вызывающие ржавчину стебля пшеницы, ржи, увядание картофеля, мозаичную болезнь табака и томатов, грибковое заболевание риса и хлопка и т. п., а также различные насекомые — вредители сельскохозяйственных растений.

В последнее время иностранные специалисты уделяют большое внимание разработке химических средств уничтожения сельскохозяйственных культур. Это объясняется тем, что химические вещества по сравнению с возбудителями дешевы и просты в производстве, а также устойчивы при хранении. **Химические вещества, которые могут быть применены для этой цели,** по характеру своего действия разделяются на гербициды, регуляторы роста растений и дефолианты.

**Гербициды**—неорганические или органические соединения, используемые в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками. В качестве гербицидов применяются различные производные феноксиуксусной кислоты. При употреблении в небольших дозах гербициды вызывают уничтожение сорняков; большие дозы гербицидов приводят к гибели сельскохозяйственных растений.

**Регуляторы роста растений**—органические вещества, которые усиливают развитие растений и созревание плодов. Применение их в больших дозах вызывает обратное действие — замедление развития и роста растений и созревания плодов.

**К дефолиантам** относятся химические соединения — хлористый цинк, тиоцианат натрия и другие. Они вызы-

<sup>1</sup> Инфекционные заболевания, которым подвержены люди и животные, принято называть зоонозами.

вают опадение листьев у деревьев, кустарников и других растений.

Особенностью действия перечисленных химических веществ является то, что в малых дозах они улучшают развитие растений, а в больших — способны подавлять развитие или полностью уничтожать растения и плодовые культуры.

---

## ГЛАВА ВТОРАЯ

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В зависимости от того, к какому виду микроорганизмов относятся возбудители, которые могут быть применены противником в качестве бактериальных средств, инфекционные заболевания, вызываемые ими, соответственно можно подразделить на бактериальные, риккетсиозные и вирусные.

#### 1. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

К этой группе относятся многие зоонозы — чума, туляремия, бруцеллез, сибирская язва, сеп, мелиоидоз, а также такие болезни, как холера и другие.

**Чума**—высококонтрагиозное заболевание, относящееся к особо опасным инфекциям. Эта болезнь была известна человечеству с давних пор. Первая эпидемия чумы, сведения о которой дошли до наших времен, относится еще к IV веку до нашей эры. В XIV веке чума, названная «черной смертью», в течение трех лет унесла около четверти всего населения Европы и более 35 млн. человек в Китае. Последняя крупная эпидемия чумы началась в 1894 г. в Китае (Кантоне), откуда была занесена в Индию, где от нее до 1920 г. погибло более 10 млн. человек.

За последние годы наблюдается резкое снижение заболеваемости чумой.

Эндемическими (то есть местными, характерными только для данной страны или территории) очагами чумы являются пустынные территории Центральной (Гима-



лаи, Гиндукуш, пустыня Гоби, Иран и др.), Восточной (Маньчжурия, Внутренняя Монголия) и Средней Азии; значительная часть территории Африки, а также ряд местностей в Северной и Южной Америке. Эндемична чума также для Индии, полуострова Индокитай, Южной Кореи и островов Ява, Цейлон, Мадагаскар и др. Резервуаром, поддерживающим инфекцию, являются дикоживущие грызуны (суслики, песчанки, тарбаганы и др.), а также крысы.

Возбудителем чумы является бактерия, имеющая вид короткой палочки с закругленными концами. Она была открыта в 1894 г.

Чума легко распространяется среди людей (особенно легочная форма), так как возбудитель чумы обладает высокой степенью заражения: для того чтобы начался инфекционный процесс, достаточно, чтобы в организм человека попало всего несколько особей возбудителя.

В естественных условиях источниками заболевания для человека обычно являются грызуны (крысы, суслики, песчанки, тарбаганы и другие), а также верблюды и некоторые другие животные. Заражение человека происходит чаще всего через укусы блох, обитающих на больных грызунах. При заражении чумой через укус блохи возникает бубонная чума, которая нередко переходит в наиболее опасную форму — легочную чуму. В дальнейшем легочная форма чумы может быстро распространяться среди людей, так как больные этой формой чумы при кашле и разговоре выделяют с мокротой большое количество чумных микробов.

При искусственном применении возбудителя чумы заражение человека может произойти через дыхательные пути, пищеварительный тракт, поврежденную кожу и слизистые оболочки, а также через укусы зараженных насекомых (блох).

Наиболее часто чума проявляется в легочной и бубонной формах. Продолжительность инкубационного периода при заболеваниях чумой (в обоих случаях) составляет от нескольких часов до шести дней, чаще всего — один-три дня.

Легочная форма чумы (чумное воспаление легких) возникает при попадании возбудителя в организм через дыхательные пути. Заболевание протекает чрезвычайно тяжело и сопровождается высокой температурой

с повторными ознобами, одышкой, сильными болями в боку, а также кашлем с выделением пенистой кровянистой мокроты. Без лечения все заболевшие этой формой чумы могут погибнуть через три-пять дней с момента заболевания. Больные легочной чумой очень опасны для окружающих.

Бубонная форма чумы развивается при попадании возбудителя в организм через поврежденную кожу, а также через укусы зараженных насекомых (блох). Заболевание начинается внезапно — появляются сильный озноб, резкое повышение температуры и сильная головная боль. С первого дня заболевания лимфатические железы, расположенные вблизи места проникновения возбудителя (в паху, под мышкой или в других лимфатических узлах) (рис. 8), набухают и делаются резко болезненными; через три-пять дней образуются чумные бубоны, достигающие иногда размеров крупного яблока.

Высокая температура удерживается вплоть до нагноения бубонов, которое обычно наступает на шестой-восьмой день болезни. Бубонная форма протекает легче, чем легочная. Так как бубонная чума может переходить в легочную, **больные этой формой чумы до полного выздоровления также опасны для окружающих.**

Все больные чумой подлежат самой строгой изоляции; людей, соприкасавшихся с больными, изолируют.

В настоящее время имеются эффективные средства для

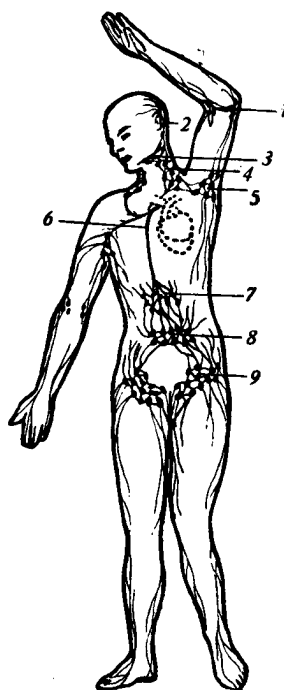


Рис. 8. Схема расположения лимфатических узлов и путей у человека:

1 — локтевые железы; 2 — околоушные железы; 3 — подчелюстные железы; 4 — шейные железы; 5 — подмышечные железы; 6 — грудной проток; 7 — брыжеечные железы; 8 — подвздошные железы; 9 — паховые железы

лечения чумы, в результате применения которых наступает выздоровление. Наиболее эффективным средством является стрептомицин.

**Туляремия** — острое инфекционное заболевание, которое может возникать среди людей и грызунов.

Возбудителем туляремии является небольшая неподвижная кокковидная бактерия. Свое название болезнь получила от местности Туляре (Калифорния, США), где в 1912 г. была впервые открыта эта бактерия.

Источниками заболевания в природе являются грызуны (домовые мыши, полевки, суслики, водяные крысы и др.), которые и служат основными распространителями туляремии среди людей. Заражение человека в естественных условиях наблюдается при обмолоте хлеба, уборке соломы или сена, загрязненных выделениями грызунов, больных туляремией, а также при употреблении зараженных продуктов питания и пользовании водой из зараженных источников. Заражение может произойти также через укусы зараженных переносчиков: слепней, мух-жигалок, комаров, клещей. Кроме того, в распространении и сохранении туляремии в природе большую роль играют клещи.

При использовании противником возбудителя туляремии в качестве бактериальных средств заражение человека может произойти через дыхательные пути, пищеварительный тракт, слизистые оболочки, поврежденную кожу, а также в результате укусов зараженных насекомых и клещей.

В зависимости от способа и путей проникновения возбудителя в организм заболевание проявляется в нескольких формах, чаще всего в легочной и бубонной. Наибольшей тяжестью отличается легочная форма заболевания. Инкубационный период при туляремии обычно составляет от трех до семи дней.

Заболевание (при любой форме туляремии) начинается, как правило, внезапно, с резкого повышения температуры до 38—40°. При этом отмечаются сильные головные боли, боли в мышцах, большая слабость, плохой сон, обильный пот по ночам, потеря аппетита, иногда рвота и бред. В дальнейшем заболевание протекает различно и зависит от формы туляремии.

Легочная форма туляремии по характеру

течения болезни иногда напоминает затяжной грипп, а в ряде случаев проявляется в виде туляремийного воспаления легких. Эта форма болезни обычно сопровождается поражением лимфатических узлов, расположенных в грудной клетке.

При кожно-бубонной форме туляремии на месте проникновения возбудителя появляется покраснение и небольшая опухоль, превращающаяся в язвочку. При этом одновременно увеличиваются и становятся болезненными ближайшие к месту проникновения возбудителя лимфатические узлы, которые образуют туляремийные бубоны. Иногда размеры бубонов достигают величины куриного яйца (рис. 9).

Особенностью туляремии является то, что практически болезнь не передается от больного человека к здоровому, поэтому **больной туляремией не опасен для окружающих.** Однако для успешного лечения больного необходимо госпитализировать.



Рис. 9. Характерный вид бубонов у больного туляремией

Продолжительность заболевания обычно колеблется от трех недель до двух месяцев. Своевременно начатое лечение туляремии всегда обеспечивает полное выздоровление. У людей, переболевших туляремией, медленно восстанавливается трудоспособность.

Для лечения туляремии успешно применяются антибиотики: прежде всего стрептомицин, а также биомицин, левомицетин, синтомицин.

**Бруцеллез** — хроническое инфекционное заболевание, поражающее домашних животных и людей.

Бруцеллез распространен почти повсеместно.

Возбудители бруцеллеза — коккообразные бактерии (бруцеллы), легко выращиваемые на питательных средах.

В естественных условиях для людей источником заболевания бруцеллезом являются сельскохозяйственные животные, главным образом козы и овцы, реже — коровы и свиньи, а также лошади и верблюды. Заражение может произойти при употреблении в пищу сырого молока, молочных продуктов (творога, масла, сыра, сметаны) и

мяса животных, больных бруцеллезом. Кроме того, человек может заразиться при соприкосновении с выделениями больных животных (особенно во время окота, отела скота), а также в результате укусов зараженных насекомых и клещей.

В случае применения возбудителя бруцеллеза в качестве бактериальных средств он может проникать в организм человека через дыхательные пути, пищеварительный тракт, слизистые оболочки, поврежденную кожу, а также через укусы зараженных насекомых и клещей.

Продолжительность инкубационного периода колеблется от одной до четырех недель и составляет в среднем две-три недели.

Заболевание характеризуется длительной волнообразной лихорадкой, обильной потливостью, головной болью, увеличением печени и селезенки, а также сильными болями в суставах. Наблюдаются потеря аппетита, бессонница, упадок сил и слабость.

Нередко заболевание принимает хроническую форму и может продолжаться в течение нескольких лет. При этой форме заболевания поражаются главным образом костно-мышечная, нервная и половая системы.

После переболевания бруцеллезом трудоспособность восстанавливается очень медленно, а иногда наступает инвалидность. Летальность от бруцеллеза весьма незначительна.

**От больного человека к здоровому бруцеллез не передается**, поэтому больной для окружающих не опасен.

Для лечения острых форм бруцеллеза применяются антибиотики (стрептомицин, левомицетин, биомицин) в сочетании с бруцеллезной вакциной.

**Сибирская язва** — острое инфекционное заболевание, свойственное преимущественно рогатому скоту, от которого оно в естественных условиях передается человеку.

Это заболевание было известно еще в глубокой древности. Так, египтяне называли эту болезнь «священным огнем», а древние арабские врачи — «персидским огнем». Первое достоверное описание сибирской язвы у человека было сделано в 1766 г. по наблюдениям над заболевшим мясником. Позднее (в 1876 г.) впервые был выделен возбудитель этой болезни.

Возбудителем сибирской язвы является неподвижная крупная бактерия, имеющая форму палочки. Во внешней

среде бактерия образует споры, которые обладают очень высокой устойчивостью; так, например, в почве споры сибирской язвы сохраняют свою жизнеспособность в течение нескольких лет. В сухом виде споры выдерживают высокие температуры. Возбудитель сибирской язвы более заразителен, чем многие другие микроорганизмы.

В естественных условиях источниками заболеваний среди людей являются больные сельскохозяйственные животные — крупный рогатый скот, козы, овцы, свиньи, лошади. Заражение человека в этом случае может произойти в результате непосредственного контакта с заболевшими животными (при уходе за ними, убое и снятии шкур, обработке шерсти), а также при употреблении в пищу молока или мяса больных животных. Переносчиками возбудителя сибирской язвы могут быть некоторые кровососущие насекомые (слепни, мухи-жигалки и другие).

При искусственном применении возбудителя сибирской язвы заражение людей может произойти через дыхательные пути, пищеварительный тракт, слизистые оболочки и поврежденную кожу. Особенно опасно вдыхание зараженного воздуха, так как в этом случае человек может заболеть наиболее тяжелой формой сибирской язвы — легочной формой.

Заболевание сибирской язвой у человека протекает в виде легочной, кожной и кишечной форм. Продолжительность инкубационного периода длится от одного до трех дней, в редких случаях она достигает шести-семи дней.

Легочная форма сибирской язвы возникает при попадании возбудителя через дыхательные пути и протекает крайне тяжело. У больного резко повышается температура, наблюдаются сильный озноб, боли в груди, одышка, кашель с отделением кровавой мокроты. Эта форма заболевания развивается очень быстро и часто заканчивается смертью. **Больные легочной формой сибирской язвы опасны для окружающих**, так как в мокроте больного содержится огромное количество возбудителей, которые могут быть переданы здоровым людям.

Кожная форма сибирской язвы возникает при проникновении возбудителя через поврежденную кожу. В месте внедрения возбудителя постепенно развивается безболезненный карбункул, представляющий со-

бой черный струп, окруженный венчиком красноты. Вокруг струпа впоследствии развивается обширный отек тканей. Одновременно с развитием карбункула у больного в течение второго дня заболевания поднимается температура до 39—40°, наблюдаются общая слабость, головные боли, бессонница. При своевременно начатом лечении кожная форма сибирской язвы, как правило, заканчивается выздоровлением.

**Кожная форма сибирской язвы не передается от больных людей к здоровым, поэтому больные люди практически не опасны для окружающих.**

Кишечная форма сибирской язвы развивается при попадании возбудителя через пищеварительный тракт. Эта форма протекает очень тяжело и часто заканчивается смертью, которая может наступить уже на третьи-четвертые сутки. Заболевание начинается с резких болей в животе, тошноты, рвоты, кровавого поноса и протекает при явлениях общего отравления. Температура поднимается до 39—40°, но может давать в течение болезни большие колебания. К концу болезни температура иногда резко падает ниже нормы. **Больные кишечной формой сибирской язвы представляют опасность для окружающих.**

Для успешного лечения болезни все больные сибирской язвой независимо от формы заболевания должны быть немедленно госпитализированы.

В настоящее время для лечения сибирской язвы применяются антибиотики (пенициллин, биомицин); в тяжелых случаях антибиотики используются в сочетании с лечебной сывороткой.

**Сап** — инфекционное заболевание животных, главным образом лошадей, которое от них передается человеку.

Возбудитель сапа — неподвижная тонкая палочка, которая была открыта в 1882 г. В естественных условиях источниками заболевания людей являются однокопытные домашние и дикие животные (лошади, мулы, ослы, зебры). Заражение человека происходит при контакте с больными или павшими от сапа животными.

В случае применения возбудителя сапа в качестве бактериальных средств он может проникать в организм человека через дыхательные пути, пищеварительный тракт, слизистые оболочки и поврежденную кожу.

Заболевание сапом проявляется в острой и хрониче-

ской формах. Инкубационный период при заболевании обычно длится два-три дня, но иногда достигает и двух недель.

Острая форма сапа протекает крайне тяжело и без лечения неизменно заканчивается смертью больного. Заболевание начинается, как правило, резким повышением температуры; при этом наблюдаются сильные головные и мышечные боли, а позднее развиваются боли в суставах. На месте внедрения возбудителя в организм образуются узелки, переходящие в язвочки. Такие же язвочки появляются через пять-семь дней и на других частях тела. При попадании возбудителя внутрь организма отмечаются резкие изменения со стороны легких и других органов.

Для хронической формы сапа, в отличие от острой, характерно образование в мышцах гнойников, достигающих размеров куриного яйца; наблюдается периодическое повышение температуры. Болезнь протекает менее бурно.

Больной сапом опасен для окружающих. Специфические средства лечения сапа пока еще не разработаны, но в литературе описаны случаи успешного лечения сульфадиазином больных острой формой сапа.

**Мелиоидоз (ложный сап)** — инфекционное заболевание человека и животных, напоминающее сап. Это заболевание распространено преимущественно в странах юго-восточной Азии (Бирма, Вьетнам, Таиланд, Индия).

В естественных условиях источником инфекции служат крысы, которые при хронических заболеваниях мелиоидозом выделяют возбудителя этой болезни в окружающую среду. При этом заражение человека происходит через дыхательные пути, при приеме пищи, зараженной выделениями грызунов, а также через укусы блох, обитающих на больных крысах.

При искусственном применении возбудителя мелиоидоза он может проникнуть в организм человека теми же путями, что и возбудитель сапа.

Заболевание мелиоидозом у человека протекает в острой, подострой и хронической формах. Инкубационный период болезни колеблется от двух дней до двух недель.

Острая форма мелиоидоза начинается с высокой температуры, резкой головной боли, одышки, рвоты, поноса. Одновременно наблюдаются мышечные



боли. Общее состояние больного крайне тяжелое. В конце заболевания могут появиться гнойные образования на коже и воспалительные узлы в мышцах.

При подостром мелиоидозе наблюдаются нагноительные процессы в различных тканях и органах, а также поражение мозговых оболочек.

Хронический мелиоидоз может длиться несколько лет. Для этой формы заболевания характерно наличие на коже большого количества язв, а также свищевых ходов в области ягодич.

**Больной мелиоидозом, по-видимому, опасен для окружающих.** Специфических средств лечения мелиоидоза пока нет. Рекомендуется использовать сульфамидные препараты в сочетании с массивными дозами пенициллина; имеются также данные о лечении мелиоидоза хлорамфениколом (левомицетином).

**Холера** — высококонтагиозное заболевание, относящееся к особо опасным инфекциям.

Холера в Европе известна с 1817 г. Главным эндемическим очагом холеры является в настоящее время Индия, откуда болезнь может заноситься в другие страны.

Возбудитель холеры был открыт в 1883 г. известным немецким микробиологом Робертом Кохом. Возбудитель имеет вид короткой изогнутой палочки, напоминающей запяточку; он был назван холерным «вибрионом».

В естественных условиях источниками заболевания являются только больные холерой люди, а также люди, переболевшие холерой (реконвалесценты), которые после клинического выздоровления некоторое время (иногда до двух-трех месяцев) выделяют вибрионы с испражнениями.

Механическими переносчиками холерного вибриона могут являться мухи.

Люди могут заразиться холерой в результате употребления зараженной воды или продуктов питания, а также при общении с больными и реконвалесцентами.

Продолжительность инкубационного периода при холере — от одного до трех дней, реже — до шести дней.

Заболевание протекает крайне тяжело и начинается с поноса, тошноты и рвоты; в дальнейшем рвота принимает мучительный характер и бьет широкой струей, что приводит к сильному обезвоживанию организма. Наконец, в икроножных мышцах появляются болезненные судороги.

Температура у больного снижается до 35—34°, и наступает резкая слабость. Кожные покровы бледнеют, покрываются потом, черты лица заостряются; губы, нос и руки синеют. Продолжительность болезни от одного до пяти дней, а при молниеносной форме — смерть может наступить уже через несколько часов после начала заболевания.

**Больной холерой очень опасен для окружающих**, так как с испражнениями и рвотными массами выделяется большое количество микробов. Больные холерой, реконвалесценты, выделяющие возбудителя, а также люди находившиеся в контакте с ними, подлежат самой строгой изоляции.

Для лечения холеры применяется холерный бактериофаг, а также сульфадиазин и стрептомицин в сочетании с внутривенными вливаниями раствора хлористого натрия, к которому добавляется сыворотка человеческой крови.

**Ботулизм** — тяжелое заболевание, возникающее в результате отравления организма ботулиническим токсином.

Возбудителем этой болезни является бактерия — палочка, образующая споры. При попадании палочки на некоторые пищевые продукты (мясо, ветчину, колбасные изделия, мясные и рыбные консервы, рыбу и др.) она начинает выделять сильнейший яд — токсин.

В обычных условиях заболевание ботулизмом происходит в результате употребления в пищу продуктов питания, отравленных ботулиническим токсином.

В условиях бактериологической войны противник может применить готовый ботулинический токсин; заражение при этом может произойти через дыхательные пути, пищеварительный тракт, слизистые оболочки и поврежденную кожу.

Продолжительность инкубационного периода при ботулизме колеблется от двух часов до двух-трех дней.

Заболевание развивается очень быстро — через несколько часов после отравления появляются общая слабость, иногда боли в животе, тошнота, рвота, головная боль. Важным признаком заболевания является ухудшение зрения (больной видит предметы как бы раздвоенными или же в тумане); голос становится слабым и тихим, затрудняется глотание, а затем и дыхание. Состояние больных быстро ухудшается, поэтому необходимо

принять самые срочные меры. В случае отсутствия помощи смерть может наступить в течение первых суток после отравления.

**Больной ботулизмом для окружающих не опасен.** Для лечения ботулизма с успехом применяется противоботулиническая сыворотка, которая должна быть введена как можно быстрее.

## 2. РИККЕТСИОЗЫ

В эту группу входят инфекционные заболевания, возбудители которых относятся к риккетсиям.

Из многочисленной группы риккетсиозов с точки зрения возможного использования их в качестве бактериальных средств заслуживают внимания сыпной тиф, лихорадка цуцугамуши, пятнистая лихорадка Скалистых гор и Ку-лихорадка.

**Сыпной тиф** — тяжелое остролихорадочное заболевание.

Первые описания сыпнотифозных эпидемий в Европе относятся к XV веку, а в России — к XVIII веку. Большинство из них было связано с войнами, голодом и различными бедствиями. Во время второй мировой войны сыпной тиф был широко распространен в Северной Африке и Италии, а также среди немецких войск, действовавших на Восточном фронте.

Возбудителем сыпного тифа являются риккетсии Провачека. Эти риккетсии имеют различные формы, чаще всего — форму кокков или палочек, расположенных парно.

Источником заболеваний в естественных условиях является человек, больной сыпным тифом. Сыпной тиф распространяют вши, которые служат основными переносчиками возбудителя.

При искусственном применении противником возбудителя этого заболевания заражение сыпным тифом возможно через дыхательные пути, поврежденную кожу, слизистые оболочки и пищеварительный тракт.

Инкубационный период при этой болезни составляет от пяти до 23 дней; в среднем примерно 10—14 дней.

Первые признаки заболевания: озноб, быстрое повышение температуры, сильная головная боль, общая сла-

бость и разбитость во всем теле. Температура в течение нескольких дней (7—9 дней) держится на уровне 39—40°. На третий-пятый день болезни на руках, ногах и туловище появляется характерная сыпь в виде разнообразных по величине и по форме бледно-розовых мелких пятнышек.

**От больного сыпным тифом возбудитель непосредственно не выделяется в окружающую среду, но при наличии вшивости это заболевание может быстро распространяться среди людей. Поэтому больной сыпным тифом при наличии вшивости опасен для окружающих.**

Для лечения сыпного тифа в настоящее время с успехом применяются антибиотики, в частности биомицин, левомицетин, синтомицин и тетрацилин.

**Лихорадка цуцугамуши (японская речная лихорадка) — острое инфекционное заболевание; впервые было обнаружено в начале этого столетия в Японии. Лихорадка цуцугамуши широко распространена в странах Дальнего Востока и юго-восточной части Тихого океана (Япония, Китай, Корея, Вьетнам, Бирма, Индонезия, Австралия и др.). В Советском Союзе это заболевание не встречается.**

Хранителем возбудителя лихорадки цуцугамуши в природе являются клещи, а также полевки, землеройки и некоторые другие грызуны. В естественных условиях возбудитель передается человеку через укусы клещей.

При искусственном применении возбудителя заражение людей возможно также через дыхательные пути, поврежденную кожу, слизистые оболочки и пищеварительный тракт.

Продолжительность инкубационного периода в среднем составляет примерно 10—12 дней.

Лихорадка цуцугамуши начинается с высокой температуры, которая держится в течение двух-трех недель и сопровождается сильной головной болью и бредом. В конце первой недели заболевания появляется сыпь, вначале на груди и животе, а затем на поверхности кожи верхней части тела и конечностей, а иногда и на лице. Сыпь имеет пятнистый характер и может выступать над поверхностью кожи.

Характерным признаком заболевания лихорадкой цуцугамуши служит появление (в конце инкубационного периода) на месте укуса клеща язвочки. Появление яз-

вочки, как правило, сопровождается увеличением лимфатических узлов в области укуса клеща, а иногда и в других частях тела.

**Больной лихорадкой цуцугамуши не опасен для окружающих.** Для лечения лихорадки цуцугамуши применяются те же антибиотики, что и для лечения сыпного тифа.

**Пятнистая лихорадка Скалистых гор** относится к одному из самых тяжелых риккетсиозных заболеваний.

Это заболевание было впервые обнаружено в области Скалистых гор в США (откуда и получило свое название). Эндемическими очагами заболевания являются некоторые районы Северной и Южной Америки (США, Канада, Мексика, Бразилия, Колумбия). В СССР это заболевание не встречается.

Хранителем возбудителя в природе являются клещи, а также некоторые мелкие животные (грызуны), на которых они паразитируют. Заражение человека в естественных условиях происходит через укус клеща.

В случае применения возбудителя искусственным путем заражение может произойти через дыхательные пути, поврежденную кожу, пищеварительный тракт и слизистые оболочки, а также и через укусы зараженных клещей.

Инкубационный период при пятнистой лихорадке продолжается от двух до 14 дней. Необходимо отметить, что чем короче этот период, тем тяжелее протекает заболевание.

Иногда заболевание развивается постепенно: в этих случаях начальный период болезни характеризуется потерей аппетита, ознобом и головной болью. В тяжелых случаях заболевание, как правило, начинается внезапно, с резкого повышения температуры до 40—41°, и сопровождается сильной головной болью, болями в мышцах и костях, рвотами, судорогами, бредом и кровотечениями из носа. Состояние больного тяжелое. На второй-четвертый день болезни на руках и ногах появляется сыпь, быстро распространяющаяся по всему телу. Сыпь имеет пятнистый характер и может выступать над поверхностью кожи. Лихорадочное состояние длится две-три недели. Тяжелая форма этой болезни дает высокий процент летальности.

При этом заболевании характерно отсутствие на коже в месте укуса клеща каких-либо изменений.

**Больной пятнистой лихорадкой не опасен для окружающих.** Для лечения применяются антибиотики: биомицин, левомицетин, синтомицин и тетрацилин.

**Ку-лихорадка** — остролихорадочное заболевание, отличающееся от других риккетсиозов отсутствием сыпи у больного. Впервые эта болезнь была определена в 1937 г. в Квинсленде (Австралия). Ку-лихорадка распространена повсеместно; эндемические очаги ее встречаются почти во всех странах.

В естественных условиях Ку-лихорадкой болеют некоторые животные (коровы, козы, овцы). Хранителем возбудителя Ку-лихорадки в природе являются те же животные и клещи. При этом человек заражается непосредственно при контакте с больными животными, при уборке сена или соломы, зараженных выделениями больных животных, а также через укусы клещей.

При искусственном применении возбудителя этого заболевания он может проникать в организм человека через дыхательные пути, слизистые оболочки, пищеварительный тракт, а также через укусы зараженных клещей.

Инкубационный период при этой болезни колеблется от трех до 26 дней и составляет в среднем 10—20 дней.

Болезнь начинается с озноба и резкого повышения температуры до 39—40°. У больного появляются сильная головная боль, общая слабость и разбитость во всем теле. Заболевание, как правило, сопровождается воспалением легких. Тяжелое лихорадочное состояние больного продолжается от пяти до 15 дней.

Для лечения Ку-лихорадки с успехом применяют антибиотики (биомицин, тетрацилин и некоторые другие).

### **3. ВИРУСНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

К этой группе инфекционных заболеваний относятся все те болезни, возбудителями которых являются вирусы. Из числа вирусных возбудителей наиболее вероятно использование противником в качестве бактериальных средств возбудителей натуральной оспы, пситтакоза, желтой лихорадки, японского (комариного) энцефалита, весенне-летнего (клещевого) энцефалита.

**Натуральная оспа** — высококонтагиозное заболевание, относящееся к особо опасным инфекциям.

Возбудителем оспы является вирус, повреждающий

кожу и слизистые оболочки, в результате чего происходит поражение кожи и роговицы глаз. Например, в царской России из общего числа слепых 13% падало на людей, потерявших зрение в результате переболевания натуральной оспой.

В Советском Союзе благодаря широкому и обязательному проведению предохранительного оспопрививания случаи заболевания натуральной оспой не встречаются на протяжении уже многих лет.

В естественных условиях источником заболевания является больной человек. При использовании возбудителя натуральной оспы в качестве бактериальных средств заражение людей возможно через дыхательные пути, поврежденную кожу и слизистые оболочки.

Инкубационный период при натуральной оспе обычно составляет 13—14 дней, достигая иногда 17 дней.

Заболевание начинается остро, с озноба и повышения температуры (до 39—40°). Высокая температура держится обычно в течение трех дней и сопровождается состоянием общего угнетения, сильной головной болью, болями в пояснице.

Наиболее характерным признаком заболевания является появление на третий-четвертый день болезни на лице больного мелких, возвышающихся бледно-розовых пятнышек, которые в последующие два-три дня распространяются по всему телу; высыпание их сопровождается чувством жжения и легким зудом. Период высыпания характеризуется падением температуры и улучшением самочувствия больного.

К концу первой недели все тело покрывается плотными узелками, которые затем нагнаиваются. В период нагноения вновь резко повышается температура; общее состояние больного ухудшается.

Начиная с 11—12-го дня болезни, происходит подсыхание узелков, сопровождающееся нестерпимым зудом, который очень беспокоит больного. Общее состояние больного заметно улучшается.

С 18—20-го дня начинается период отпадения корок, на месте которых на коже образуются рубчики (так называемые «рябины»), остающиеся на всю жизнь. Тяжелые случаи кончаются смертью.

**Больные натуральной оспой, начиная с последних дней инкубационного периода и вплоть до момента от-**

**падения корок, очень опасны для окружающих и подлежат строгой изоляции.**

Эффективных средств для лечения натуральной оспы пока не существует.

**Пситтакоз** — тяжелое контагиозное заболевание, сопровождающееся явлениями общего отравления организма и характерным воспалением легких. Впервые это заболевание было обнаружено в Швейцарии, а затем во Франции и Германии.

Основным носителем возбудителя пситтакоза в природе являются попугаи, от которых он может передаваться диким и домашним птицам. Пситтакозом болеют воробьи, голуби, куры, индейки и другие птицы. В естественных условиях заражение людей происходит в результате контакта с больными птицами, их выделениями или трупами погибших от этой болезни птиц.

При искусственном применении возбудителя пситтакоза заражение людей может происходить через дыхательные пути, поврежденную кожу и слизистые оболочки.

Продолжительность инкубационного периода при пситтакозе колеблется от 7 до 14 дней; в среднем этот период составляет 10 дней.

Заболевание начинается внезапно, с озноба и резкого повышения температуры до 39—40°. Такая высокая температура держится в течение 10—15 дней, а затем снижается в течение недели. Болезнь сопровождается общим недомоганием, ломотой во всем теле, сильной головной болью, рвотой, светобоязнью. С первых же дней заболевания развиваются очаги поражения в легких. При отсутствии лечения летальность среди больных пситтакозом довольно значительна.

Выздоровевшие люди могут быть носителями возбудителя. **Больные пситтакозом опасны для окружающих.**

Для лечения больных с успехом применяют антибиотики, в частности биомицин, пенициллин.

**Желтая лихорадка** — тяжелое инфекционное заболевание. В настоящее время желтая лихорадка встречается в Центральной и Южной Америке, Западной и Центральной Африке. В Советском Союзе вспышек желтой лихорадки не встречалось.

Источником инфекции являются обезьяны, а в период эпидемий — больные люди. Переносчиками возбудителя



желтой лихорадки служат комары, через укусы которых происходит заражение человека.

При искусственном применении возбудителя желтой лихорадки заражение людей может происходить также через дыхательные пути, слизистые оболочки и поврежденную кожу.

Инкубационный период при желтой лихорадке обычно длится от трех до шести дней.

Заболевание, как правило, начинается внезапно, с резкого повышения температуры. Оно сопровождается головной болью, головокружениями, болями в мышцах и костях, тошнотой, рвотой, иногда светобоязнью. Затем появляется желтуха; рвотные массы и испражнения больного из-за присутствия в них крови окрашены в черный цвет. На коже и слизистой оболочке рта появляются кровоизлияния, наблюдаются также кровотечения из носа, десен и внутренних органов.

В тяжелых случаях смерть обычно наступает между пятым и девятым днями болезни. **Больные желтой лихорадкой при наличии комаров-переносчиков опасны для окружающих.**

Эффективных средств для лечения желтой лихорадки пока нет.

**Японский (комариный) энцефалит** — острое инфекционное заболевание, сопровождающееся поражением центральной нервной системы.

Хранителем возбудителя японского энцефалита в природе являются некоторые грызуны и птицы, а также домашние животные. Переносчиками служат комары, через укусы которых и происходит заражение человека.

Продолжительность инкубационного периода колеблется от 10 до 15 дней.

Заболевание обычно развивается остро; оно характеризуется высокой температурой, сильными головными болями, рвотой, бредом, потерей сознания и сопровождается развитием параличей. В тяжелых случаях смерть может наступить в первые пять-шесть дней. **Больные японским энцефалитом не опасны для окружающих.**

Для лечения применяется лечебная сыворотка.

**Весенне-летний (клещевой) энцефалит** — острое инфекционное заболевание, вызывающее тяжелое поражение центральной нервной системы.

Хранителем возбудителя клещевого энцефалита в

природе являются клещи, а также грызуны и мелкие животные (бурундуки, ежи и др.), на которых обитают клещи. Заражение человека происходит через укусы клещей.

Инкубационный период при клещевом энцефалите продолжается 10—15 дней.

Заболевание начинается обычно внезапно. У больного повышается температура, появляются сильная головная боль, тошнота, рвота, общее недомогание, слабость, бред. Болезнь сопровождается развитием параличей, что приводит в большинстве случаев к нарушению дыхания и сердечной деятельности. Смерть может наступить в первые 4—6 дней болезни. **Больные клещевым энцефалитом не опасны для окружающих.**

Для лечения применяется лечебная сыворотка.

---

*ГЛАВА ТРЕТЬЯ*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОБАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ**

Возможность применения противником бактериологического оружия против мирного населения вызывает необходимость в организации и проведении мероприятий по противобактериологической защите.

Противобактериологическая защита организуется с целью предупредить или максимально ограничить возникновение и распространение инфекционных заболеваний в условиях применения противником бактериологического оружия.

Большинство практических и организационных мероприятий по противобактериологической защите осуществляется в настоящее время в едином комплексе с противовоатомной и противохимической защитой, так как способы и средства, применяемые для этих целей в момент нападения авиации противника, в основном одни и те же. Однако противобактериологическая защита имеет некоторые специфические особенности. Они состоят в том, что в данном случае путем проведения целого ряда предупредительных мероприятий можно предусмотреть и осуществить заранее действия, которые, если не исключают, то значительно снижают эффективность применения бактериологического оружия.

Эти предупредительные мероприятия сводятся главным образом к строгому соблюдению общих противоэпидемических и санитарно-гигиенических правил на произ-

водстве и в быту и к организации постоянного санитарного и бактериологического контроля.

Для этой цели в городах и населенных пунктах постоянно проводится бактериологический контроль за качеством воды. Коммунальные учреждения осуществляют мероприятия по защите систем водоснабжения и водисточников от бактериального загрязнения.

На хлебозаводах, мясокомбинатах, консервных и других предприятиях пищевой промышленности, а также в столовых, на фабриках-кухнях, в продовольственных складах и магазинах проводится постоянный санитарный контроль. Кроме того, осуществляются мероприятия, предупреждающие возможность заражения продуктов питания в процессе их изготовления, хранения, а также при транспортировке.

Антисанитарное состояние мест общего пользования (свалок, выгребных ям и др.), а также несвоевременное удаление отходов способствуют размножению мух — переносчиков возбудителей некоторых заболеваний (например, холеры, брюшного тифа, дизентерии и др.). Поэтому необходимо осуществлять постоянный санитарный контроль за местами общего пользования и регулярно производить их дезинфекцию.

Не менее важными предупредительными мероприятиями являются дезинсекция (уничтожение блох, вшей, комаров и других насекомых, а также клещей — переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний) и дератизация (борьба с носителями инфекционных заболеваний — мышами, крысами, сусликами, тарбаганами и другими грызунами).

Невосприимчивость населения к инфекционным заболеваниям повышают путем проведения предохранительных прививок. Так как в условиях применения бактериологического оружия прививки являются одним из основных средств защиты, этому вопросу будет посвящен специальный раздел (глава четвертая).

Приведенный нами, далеко не полный, перечень предупредительных мероприятий, осуществляемых в городах, населенных пунктах и на объектах народного хозяйства как в мирное, так и в военное время, будет иметь огромное значение для успешной борьбы с возникновением и распространением инфекционных заболеваний в случае применения противником бактериологического оружия.

Эту большую и важную работу в нашей стране возглавляют и практически осуществляют многочисленные санитарно-эпидемиологические станции, специализированные учреждения (противочумные и другие), научно-исследовательские институты эпидемиологии, микробиологии и гигиены, институты вакцин и сывороток. Они разрабатывают и изготавливают специальные средства профилактики и лечения инфекционных заболеваний (вакцины, сыворотки, антибиотики и т. д.), осуществляют повседневный санитарный и бактериологический контроль.

Указанные учреждения изучают местные условия, благоприятствующие созданию естественных очагов инфекций, то есть выясняют, какие инфекционные заболевания возникают среди людей и животных в мирное время и каковы пути их распространения; определяют наличие и виды насекомых и грызунов, обитающих в данном районе, основные места их поселений и пути передвижения; ведут систематическое исследование запыленности воздуха в городах и населенных пунктах и т. д. В условиях бактериологической войны все эти данные будут способствовать не только быстрейшему установлению факта применения бактериальных средств и определению границ очагов заражения, но и дадут возможность правильно и быстро определить вид примененных возбудителей, установить возможные пути их распространения и принять необходимые меры к своевременной ликвидации возникших очагов заражения.

Успех проведения всех перечисленных мероприятий зависит не только от усилий и работы специальных научных, лечебных и прочих учреждений, но также и от участия в этих мероприятиях широких масс населения. Поэтому уже в мирное время население должно всеми силами способствовать проведению предупредительных мероприятий, а во время войны — строго соблюдать все правила поведения, определяемые сигналами МПВО, и умело действовать в условиях применения противником бактериологического оружия.

**Какие же правила должно соблюдать население в мирное время?**

Прежде всего необходимо содержать в чистоте свое жилище и соблюдать меры личной гигиены.

В своей квартире и комнате надо ежедневно влаж-

ной тряпкой стирать пыль со всех предметов и мебели, протирать полы, следить за чистотой мест общественного пользования. Ведра с пищевыми отбросами следует плотно закрывать крышками, не допускать скапливания отбросов. В теплое время года на кухне и в комнатах нужно иметь липкую бумагу или другие средства для уничтожения мух и комаров. Чтобы предупредить появление блох, клопов, вшей, тараканов и других насекомых, матрацы, диваны, ковры и прочие мягкие предметы домашнего обихода необходимо время от времени пересыпать препаратами ДДТ. Чтобы в квартиру или комнату не проникали мыши и крысы, необходимо осмотреть пол, плинтусы и заделать все неплотности и щели.

О появлении большого количества мух, тараканов, блох и других насекомых или грызунов нужно немедленно сообщить в ближайшую санитарно-эпидемиологическую станцию и одновременно принять энергичные меры к их уничтожению.

**Самым тщательным образом следует соблюдать меры личной гигиены:** еженедельно мыться в бане или ванной, регулярно менять белье, содержать в чистоте руки и волосы, а также верхнее платье и обувь.

Перед едой нужно обязательно мыть руки.

Фрукты и овощи необходимо обмывать кипяченой водой; молоко и воду употреблять только после кипячения. Мясо, овощи и другие продукты следует тщательно обмывать перед приготовлением, а хлеб слегка прогреть.

Предупредительные мероприятия, проводимые в мирное время, дополняются в условиях применения противником бактериологического оружия специальными мероприятиями по противобактериологической защите. Эти мероприятия включают: своевременное оповещение населения о применении противником бактериальных средств, непосредственную защиту населения от поражения этими средствами, ведение непрерывной бактериологической разведки и ликвидацию последствий бактериологического нападения.

Организация и руководство противобактериологической защитой осуществляются местной противовоздушной обороной (МПВО).

#### ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

### СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Для защиты населения от непосредственного воздействия бактериологического оружия, так же как и от других видов оружия массового поражения, в настоящее время имеются надежные средства.

**Средства защиты от бактериологического оружия можно подразделить на три группы. В первую группу** входят специфические средства защиты, предназначенные для защиты от бактериальных средств; **ко второй группе** относятся коллективные и индивидуальные средства защиты, предназначенные для защиты населения от всех средств поражения с воздуха, в том числе и для защиты от поражения бактериальными средствами в момент их применения и в случае пребывания людей на зараженной местности; **к третьей группе** — средства защиты воды, продуктов питания и фуража.

#### 1. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

К специфическим средствам, предназначенным, как указывалось, только для защиты от бактериальных средств, относятся бактериальные препараты: **вакцины, анатоксины, лечебные сыворотки, бактериофаги**, повышающие невосприимчивость людей к инфекционным заболеваниям, а также **антибиотики** и другие лекарственные препараты, предназначенные для лечения и экстренной профилактики инфекционных заболеваний.

Невосприимчивость (иммунитет) людей к инфекционным заболеваниям повышается проведением предохранительных прививок вакцинами (анатоксинами), а также введением в организм лечебных сывороток и бактериофагов.

Еще в очень давние времена было замечено, что после перенесения многих инфекционных заболеваний у людей создавалась невосприимчивость к повторному заболеванию, так называемый естественный иммунитет. Поэтому при некоторых заболеваниях, которые считались неизбежными, часто стремились умышленно заражать еще не болевших людей с тем, чтобы последние приобрели к этому заболеванию невосприимчивость. Особенно охотно прибегали к этому приему в тех случаях, когда искусственным заражением удавалось вызвать более легкое течение болезни, чем при естественном заражении. Подобный способ широко применялся около трех тысяч лет назад в Индии и Китае для борьбы против натуральной оспы, которая имела в то время широкое распространение. Однако при таком способе «прививки» болезнь нередко протекала в очень тяжелой форме, а иногда давала даже смертельный исход.

Огромную роль для борьбы с натуральной оспой сыграло открытие противосспенной вакцины, сделанное в 1796 г. Дженнером (Англия). Однако открытие Дженнера еще не могло послужить основой для разработки методов и средств предупреждения других инфекционных заболеваний, так как для этого необходимо было знать причины их возникновения.

Только в конце XIX века было экспериментально доказано, что инфекционные заболевания вызываются микробами, а также были установлены возбудители многих заболеваний. Лишь после этого были разработаны научные принципы получения вакцин для предупреждения инфекционных заболеваний.

**Что же представляют собой вакцины, применяемые для предупреждения инфекционных заболеваний?**

Вакцины — это препараты, содержащие взвеси убитых или живых, но ослабленных микробов. При введении в организм человека той или иной вакцины через две-четыре недели у него вырабатывается иммунитет, то есть невосприимчивость к заболеванию, против которого была введена вакцина. Этот иммунитет, в отличие от имму-



нитета, приобретенного в результате перенесенного заболевания, **принято называть искусственным.**

Длительность иммунитета, возникающего после прививки, предохраняет человека от заболевания на срок от 6 до 12 месяцев, а иногда и до нескольких лет (например, против натуральной оспы и туляремии).

В настоящее время имеются вакцины для предупреждения натуральной оспы, чумы, холеры, брюшного тифа, паратифов, туляремии, бруцеллеза, сибирской язвы, сыпного тифа и других инфекционных заболеваний. В связи с тем, что в качестве бактериальных средств противник может применить возбудителей различных инфекционных заболеваний, громадное значение приобретают **комплексные** (ассоциированные) **вакцины**, позволяющие иммунизировать людей сразу против нескольких заболеваний и тем самым значительно снизить количество прививок. Например, одна из комплексных вакцин создает одновременно иммунитет против брюшного тифа, паратифов, холеры, дизентерии и столбняка.

Кроме вакцин, для предохранительных прививок против некоторых заболеваний применяют анатоксины.

**Анатоксины**—это препараты, которые состоят из продуктов жизнедеятельности соответствующих микробов, обезвреженных нагреванием и формалином, но сохранивших при этом свои иммунизирующие свойства.

В настоящее время имеются специфические анатоксины для предупреждения ботулизма, дифтерии, столбняка, газовой гангрены и других инфекционных заболеваний.

В мирное время прививки проводятся в плановом порядке, а также при возникновении вспышек и эпидемий каких-либо заболеваний.

При угрозе применения противником бактериологического оружия прививки будут проводиться с учетом вида возбудителей, которые могут быть использованы в качестве бактериальных средств.

Таким образом, значение предохранительных прививок как средств защиты от поражающего действия бактериологического оружия сводится к тому, что они могут или совсем предотвратить заболевание, или значительно ослабить тяжесть его течения. Учитывая это, население ни в коем случае не должно уклоняться от проведения предохранительных прививок.

Однако в условиях бактериологической войны нередко могут быть случаи, когда заболевания возникнут у людей, имеющих соответствующие предохранительные прививки. Это может иметь место, например, при применении противником высококонцентрированных бактериальных рецептур. Наряду с этим противником могут быть применены возбудители таких заболеваний, вакцины против которых до сих пор еще не получены. **Поэтому независимо от сделанных предохранительных прививок население обязано использовать все имеющиеся другие средства противобактериологической защиты.**

В тех случаях, когда противник уже применил бактериологическое оружие, но еще не установлен вид примененного возбудителя, для целей экстренной профилактики используют **антибиотики** и другие лекарственные вещества, обладающие широким профилактическим действием в отношении целого ряда инфекционных заболеваний. Если вид примененного возбудителя уже определен, то для экстренной профилактики в случае необходимости используют также специфические **сыворотки и бактериофаги**, действие которых, в отличие от вакцин, проявляется немедленно вслед за их введением в организм человека.

В настоящее время сыворотки используют для профилактики и лечения чумы, столбняка, сибирской язвы, ботулизма, газовой гангрены и некоторых других заболеваний.

Бактериофаги предназначены для профилактики и лечения холеры и других заболеваний.

**Антибиотики** применяют не только для целей экстренной профилактики, но и для лечения многих инфекционных заболеваний. Антибиотики — это вещества, вырабатываемые животными и растительными организмами; некоторые из них получают синтетическим путем. Профилактическое и лечебное действие антибиотиков основано на том, что они обладают способностью задерживать рост микробов и обуславливать их гибель.

**К специфическим же средствам защиты** относятся также отпугивающие насекомых вещества (диметилфталат, дибутилфталат и различные препараты, приготовленные на их основе). Они защищают людей от нападения насекомых, в том числе и при искусственном применении их противником. Такими веществами пропитывают за-

щитные сетки и сетчатые нарукавники, а также смазывают открытые участки тела и одежду. Отпугивающее действие таких веществ длится от одного до шести часов в зависимости от температуры воздуха и других факторов.

При смазывании лица необходимо следить за тем, чтобы эти вещества не попали в глаза.

## **2. КОЛЛЕКТИВНЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ**

Непосредственная защита населения от поражения бактериальными средствами в момент их применения обеспечивается своевременным и умелым использованием коллективных и индивидуальных средств защиты.

**К коллективным средствам защиты** относятся убежища и укрытия. Наиболее полную защиту от всех средств поражения с воздуха, в том числе и от непосредственного воздействия бактериальных средств, обеспечивают убежища, оборудованные в противохимическом отношении.

Наиболее распространенным видом убежищ в городах являются убежища, оборудуемые в подвальных этажах жилых и служебных зданий. Наряду с подвальными убежищами строят отдельно стоящие убежища, которые по защитной мощности, вместимости, оборудованию ничем не отличаются от убежищ, расположенных в подвалах.

Планировка и оборудование любого убежища должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать быстрое заполнение и освобождение (в случае необходимости) убежища, а также невозможность одновременного разрушения всех помещений и выходов; обеспечивать условия для нормального пребывания укрывающихся в нем людей в течение длительного времени. Исходя из этих требований, планировкой предусматриваются: отсеки для размещения укрывающихся, запасные выходы и лазы, устройство тамбуров при входах. Кроме того, в убежищах имеются фильтро-вентиляционная камера, в которой размещается фильтро-вентиляционная установка, а также санитарный узел (туалетные комнаты, умывальные).

В убежищах имеются освещение, отопление, водопровод, канализация, а также линия радиотрансляции и телефон.

Внутреннее помещение убежища (рис. 10) разделено капитальными стенами на несколько отсеков. В каждом отсеке помещается от 30 до 75 человек. В отсеках устанавливают двухъярусные скамейки; второй ярус может быть использован для отдыха людей и хранения вещей.



Рис. 10. Внутренний вид подвального убежища

В отсеках размещены средства пожаротушения (ящики с песком, огнетушители, шанцевый инструмент), аварийный инструмент (кирки, ломы, кувалды, лопаты), аптечка, носилки, бак с кипяченой водой для питья.

На случай появления среди укрывающихся инфекционных больных или людей, подозрительных на заболевание, в убежище должно быть предусмотрено специальное помещение для их изоляции.

Чтобы обеспечить возможность выхода людей в случае разрушения здания или завала выходов, в каждом убежище устраивают запасные лазы — подземные коридоры. Выходы из лазов обычно ведут непосредственно на улицу, в переулок, на бульвар и т. д.

Для того чтобы наружный воздух, зараженный бактериальными средствами (отравляющими или радиоактивными веществами), не смог проникнуть внутрь убежища,

ща, его герметизируют. Надежную герметизацию обеспечивают покрытие стен убежища краской (масляной или клеевой), цементирование пола, тщательная заделка мест пропуска холодных и горячих труб (отопления,

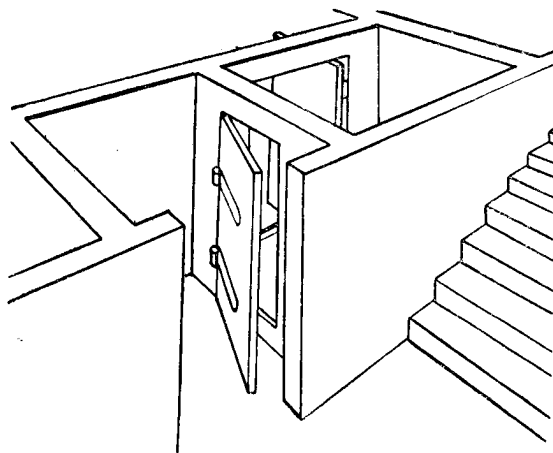


Рис. 11. Устройство тамбуров

водопровода и канализации), а также телефонных, электрических и других проводов.

Тамбуры, оборудованные при входах, имеют две двери: защитно-герметическую (наружную) и герметическую (внутреннюю) (рис. 11).

Фильтро-вентиляционная установка, находящаяся в камере, не только подает чистый воздух укрывающимся, но и обеспечивает создание подпора и проветривание основных помещений убежища и тамбуров (рис. 12).

Подпором называют превышение давления воздуха внутри убежища по сравнению с наружным атмосферным давлением. Подпор устраняет возможность проникновения внешнего зараженного воздуха внутрь помещений через неплотности, щели и поры покрытий стен и пола.

Количество чистого воздуха на одного человека, находящегося в убежище, составляет около  $2 \text{ м}^3$  в час. Вентилятор, показанный на рисунке, подает до  $300 \text{ м}^3$  в час. Так как вместимость подвальных убежищ обычно не

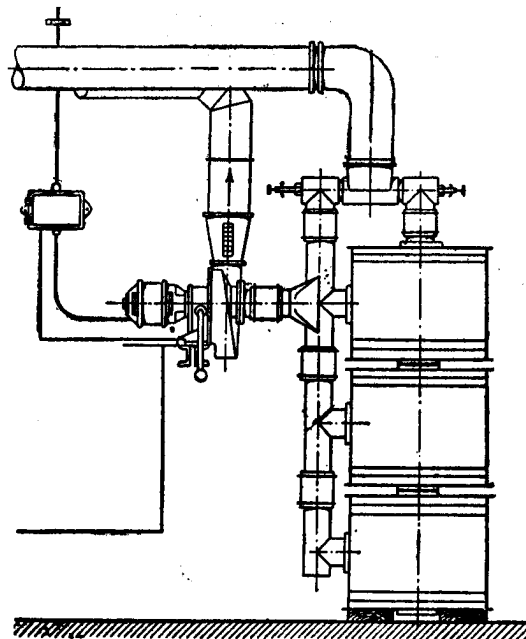


Рис. 12. Фильтро-вентиляционная установка

превышает 150 человек, мощность такого вентилятора полностью обеспечивает укрывающихся чистым воздухом.

Очистка наружного зараженного воздуха от бактериальных средств (а также от отравляющих и радиоактивных веществ) происходит в фильтрах-поглотителях установки. Воздуховоды с герметическими клапанами предназначены для забора воздуха извне и подачи его в помещения убежищ.

Фильтро-вентиляционная установка может работать на двух режимах.

Поддержание порядка в убежищах и обеспечение бесперебойной работы фильтро-вентиляционной установки возлагается на звенья убежищ групп самозащиты. Эти звенья обеспечивают порядок при входе и выходе людей из убежища, размещают людей по отсекам, поддерживают порядок внутри убежища, организуют и возглавляют работы по ликвидации аварий и выводят людей из убежища в случае его частичного разрушения.

В условиях применения противником бактериологи-

ческого оружия важнейшей задачей становится также своевременное выявление среди укрывающихся инфекционных больных и проведение ряда мероприятий по защите всех людей, находящихся в убежище, от возможного заражения. Для этого в помощь звеньям, обслуживающим убежища, могут быть организованы медицинские посты.

Внешними признаками, указывающими на начало какого-либо инфекционного заболевания, могут служить высокая температура, появление рвоты, поноса и др. (эти признаки описаны во второй главе).

Если среди укрывающихся будут выявлены инфекционные больные или же люди, подозреваемые на заболевание, их нужно немедленно изолировать в специально отведенное для этого помещение. Стул, скамейка и все предметы, которыми пользовался заболевший, должны быть немедленно продезинфицированы. Все остальные люди до выхода из убежища обязательно должны пройти экстренную профилактику. Для этого личный состав звена убежищ и медицинского поста (если он будет) снабжает всех людей, находящихся в убежище, необходимыми лекарственными препаратами и принимает их также сам.

После сигнала «Отбой воздушной тревоги» больных отправляют в инфекционную больницу, а в помещениях убежища звенья группы самозащиты производят дезинфекцию.

В условиях применения противником бактериальных средств возможно заражение района, в котором находится убежище. В этом случае выпуск людей из убежища после сигнала «Отбой воздушной тревоги» не разрешается до тех пор, пока не будут произведены необходимые работы по обеззараживанию. Вывод людей из убежищ, находящихся на территории зараженного района, производится только по указаниям органов МПВО. Перед выходом из убежища среди укрывающихся и личного состава звена убежищ проводят мероприятия по экстренной профилактике.

Кроме описанных убежищ, к коллективным средствам защиты относятся также различного рода простейшие укрытия: щели, землянки и галереи. Эти укрытия обеспечивают достаточно надежную защиту от ударной волны, светового излучения атомного взрыва, снижают

степень воздействия проникающей радиации, надежно защищают от осколков и мелких зажигательных авиабомб, но совершенно не защищают от проникновения наружного воздуха, зараженного бактериальными средствами или отравляющими и радиоактивными веществами. Это объясняется тем, что простейшие укрытия не имеют достаточной герметизации, тамбуров и фильтро-вентиляционных установок. В последнее время разработаны усовершенствованные конструкции таких укрытий, в которых предусмотрено устройство простейших тамбуров с герметическими дверями, что может обеспечить на не продолжительный срок защиту от проникновения в них зараженного воздуха.

В случае применения противником бактериальных средств, а также при химическом нападении или радиоактивном заражении все люди, находящиеся в укрытиях простейшего типа, должны немедленно надеть **противогазы и использовать имеющиеся средства защиты кожи**. Выход населения из таких укрытий организуют органы МПВО.

**Индивидуальные средства противохимической защиты** защищают не только от отравляющих и радиоактивных веществ, но и от бактериальных средств.

К индивидуальным средствам защиты относятся противогазы и средства защиты кожи.

**Противогазы** предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица от отравляющих и радиоактивных веществ и бактериальных средств.

По принципу защитного действия противогазы можно подразделить на фильтрующие и изолирующие. Принцип действия фильтрующего противогаза заключается в том, что наружный воздух, зараженный бактериальными средствами, отравляющими или радиоактивными веществами, поступает в противогазовую коробку, очищается (фильтруется) в ней и в результате под маску поступает необходимый для дыхания чистый воздух. В качестве изолирующих противогазов используются специальные изолирующие приборы. Дыхание в этих приборах происходит за счет кислорода, находящегося в сжатом состоянии в баллончике. Кислородные приборы сложны по устройству, имеют большой (до 8 кг) вес. В условиях применения противником бактериальных средств эти приборы рекомендуется использовать для работы в ме-



стах сильного застоя зараженного воздуха, а также для обезвреживания невзорвавшихся авиационных бомб и других боеприпасов, подозрительных на снаряжение бактериальными рецептурами.

Население снабжается фильтрующими противогазами ГП-4у (гражданский противогаз, тип 4-й, усовершенствованный). Население может пользоваться также противогазами ГП-4, имеющими укороченную трубку, и противогазами, которые состоят на снабжении в Советской Армии. Принцип действия этих противогазов и правила пользования ими почти ничем не отличаются от описываемого в настоящем разделе противогаза ГП-4у, поэтому на их описании мы не будем останавливаться.

Гражданский противогаз ГП-4у состоит из противогазовой коробки и лицевой части. Противогаз носят и хранят в сумке. Общий вид противогаза ГП-4у показан на рис. 13.

**Противогазовая коробка** служит для очистки наружного вдыхаемого воздуха от отравляющих и радиоактивных веществ, а также от бактериальных средств. Внутри противогазовой коробки находятся специальные поглотители и противодымный фильтр. Бактериальные частицы задерживаются в основном на противодымном фильтре, и очищенный от них воздух поступает под маску.

Снаружи корпус противогазовой коробки окрашен масляной краской, на корпусе указан номер коробки, который является также номером противогаза.

**Лицевая часть** состоит из резиновой маски с очками, системы тесемок с назатыльником, клапанной коробки и соединительной трубки. Она предназначена для подведения очищенного воздуха из коробки к орга-

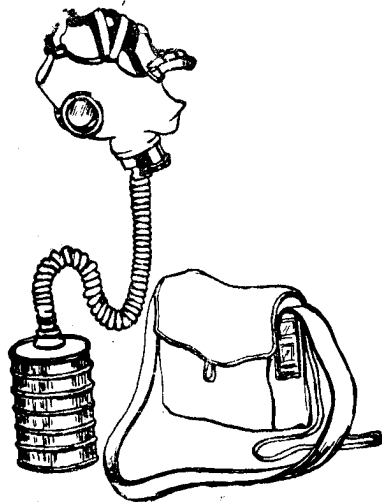


Рис. 13. Внешний вид противогаза ГП-4у

нам дыхания и для защиты глаз и лица от бактериальных средств, а также от отравляющих и радиоактивных веществ.

Резиновая маска имеет три размера: первый, второй и третий. Наименьший размер — первый. Номер маски обозначен на ее подбородочной части.

Имеющаяся система тесемок обеспечивает крепление маски на голове и ее плотное прилегание к лицу. Две лобовые тесемки не растягиваются — их длина регулируется с помощью передвижных пряжек. Височные и затылочные тесемки — резиновые, растягивающиеся. На затылочных тесемках имеются неподвижные пряжки, через которые пропущены концы затылочных тесемок, с их помощью после надевания маски добиваются более полного прилегания ее к лицу.

В клапанной коробке находятся три клапана: один вдыхательный и два выдыхательных. Клапаны предназначены для распределения потоков вдыхаемого и выдыхаемого воздуха в нужном направлении. Наиболее ответственной частью является верхний выдыхательный клапан. Малейшая его неисправность или засорение могут привести к тому, что зараженный воздух будет проникать через клапан под маску, в результате чего может произойти заражение человека бактериальными средствами или поражение отравляющими и радиоактивными веществами.

**Соединительная (гофрированная) трубка** изготовляется из резины и покрыта трикотажем. Наличие складок позволяет трубке хорошо изгибаться и растягиваться и обеспечивает свободный проход воздуха по трубке под маску. Верхним концом трубка закреплена наглухо на патрубке клапанной коробки, а нижним присоединена к горловине противогазовой коробки с помощью ниппеля и накидной гайки. Резиновое прокладочное кольцо, лежащее на ниппеле, обеспечивает герметичность присоединения трубки к коробке.

Для хранения и переноски противогаз ГП-4у укладывают в сумку из плотной ткани; сумка имеет два отделения: одно — для противогазовой коробки, другое — для маски. На дне отделения, предназначенного для противогазовой коробки, находятся два деревянных брусочка, на которые надо ставить дно противогазовой коробки. Деревянные брусочки обеспечивают при вдохе свободный

доступ воздуха через входное отверстие коробки. В том отделении, где находится маска, должен быть специальный «карандаш», предназначенный для предохранения стекол очков маски от запотевания.

Сумка закрывается клапаном. Для носки противогаза к сумке пришта плечевая тесьма, а для крепления противогаза к туловищу к ребрам сумки пришиты с одной стороны тканевая тесьма или шнур, а с другой — металлическое полукольцо.

**Правила пользования противогазом ГП-4у.** Противогаз является надежным средством защиты только при умелом обращении с ним. Маска противогаза должна быть подобрана по размерам лица и головы, а весь противогаз должен быть правильно собран, проверен и уложен в сумку.

Если маска окажется больше головы и лица, то зараженный воздух будет свободно проходить под нее, минуя противогазовую коробку. Если же маска будет меньшего размера, чем нужно, то она будет вызывать болезненные ощущения.

Чтобы определить требуемый размер маски, нужно с помощью обычной ученической линейки и ровной планочки измерить высоту лица (между самой нижней точкой подбородка на срединной линии лица и точкой наибольшего углубления переносья), как это показано на рис. 14.

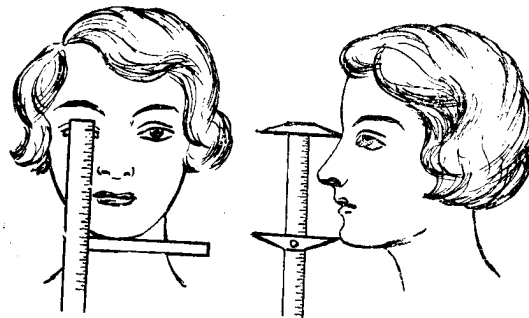


Рис. 14. Измерение высоты лица для подбора размера маски

Необходимый размер маски определяют по таблице:

при высоте лица	от 99	до 109	мл	размер маски	1-ый		
»	»	»	от 109	до 119	»	»	2-ой
»	»	»	от 119	и выше	»	»	3-ий

При получении противогаза надо произвести его внешний осмотр и выявить все неисправности; при обнаружении неисправностей противогаз должен быть заменен на исправный или же неисправную часть сдать в ремонт.

Новая маска изнутри всегда слегка присыпана тальком; перед тем как пользоваться противогазом, тальк следует удалить ваткой или тряпочкой, смоченной в воде. Если маска была в употреблении, ее нужно обязательно протереть одеколоном, денатурированным спиртом или 2% раствором формалина (чайная ложка жидкого формалина на стакан воды).

Для предохранения стекол очков от запотевания на их внутреннюю поверхность наносят штрихи специальным «карандашом» или сухим туалетным мылом. Затем штрихи равномерно растирают на поверхности стекол.

После осмотра противогаза и подготовки маски все отдельные части противогаза собирают и проверяют правильность сборки. При сборке противогаза коробку навинчивают правой рукой, а в левой руке держат накидную гайку соединительной трубки (при этом маска свободно опущена вниз).

Для проверки собранного противогаза на герметичность надо надеть маску, закрыть пробкой отверстие на дне коробки и сделать глубокий вдох. Если при этом воздух не проходит под маску, значит противогаз собран правильно и исправен. Если же воздух проходит, то противогаз проверяют по частям и неисправную часть заменяют или ремонтируют.

Чтобы уложить противогаз в сумку, коробку вкладывают в малое отделение сумки; маску складывают вдоль, при этом назатыльник и тесемки должны быть уложены внутрь маски; вложив соединительную трубку в правое отделение сумки, помещают туда маску клапанной коробкой вниз.

При объявлении в стране или городе «Угрожаемого положения» каждый гражданин должен получить или приобрести противогаз и всегда иметь его при себе.

Противогаз носят в трех положениях: «ПОХОДНОМ», «НАГОТОВЕ» и «БОЕВОМ» (рис. 15).

В «походном» положении противогаз носят при отсутствии непосредственной угрозы бактериологического, химического или атомного нападения. В «походном» по-



Рис. 15. Правила ношения противогаза:  
а — в «походном» положении; б — в положении «наготове»;  
в — в «боевом» положении

ложении противогаз носят на левом боку (лямка наде-  
та через правое плечо). Нельзя носить противогаз под  
верхней одеждой.

**В положение «наготове»** противогаз переводят при  
возникновении угрозы бактериологического, химического  
или атомного нападения (по сигналу «Воздушная тре-  
вога»). Для перевода противогаза в положение «нагото-  
ве» сумку передвигают вперед, расстегивают клапан сум-  
ки, а поясной тесьмой противогаз закрепляют на тулови-  
ще.

**В «боевое» положение** противогаз переводят по сиг-  
налу «Химическое нападение», по команде «Газы»  
или же самостоятельно (без команд и сигналов), если  
обнаружены признаки применения бактериальных  
средств (а также отравляющих или радиоактивных ве-  
ществ).

Приемы надевания противогаза в «боевое» положе-  
ние показаны на рис. 16. При надевании противогаза  
надо задержать дыхание, закрыть глаза, а головной убор  
зажать между коленями. После того как противогаз на-  
дет, надо сделать резкий выдох, возобновить дыхание и  
открыть глаза, а затем надеть головной убор.

Противогаз ГП-4 с укороченной трубкой в поло-

жениях «наготове» и «боевом» носят на груди, как показано на рис. 17.

Противогаз снимают по команде «Противогаз снять», которая может быть подана только после окончания необходимых работ по обеззараживанию. После того как снят противогаз, в зависимости от обстановки, его переводят в положение «наготове» или в «походное».

Зимой, в сильные морозы, чтобы избежать смерзания выдыхательных клапанов и затвердевания резины, маску время от времени надо обогреть под бортом пальто (если противогаз не надет в «боевое» положение). Если противогаз надет, надо периодически обогреть клапанную коробку руками, продувая выдыхательные клапаны.

При любом повреждении противогаза необходимо принять меры к быстрейшему выходу из зараженного района; при этом некоторое время придется пользоваться неисправным противогазом, так как сразу заменить его вряд ли представится возможность.

В случае незначительного повреждения маски или тесемок порванное место надо плотно прижать к лицу или голове. При проколе или небольшом повреждении соединительной трубки поврежденную складку следует плотно зажать пальцами. При сильном повреждении маски или трубки, которое не позволит применить какой-



Рис. 16. Приемы надевания противогаза

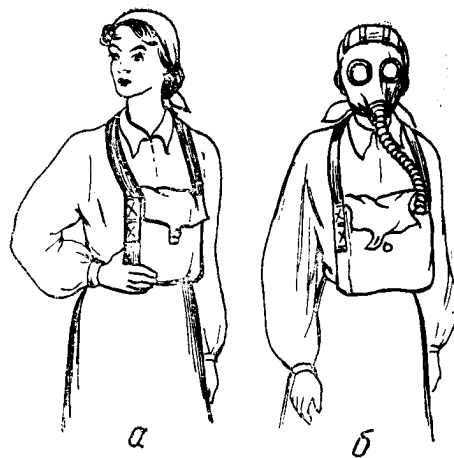


Рис. 17. Приемы ношения противогаза ГП-4 с укороченной трубкой: а — в положении «наготове»; б — в «боевом» положении

либо из указанных выше приемов, надо задержать дыхание, отвинтить трубку и взять горловину коробки в рот. Дыхание при этом происходит через рот (нос зажат пальцами). А затем следует как можно быстрее выходить с посторонней помощью из зараженного района.

В крайних случаях при повреждении противогаза можно использовать полотенце, носовой платок, вату, марлю и другие подручные средства, плотно прижимая их к носу и ко рту.

При небрежном обращении и хранении противогаз может быть легко приведен в негодность. Во время пользования противогазом его надо оберегать от ударов и не допускать попадания воды в коробку. После работы на дожде следует вытереть все металлические части, просушить маску и уложить противогаз только в высушенную сумку. При входе с мороза в теплое помещение коробку и все металлические части необходимо тщательно протереть досуха чистой тряпочкой, а выдыхательные клапаны продуть.

Если засорились или склеились выдыхательные клапаны, их следует только осторожно продуть, но не мять и не вынимать из клапанной коробки.

Хранить противогаз лучше всего в сухом месте, достаточно прохладном и удаленном от отопления, водопроводной раковины и других источников влаги и тепла. Строго запрещается класть в сумку посторонние предметы.

**Подручные средства защиты органов дыхания.** При отсутствии противогазов для защиты органов дыхания от бактериальных средств (а также от радиоактивной пыли) могут быть использованы защитные маски, респираторы, ватно-марлевые повязки, а для защиты глаз — противопылевые очки. Эти простейшие средства защиты могут быть использованы также при нахождении на местности, зараженной бактериальными средствами или радиоактивными веществами.

Из существующих образцов респираторов, имеющих применение на некоторых промышленных предприятиях, в качестве подручных средств защиты органов дыхания могут быть использованы респираторы типа Р-2, Ф-45 и ШФ-2. Один из таких респираторов показан на рис. 18.

Ватно-марлевую повязку население может изготовить самостоятельно.

Для изготовления ватно-марлевой повязки берут кусок марли, примерно в 110 см длины и 50 см ширины. На середину куска марли кладут пласт гигроскопической ваты размером 25×15 см и толщиной 1—2 см, после чего боковые края марли загибают и накидывают на вату, а концы марли разрезают вдоль до ваты. При отсутствии ваты ее можно заменить 8—12 слоями марли (рис. 19).

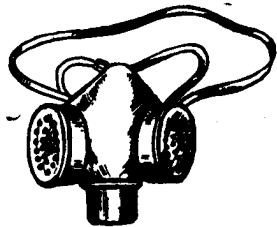


Рис. 18. Респиратор

Изготовленную таким образом ватно-марлевую повязку накладывают на лицо так, чтобы нижний край захватывал низ подбородка, а верхний — доходил до глазных впадин; нижние концы повязки завязывают на темени головы, а верхние — под затылком. В щели, образующиеся между повязкой, крыльями носа и щеками, по обе стороны носа закладывают комочки ваты. Если повязка надета правильно, вдыхаемый воздух попадает в нос и рот только после прохождения через вату, где он и очищается от болезнетворных микробов.





Рис. 19. Ватно-марлевая повязка

В случае использования защитной маски, респираторов или ватно-марлевой повязки для защиты глаз надевают очки (типа противопылевых, так называемые «очки-консервы»). Нижний край обшивки очков должен лежать на верхнем крае ватно-марлевой повязки, а верх обшивки — на бровях или выше них (рис. 20). Если в обшивке (оправе) очков имеются отверстия, то их надо обязательно закрыть. С этой целью к изнанке обшивки подшивают подкладку или закладывают отверстия ватой.



Рис. 20. Ватно-марлевая повязка и противопылевые очки в надетом состоянии

**Средства защиты кожи.** Для защиты кожных покровов от бактериальных средств применяются средства противохимической защиты кожи. К ним относятся комбинезоны, куртки с

брюками из прорезиненной ткани, резиновые сапоги и перчатки, фартуки, чулки и накидки. Для удобства пользования перечисленные средства защиты кожи соединены в комплекты.

**Комплект № 1** состоит из защитной бумажной накидки, защитных (прорезиненных или проолифованных) чулок, надеваемых на обычную обувь, и прорезиненных перчаток. Он предназначен для защиты открытых частей тела и одежды от заражения бактериальными средствами, а также от попадания капельно-жидких отравляющих веществ и радиоактивной пыли. Этим комплектом снабжаются формирования МПВО, которые используют его непосредственно во время бактериологического нападения или же при передвижении на местности, зараженной бактериальными средствами.

Население может вместо этого комплекта изготовить накидку, чулки из хлопчатобумажной ткани (лучше всего светлых тонов) и рукавицы или перчатки (рис. 21). Такой комплект будет защищать тело и одежду от попадания на них бактериальных частиц и радиоактивной пыли.

**Комплект № 2** состоит из куртки с брюками (или защитного комбинезона) из прорезиненной ткани, резиновых сапог и перчаток и хлопчатобумажного подшлемника (рис. 22). Он предназначен для длительного нахождения на местности, зараженной бактериальными средствами, отравляющими или радиоактивными веществами (при проведении разведки, дезинфекции, дегазации и дезактивации местности и сооружений и других работ). Недостатком данного комплекта является полная изоляция тела человека от внешнего воздуха, в результате чего нарушается естественная теплоотдача и наступает перегрев тела. Для сохранения работоспособности установлены



Рис. 21. Защитный комплект, изготовленный из хлопчатобумажной ткани

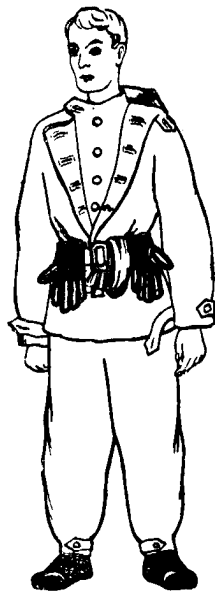


Рис. 22. Комплект № 2 (куртка и брюки из прорезиненной ткани, резиновые сапоги и перчатки, противогаз и хлопчатобумажный подшлемник) в положении «наготове»

определенные сроки работы в этом комплекте, которые зависят от температуры внешнего воздуха.

Для устранения перегрева тела и увеличения в связи с этим сроков работы применяют экранирующий хлопчатобумажный комбинезон, который надевают поверх прорезиненного комбинезона или куртки с брюками. Экранирующий комбинезон периодически (во время работы) смачивают водой, что значительно улучшает состояние человека, находящегося в этом защитном комплекте.

При длительных работах на зараженной местности можно использовать также защитный фильтрующий комплект ЗФК, который состоит из хлопчатобумажного комбинезона, гимнастерки, брюк, подшлемника и обычного хлопчатобумажного белья, пропитанных специальными веществами. В этот же комплект входят резиновые сапоги и перчатки.

**В защитный комплект № 3** входят защитный фартук из прорезиненной или проолифовой ткани, защитные прорезиненные (или проолифованные) чулки и резиновые перчатки (рис. 23). Этот комплект предназначен для про-

ведения работ по дезинфекции, дегазации и дезактивации оборудования, автомашин, мебели, предметов домашнего обихода, одежды, обуви и т. п.

В каждый из указанных комплектов обязательно входит противогаз.

При отсутствии специальных средств противохимической защиты кожи для защиты открытых частей тела и одежды население может использовать резиновые боты, калоши, сапоги, непромокаемые пальто, накидки, плащи, обычные перчатки. Эти подручные средства защиты в значительной степени могут предохранить кожные по-

кровы, одежду и обувь от заражения бактериальными средствами (отравляющими и радиоактивными веществами) как в момент их применения, так и при передвижении по зараженной местности.

### 3. Защита воды и продуктов питания от действия бактериальных средств

Вода и продукты питания, зараженные бактериальными средствами, могут явиться причиной возникновения и распространения среди людей и животных инфекционных заболеваний. Известно, например, что эпидемия холеры в Гамбурге в 1892 г. возникла в результате употребления жителями этого города зараженной воды.

При осуществлении мероприятий по защите воды и продуктов питания необходимо учитывать, что искусственное заражение их бактериальными средствами может быть осуществлено различными способами. Так, продукты питания могут быть заражены в результате проникновения бактериального облака внутрь продовольственных складов и магазинов, столовых, в жилые помещения.

Городские и ведомственные водопроводы могут быть заражены путем организации диверсий. Не исключена возможность заражения воды диверсионными методами непосредственно в магистральных линиях водопровода.

Заражение местных источников водоснабжения (шахтных колодцев, артезианских скважин, родников, открытых водоемов) возможно как диверсионными методами, так и в результате оседания частиц из бактериального облака.

Наиболее опасно заражение воды и продуктов питания диверсионными методами, так как в этом случае факт заражения чаще всего будет установлен не сразу, а лишь тогда, когда уже появятся заболевания среди людей и животных.



Рис. 23. Защитный комплект № 3 (прорезиненный фартук, защитные чулки, резиновые перчатки и противогаз) в «боевом» положении

В большинстве городов и населенных пунктов и на промышленных предприятиях для обеспечения населения водой имеются системы водоснабжения. В этих случаях вода, предназначенная для питья, подвергается очистке и обеззараживанию (хлорированию) на специальных очистных устройствах, находящихся на станциях водоснабжения. Подача воды к потребителю (т. е. населению) происходит по водопроводной сети, представляющей собой систему герметических труб с арматурой (задвижками, кранами и т. п.).

Для того чтобы не допустить подачу загрязненной или зараженной воды по водопроводной сети, производится систематический лабораторный контроль воды на зараженность, а в случае необходимости — хлорирование воды повышенными дозами хлора. Лабораторный контроль и хлорирование воды производит обслуживающий персонал по специальным инструкциям.

Основные сооружения системы водоснабжения города или промышленного предприятия (станции водоснабжения с очистными устройствами и насосными установками, резервуары с чистой водой и т. п.), как правило, охраняются.

Не исключена вероятность диверсионного заражения воды через смотровые колодцы, находящиеся обычно на улицах. Поэтому их устройство должно исключить возможность доступа к ним посторонних лиц. С момента введения «Угрожаемого положения» рекомендуется организовать постоянное наблюдение за смотровыми колодцами силами групп самозащиты и команд МПВО тех жилых домов и объектов, на территории которых расположены смотровые колодцы.

Под постоянным наблюдением также должны находиться резервуары с запасами чистой воды на пищевых предприятиях. Эти резервуары — цистерны, контейнеры — должны быть оборудованы герметическими крышками.

Для предохранения воды от заражения в шахтных колодцах вокруг верхней части сруба нужно устроить глиняные подушки толщиной до 20 см и шириной до 2 м. На глиняную подушку насыпают слой земли или песка толщиной до 15 см. Сверху над срубом колодца строят будку или навес, а сам колодец должен быть всегда закрыт плотной крышкой (рис. 24). Если колодец не имеет насоса, то во избежание загрязнения колодезной во-

ды индивидуальными ведрами нужно повесить общественное ведро.

Устройство трубчатых колодцев обеспечивает защиту воды от заражения частицами, выпадающими из бактериального облака, но не предохраняет ее от диверсионного заражения.

С момента введения «Угрожаемого положения» трубчатые (артезианские) колодцы, так же как и шахтные, должны находиться под постоянным наблюдением.

С введением «Угрожаемого положения» в сельской местности около источников водоснабжения желательно выставить круглосуточную охрану.

Небольшие запасы питьевой воды для семьи можно хранить в герметизированной стеклянной или металлической посуде (например, в термосе, бидоне, графинах или банках с притертыми пробками).

Защита продуктов питания от заражения бактериальными средствами, а также отравляющими и радиоактивными веществами достигается проведением целого ряда заблаговременных мероприятий. К таким мероприятиям относятся упаковка и хранение продуктов питания в защитной таре, герметизация хранилищ с продовольствием и фуражом, складских помещений и использование специальных транспортных средств при перевозке продуктов питания.

Продукты питания, упакованные в герметические металлические или стеклянные емкости (например, консервы), надежно защищены от заражения бактериальными средствами. Преимущество этого вида упаковки состоит также и в том, что в случае необходимости легко произвести обеззараживание наружной стороны упаковки, не нарушая при этом вкусовых качеств консервов.

Продукты питания, хорошо завернутые в пергамент или целлофан или в несколько слоев плотной бумаги,

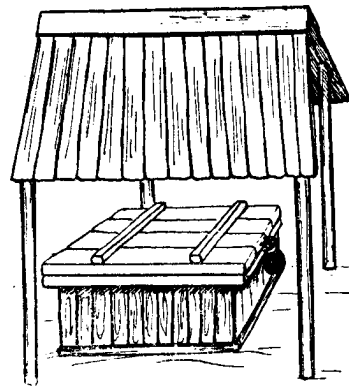


Рис. 24. Шахтный колодец с навесом и герметической крышкой

также практически защищены от заражения бактериальными средствами. Правда, в этом случае обеззараживание внешней стороны упаковки вызовет значительные трудности и не исключено проникновение дезинфицирующих веществ непосредственно в продукты питания. Поэтому указанный вид упаковки необходимо сочетать с хранением продуктов в буфетах, ларях, холодильных шкафах, имеющих плотно закрывающиеся крышки или дверцы (рис. 25).

Для защиты индивидуальных запасов продуктов можно также использовать защитные мешки из прорезиненной ткани или пленок (полиэтиленовых или полихлорвиниловых).

Особое внимание население должно уделять защите таких продуктов питания, как хлеб или сухари, так как их нельзя обеззараживать кипячением, обмывкой горячей водой или каким-либо другим из указанных способов. Они обеззараживаются при длительном прогревании, что снижает их вкусовые и питательные качества.

Городские запасы продовольствия хранятся в герметизированных и специально оборудованных камерах или



Рис. 25. Хранение завернутых продуктов питания и воды в буфете

хранилищах, оборудованных в противохимическом отношении. Порядок хранения, контроля и обеззараживания продовольствия, хранящегося на таких складах, определяется специальными инструкциями и обеспечивается обслуживающим персоналом (рабочими и служащими) данных складов и хранилищ.

Отпуск продуктов питания со складов или магазинов, подвергшихся воздействию бактериальных средств или же находящихся в зараженном районе, производится только с разрешения противоэпидемических учреждений медицинской службы МПВО.

В условиях применения противником бактериальных средств перевозить продукты питания можно только в специализированных автотранспортных средствах, снабженных герметическими кузовами. Для перевозки мяса, рыбы и других скоропортящихся продуктов должны быть использованы рефрижераторы, авторефрижераторы, а также изотермические контейнеры. В случае отсутствия специализированных автотранспортных средств для перевозки продуктов питания могут быть использованы плотно сколоченные ящики с герметическими крышками, обитые снаружи жестью.

---



## ГЛАВА ПЯТАЯ

### ОПОВЕЩЕНИЕ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО СИГНАЛАМ МПВО

Для того чтобы предотвратить во время войны возникновение эпидемий, все граждане должны знать, как содержать свое жилище и как вести себя в условиях применения противником бактериальных средств.

В первую очередь необходимо четко знать все сигналы МПВО, оповещающие об опасности нападения с воздуха, и правила поведения по этим сигналам. Кроме того, каждый гражданин обязан знать признаки применения бактериальных средств, уметь правильно пользоваться противогазом и другими средствами защиты, осуществлять частичную санитарную обработку, знать способы и средства дезинфекции жилых помещений, предметов домашнего обихода и местности, чтобы уметь оказать посильную помощь специальным формированиям МПВО при ликвидации последствий бактериологического нападения.

Правила поведения и действия населения при угрозе нападения авиации противника с воздуха и во время самого нападения, в том числе и в условиях угрозы бактериологического нападения, определяются специальными положениями и сигналами МПВО.

С целью выполнения всех мероприятий, которые позволят обеспечить работу народного хозяйства в условиях нападения с воздуха и защиту населения, решением правительства вводится «Угрожаемое положение». Введение «Угрожаемого положения» означает, что та

территория, на которой оно введено, может в ближайшее время подвергнуться нападению противника с воздуха.

Для поддержания общественного порядка и для того, чтобы обеспечить своевременность укрытия при возникновении непосредственной угрозы нападения с воздуха, а также для принятия необходимых мер защиты от средств массового поражения, в том числе и бактериологического оружия, в период «Угрожаемого положения» все граждане должны соблюдать определенные правила поведения. Эти правила включают: подготовку своего жилища в противопожарном отношении, соблюдение светомаскировочного режима и общественного порядка, проверку и подготовку радиотрансляционной сети и репродукторов, которые должны быть постоянно включенными. Население должно принимать активное участие в подготовке убежищ, строительстве щелей, землянок и других укрытий. Все граждане должны знать места расположения убежищ и укрытий, медицинских и обмывочных пунктов в районе жительства или работы, местонахождение штаба МПВО своего дома или работы, отделения милиции.

Одновременно с этим население обязано провести в своем жилище ряд мер, направленных на предупреждение заражения бактериальными средствами. Для этого все мелкие предметы домашнего обихода, книги, лишнюю одежду, обувь и т. п. убирают в шкафы или ящики. Мягкую мебель закрывают чехлами. Особое внимание следует обращать на защиту индивидуальных запасов продуктов питания и воды. Продукты питания заворачивают в пергамент, целлофан или в два-три слоя плотной бумаги, укладывают в кастрюли и плотно закрывают крышками. Питьевую воду наливают в плотно закрывающуюся посуду. Уложенные таким образом продукты питания и воду ставят в холодильники, шкафы, буфеты или в специально приготовленные ящики. Запасы воды, необходимые для обработки помещений в случае их заражения, нужно сохранять в ведрах, баках, ваннах, бочках, закрытых сверху плотными покрытиями из клеенки, брезента, целлофана, непромокаемых тканей и т. п.

С введением «Угрожаемого положения» каждый гражданин должен подготовить и иметь всегда при себе противогаз, средства защиты кожи, а также индивиду-

альный противохимический пакет, стерильный бинт или салфетки. В случае отсутствия противогаза надо приобрести защитную маску или изготовить себе ватно-марлевую повязку.

Для того чтобы при необходимости иметь возможность быстро провести дезинфекцию в квартире, рекомендуется иметь дома запас дезинфицирующих веществ, например хлорамина, лизола или нафтализола.

В сельской местности необходимо установить круглосуточную охрану источников воды и непрерывное наблюдение за местами выпаса и водопоя животных.

**Сигнал «Воздушная тревога»** предупреждает население о возникновении непосредственной угрозы нападения с воздуха для данного города (населенного пункта или района). Этот сигнал является одновременно сигналом, предупреждающим о возникновении непосредственной опасности применения противником средств массового поражения, в том числе и бактериологического оружия. Сигнал «Воздушная тревога» является основным сигналом МПВО для всего населения, проживающего в данном городе, населенном пункте или районе. Он подается протяжными завывающими звуками электросирен, гудками фабрик, заводов, пароходов, паровозов в течение 2—3 мин. Кроме того, сигнал «Воздушная тревога» подается по радиотрансляционной сети передачей объявления: «Внимание, говорит штаб МПВО города. Граждане, объявляется воздушная тревога! Воздушная тревога! Воздушная тревога! Граждане, воздушная тревога, воздушная тревога, спокойно направляйтесь в убежища и укрытия, не забудьте выключить свет, газ, электронагревательные приборы и потушить огонь в печах. Воздушная тревога! Воздушная тревога!»

После каждого объявления слов «Воздушная тревога!» следует четырехкратное завывание сирены.

Сигнал «Воздушная тревога» на всех предприятиях, в учреждениях, учебных заведениях, жилых домах дублируется местными средствами сигнализации.

По сигналу «Воздушная тревога» противогаз надо перевести в положение «наготове», подготовить для надевания защитную накидку, чулки и перчатки, а затем действовать в зависимости от того, где и в какой обстановке был услышан сигнал.

Если сигнал «Воздушная тревога» застал вас дома, нужно быстро одеться, одеть детей, престарелых, предупредить о тревоге соседей, взять кроме средств защиты, противохимический пакет и небольшой, заранее подготовленный, запас воды и продуктов, захватить личные документы и быстро уйти в ближайшее убежище или укрытие. Ни в коем случае нельзя оставаться дома или на улице. Перед выходом из дома необходимо выключить электроприборы, перекрыть газовую сеть и потушить топящиеся печи.

Если сигнал застал вас в кино, театре, музее, библиотеке, магазине или каком-либо другом общественном месте, надо выслушать указания администрации, а затем направиться в ближайшее убежище или укрытие.

Трамваи, автобусы и троллейбусы по сигналу «Воздушная тревога» немедленно прекращают движение. Дождавшись остановки, следует спокойно выйти и направиться в убежище или укрытие.

Внутри убежища все укрывающиеся должны строго соблюдать правила пользования убежищем и точно выполнять указания коменданта убежища и дежурных постов, а также медицинского персонала. При входе в убежище нельзя толкаться и обгонять впереди идущих. В самом убежище нельзя громко разговаривать, петь, кричать, бегать, ходить без надобности, курить, сорить; после еды все крошки и бумажки следует собрать и выбросить в установленном для этого месте.

При плохом самочувствии (головной боли, повышении температуры, тошноте и других признаках заболевания) надо сейчас же обратиться к дежурным МПВО по убежищу; так же следует поступать в тех случаях, если будет замечено, что кто-либо из соседей по убежищу чувствует себя плохо.

Сигнал «Химическое нападение» подается при обнаружении на территории города или населенного пункта участков, зараженных бактериальными средствами, а также отравляющими или радиоактивными веществами.

Сигнал «Химическое нападение» может быть местным или общегородским. В самом очаге заражения сигнал подают с помощью частых ударов в рельс, гонг, колокол

или в другие звучащие предметы. Такой сигнал имеет местный характер, так как он оповещает об опасности только ту часть территории, на которой обнаружено заражение или которой оно угрожает (например, при распространении воздуха, зараженного бактериальными средствами). При заражении значительной части территории города органы МПВО подают по радиотрансляционной сети общегородской сигнал «Химическое нападение», который дублируется одновременно и местными звуковыми средствами. Общегородской сигнал передают объявлением: «Граждане! Химическое нападение». В этом же объявлении могут быть указаны границы зараженного района и другие сведения.

По сигналу «Химическое нападение» население, которое находится в убежищах, оборудованных в противохимическом отношении, продолжает оставаться в них; вход и выход людей из убежищ прекращается. Дальнейшее пребывание людей в таких убежищах зависит от обстановки, которая создалась на той территории района, где расположено убежище.

Все граждане, которые по каким-либо причинам остались дома, на работе или на улице, укрывающиеся в щелях, землянках и других простейших укрытиях, по сигналу «Химическое нападение» должны немедленно надеть противогаз и имеющиеся средства защиты кожи.

Установив факт применения противником бактериальных средств, органы МПВО принимают меры к определению вида примененного возбудителя, обозначению границ возникшего очага заражения предупредительными знаками и к ликвидации последствий бактериологического нападения.

Как только минует непосредственная опасность нападения с воздуха, органы МПВО объявляют по радиотрансляционной сети сигнал «Отбой воздушной тревоги» передачей объявления: «Граждане! Угроза воздушного нападения миновала! Отбой!».

Этот сигнал означает, что население может выйти из убежищ и укрытий, что в городе или населенном пункте разрешается движение пешеходов, транспорта, возобновляется работа кино, театров, магазинов, то есть восстанавливается тот порядок жизни, который соблюдался в период «Угрожаемого положения».

**В районе очага заражения «Отбой воздушной тревоги» не подается, а принимаются меры к ликвидации последствий бактериологического нападения.**

Люди, укрывающиеся в убежищах, расположенных на территории очага заражения, не покидают убежище до специального разрешения органов МПВО. Выход населения из убежищ в подобных случаях допускается только при повреждении убежищ или при угрозе пожара и затопления. Перед выходом из убежищ и укрытий, оказавшихся на территории, зараженной бактериальными средствами, или при необходимости передвигаться через зараженный участок (например, во время следования на полную санитарную обработку, в медицинский пункт и в других случаях) необходимо надеть противогаз, защитные чулки, перчатки и накидку. При отсутствии этих средств нужно воспользоваться защитной маской или ватно-марлевой повязкой, а также подручными средствами для предохранения от заражения открытых участков тела и одежды. Чтобы сократить время пребывания на зараженной местности, надо проходить ее быстро, двигаясь только по указанным проходам и маршрутам. При этом запрещается заходить в дома и здания и брать какие-либо предметы. На зараженном участке нельзя садиться, ложиться, становиться на колени, прислоняться к стенам домов и зданий, снимать противогаз и другие средства защиты. Каждый гражданин должен оказывать посильную помощь престарелым, инвалидам, больным и детям.

После выхода из зараженного района надо немедленно произвести самостоятельно (или с помощью товарищей) частичную санитарную обработку. А затем по указаниям постов МПВО население может быть направлено сразу же на полную санитарную обработку.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ

### ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЯ И РАЗВЕДКИ

Бактериологическая разведка организуется для того, чтобы вовремя можно было обнаружить начало применения противником бактериальных средств, определить их вид и установить границы очагов заражения.

В условиях бактериологической войны особенно важно своевременно установить начало применения противником бактериальных средств для того, чтобы население могло воспользоваться убежищами и укрытиями и применить все имеющиеся индивидуальные средства защиты, а части и формирования МПВО — в кратчайший срок ликвидировать созданный очаг заражения.

С момента введения «Угрожаемого положения» на территории городов, населенных пунктов и на объектах народного хозяйства начинают действовать посты и пункты наблюдения МПВО, на которые, помимо химического и радиационного наблюдения, возлагается и бактериологическое наблюдение.

Для обнаружения отравляющих и радиоактивных веществ имеются специальные приборы химической и радиационной разведки, позволяющие установить наличие этих веществ в воздухе и на местности. Для обнаружения же бактериальных средств непосредственно в момент их применения таких приборов пока не существует. Поэтому начало применения противником бактериальных средств можно установить только по внешним признакам.

Эти внешние признаки должно знать все население, так как своевременность обнаружения бактериальных

средств будет обеспечена лишь в том случае, если бактериологическое наблюдение будут вести не только наблюдательные посты и пункты МПВО, но и все граждане.

**Особенностью действия авиационных бомб и других боеприпасов, снаряженных бактериальными рецептурами, является глухой звук взрыва с образованием у поверхности земли дыма или тумана.**

В местах разрыва таких боеприпасов могут быть обнаружены крупные осколки, отдельные части бомб, а также остатки авиационных бомб необычных конструкций (например, с поршневыми или распыливающими устройствами). К характерным признакам, указывающим на применение бактериальных средств, также относится наличие на почве, стенах, крышах зданий и различных предметах порошкообразных, студнеобразных веществ или капель жидкости.

При обнаружении этих признаков (или какого-либо одного из них) наблюдательные посты должны немедленно подать сигнал «Химическое нападение».

Граждане, обнаружившие признаки применения бактериальных средств, должны немедленно сообщить об этом в ближайший штаб МПВО, медицинским работникам или органам милиции.

На местности, где были обнаружены какие-либо признаки бактериологического нападения, можно передвигаться или выполнять спасательные, дезинфекционные и другие работы только в средствах противохимической защиты кожи и в надетом противогазе, а при их отсутствии — в хлопчатобумажном комбинезоне, халате и защитной маске или ватно-марлевой повязке.

Применение противником бактериальных средств можно установить также косвенным путем, например на основании данных систематического исследования запыленности воздуха в городах, проводимого в мирное время. Зная, например, средний показатель запыленности воздуха для какой-либо точки города, при резком повышении этого показателя, особенно после пролета самолета противника, можно предполагать применение бактериальных средств.

**Применение зараженных переносчиков, грызунов, а также насекомых — вредителей сельскохозяйственных культур может быть установлено по остаткам сброшен-**



**ных с самолетов специальных бомб, контейнеров, пакетов, мешков. В местах их падения могут быть обнаружены значительные количества насекомых, клещей, грызунов.**

**Наличие необычных скоплений насекомых, клещей и грызунов, а также появление таких их видов, которые не имели до сих пор распространения в данной местности, будут также являться признаками бактериологического нападения.**

О признаках применения противником насекомых, клещей или грызунов нужно немедленно сообщить постам или штабу МПВО, медицинским работникам, органам милиции. Одновременно следует принять все возможные меры для уничтожения обнаруженных насекомых, клещей и грызунов. При этом необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы избежать заражения. Ни в коем случае нельзя прикасаться к ним незащищенными руками.

**Признаком применения бактериальных средств является также внезапный падеж домашних и диких животных или появление среди них массовых заболеваний. Это может иметь место при заражении пастбищ или мест водопоя животных диверсионными методами. Поэтому обо всех подозрительных случаях необходимо немедленно сообщать ветеринарным работникам и одновременно изолировать больных животных от здоровых. Ни в коем случае нельзя трогать погибших животных, снимать шкуру и закапывать их до прихода ветеринарного фельдшера или врача.**

После того как будет установлено начало применения противником бактериальных средств, производится определение вида примененных возбудителей, а также устанавливаются границы возникшего очага заражения.

Вид примененных противником бактериальных средств определяют путем лабораторного анализа проб зараженного материала (воздуха, почвы, воды, продуктов питания, смывов, сделанных с поверхности местных предметов и осколков или остатков бактериальных авиабомб, и т. п.) и обнаруженных на местности насекомых, клещей и грызунов.

Забор проб зараженного материала производится, как правило, противоэпидемическими отрядами и группами медицинской службы МПВО, а также разведывательны-

ми дозорами штабов МПВО объектов и контрольными звеньями объектов пищевой промышленности. Так как для анализов большое значение имеет своевременность взятия проб зараженного материала (чем скорее взята проба с момента заражения, тем лучше и правильнее результаты анализа), к этой работе может быть при необходимости привлечен также личный состав групп самозащиты и других формирований МПВО, получивший специальную подготовку и снабженный наборами для взятия проб.

Чтобы исключить возможность заражения человека, берущего пробу, забор проб необходимо производить в противогазе и средствах защиты кожи (в защитном комплекте № 2 или в защитных чулках, перчатках и хлопчатобумажном комбинезоне).

Личным составом групп самозащиты могут быть взяты пробы воздуха, почвы, воды, смывы с поверхности местных предметов, а также обнаруженные на местности насекомые, клещи и грызуны. Для взятия проб воздуха и почвы можно использовать имеющийся в группах самозащиты упрощенный прибор индикации. Для взятия проб других зараженных материалов в группах самозащиты могут быть подготовлены: запас чистой посуды (две-три стеклянные банки с притертыми или резиновыми пробками или навинчивающимися крышками), несколько пробирок, два-три тампона, помещенные в пробирки с физиологическим раствором, небольшой совочек или лопаточка, пинцет, марлевый сачок, марлевые флажки, прикрепленные на веревочке или к палочке, мешочки из хлопчатобумажной ткани или полиэтиленовой пленки, а также два-три индивидуальных противохимических пакета.

Пробы воздуха (рис. 26) следует брать в местах застоя бактериального облака. Для этого насосом из прибора химической разведки или упрощенного прибора индикации зараженный воздух просасывают через противодымный фильтр, закрепленный в насадке (при этом надо произвести не менее 50—60 качаний). Частицы бактериальной рецептуры при просасывании зараженного воздуха через фильтр оседают на нем. После взятия пробы фильтр вынимают из насадки, укладывают в пробирку и закрывают ее пробкой.

Пробы почвы лучше всего брать из воронок, образо-

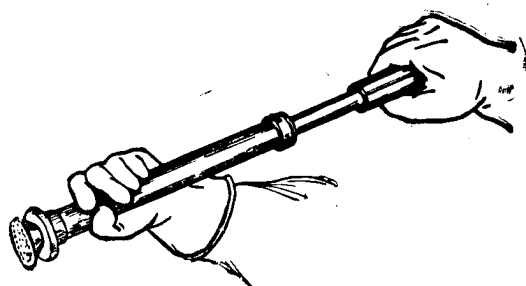


Рис. 26. Приемы забора пробы воздуха насосом из приборов индикации и химической разведки

вавшихся при разрыве бактериальных авиабомб и других боеприпасов, а также в тех местах, где имеются следы осевшей жидкости или порошкообразных веществ. Для этого с помощью лопаточки осторожно снимают верхний зараженный слой почвы на глубину не менее 0,5 см и помещают этот кусочек почвы в стеклянную банку с плотно закрывающейся или завинчивающейся крышкой (рис. 27).

Пробу воды из шахтных колодцев можно брать чистым ведром. Перед взятием пробы надо тщательно перемешать воду в колодце, для этого несколько раз опускают и поднимают ведро. Затем воду осторожно наливают в чистую, плотно закрывающуюся посуду, стараясь не облиться. Для анализов воды необходимо не менее 0,5 л. Для взятия пробы воды можно использовать любую чистую банку или бутылку (рис. 28).

Пробы воды из естественных водоемов (реки, озера, родника) надо брать в тех местах, где на поверхности воды у берегов видны маслянистые пятна или следы осевших порошкообразных веществ.

Чтобы взять пробу воды из водопровода, надо спустить застоявшуюся в трубах воду (в течение 10—15 мин.), продезинфицировать кран огнем (для чего зажечь ватный тампон, смоченный в спирте), а затем уже налить в банку необходимое для анализа количество воды.

Забор проб с поверхностей зданий, сооружений и предметов домашнего обихода производят при помощи смывов. Для этого используют укрепленный на палочке

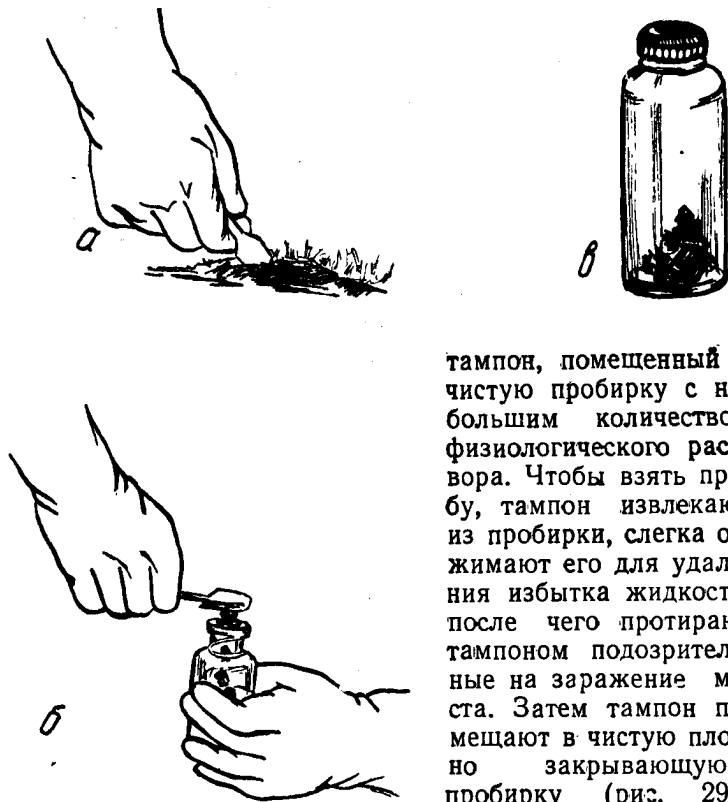


Рис. 27. Приемы взятия пробы зараженной почвы: а — снять слой земли; б — взятую пробу поместить в банку; в — завинтить банку крышкой

тампон, помещенный в чистую пробирку с небольшим количеством физиологического раствора. Чтобы взять пробу, тампон извлекают из пробирки, слегка отжимают его для удаления избытка жидкости, после чего протирают тампоном подозрительные на заражение места. Затем тампон помещают в чистую плотно закрывающуюся пробирку (рис. 29). Таким же образом берут пробы с осколков и остатков обнаруженных бактериальных авиабомб и других боеприпасов.

При сборе насекомых и клещей пользуются пинцетом, иначе их можно легко раздавить, что может вызвать заражение.

Летающих насекомых (мух, комаров и других) можно вылавливать обычными марлевыми сачками или использовать для этого липкую бумагу, продающуюся в аптеках. Липкую бумагу можно приготовить самим. Для этого листы чистой плотной бумаги смазывают клеем (канифоли 25 частей, касторового масла 17 частей, гли-

церина 8 частей). С помощью липкой бумаги можно вылавливать также блох, особенно в местах их применения противником.

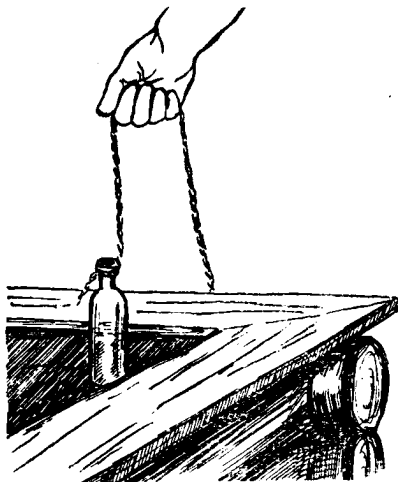


Рис. 28. Взятие пробы воды из шахтного колодца

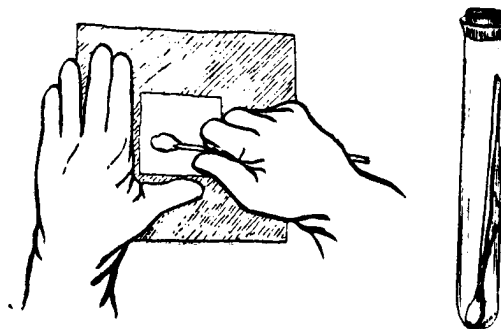


Рис. 29. Приемы взятия пробы смывом

Собранных для анализа насекомых помещают в пробирки или банки, которые закрывают ватно-марлевыми пробками.

Клещей собирают с помощью марлевых флажков, которыми для этого проводят по высокой траве или ку-

стам. С марли клещей снимают пинцетом и переносят в стеклянную пробирку или банку, в которую предварительно закладывают сложенную гармошкой полоску фильтровальной или другой мягкой бумаги. Пробирку или банку закрывают слегка влажной ватно-марлевой пробкой.

Для вылавливания грызунов используются верши или капканы-давилки. Выловленных или убитых грызунов пинцетом (рис. 30) переносят в полотняные или полиэтиленовые мешочки, которые затем тщательно завязывают и укладывают еще в один прорезиненный мешок.

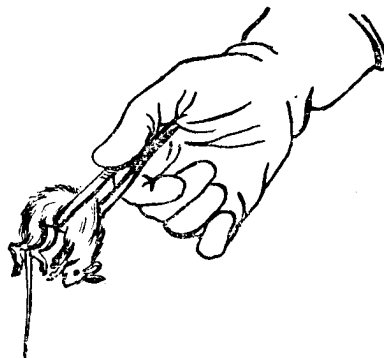


Рис. 30. Приемы переноса зараженных грызунов в банку

После взятия пробы нужно налить на перчатки немного жидкости из флакона индивидуального противохимического пакета, протереть их, а затем этой же жидкостью продезинфицировать лопаточку, пинцет и другие приспособления, с помощью которых производился забор проб или сбор насекомых. Кроме того, следует протереть наружные стороны банки или пробирки, в которой находятся пробы или выловленные насекомые и клещи. Вместо жидкости из противохимического пакета можно использовать любой дезинфицирующий раствор. При этом надо соблюдать осторожность и следить за тем, чтобы капли дезинфицирующей жидкости не попали внутрь пробирки и не испортили пробу.

Пробы зараженного материала, а также выловленных насекомых, клещей, грызунов вместе с донесением немедленно направляют специальным транспортом (или посылным) в бактериологическую лабораторию санитар-

но-эпидемиологической станции города (или района), к которой прикреплен данный объект или жилой дом.

В донесении должны быть указаны название взятого материала, место и время взятия проб, каким способом и когда (если известно) было совершено бактериологическое нападение, а также должность и фамилия лица, производившего забор проб. При направлении на анализ проб воды необходимо, кроме того, указать вид и название водоемного источника (река, колодец, водопроводная сеть и т. д.), из которого взяты пробы.

Около всех водоемов или водоемов, пастбищ и других мест, из которых взяты пробы, необходимо поставить предупредительные знаки.

В результате применения противником бактериальных средств на территории города или населенного пункта, а также на прилегающей к ним местности возникают очаги заражения, являющиеся источниками возникновения и распространения инфекционных заболеваний. Под очагом заражения принято понимать территорию с находящимися на ней людьми, животными, зданиями, сооружениями и различным имуществом, которая подвергалась непосредственному воздействию бактериальных средств.

Характер очага заражения зависит от способа применения бактериальных средств, от количества примененных бактериальных боеприпасов, а также от условий погоды и рельефа местности (застроенности улиц, высоты зданий и других факторов).

Размеры очага заражения определяются не только площадью, на которой обнаружены какие-либо признаки применения бактериальных средств, но и глубиной проникновения бактериального облака. Последняя может быть установлена путем наблюдения за движением бактериального облака (если это дым или туман, видимый невооруженным глазом), образовавшегося при разрыве авиабомбы или каких-либо других боеприпасов, подозрительных на снаряжение бактериальными рецептурами. Глубина распространения бактериального облака в городе зависит не только от условий погоды (скорости ветра), но и от высоты зданий, ширины улиц, дворов, наличия зеленых насаждений и т. п.

В случае применения зараженных насекомых, клещей, грызунов границы очага заражения будут определяться границами района их распространения.

Границы очага заражения устанавливают противо-эпидемические учреждения медицинской службы МПВО. Производится это на основе обобщенных данных, полученных от наблюдательных постов, наблюдателей групп самозащиты и разведывательных дозоров, а также от пунктов по исследованию запыленности воздуха. При установлении границ очагов заражения в сельской местности большое значение будут иметь данные, полученные от наблюдателей, а также показания жителей — очевидцев бактериологического нападения. Уточнение границ очага заражения производят на основании результатов лабораторного анализа проб зараженного материала.

Одновременно с разведкой медицинская служба МПВО выявляет людей, пораженных бактериальными средствами.

**Пораженными следует считать всех людей, находящихся в пределах границ очага заражения. К пораженным будут также относиться люди, употреблявшие подозрительные на заражение продукты питания или воду, соприкасавшиеся с зараженными предметами, а также те, кто находился в непосредственном контакте с людьми и животными, заболевшими каким-либо видом контактного заболевания (например, чумой, холерой, сибирской язвой).**

---



*ГЛАВА СЕДЬМАЯ*

**ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ  
БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО НАПАДЕНИЯ**

Ликвидация последствий бактериологического нападения представляет собой комплекс мероприятий, которые должны обеспечить не только полное обезвреживание возникшего очага заражения, но и предотвратить возникновение и распространение инфекционных заболеваний за пределы очага. Характер и объем этих мероприятий в значительной степени определяются видом возбудителя, примененного противником, а также размерами очага заражения.

К числу мероприятий по ликвидации последствий бактериологического нападения относятся: установление в очаге заражения (в зависимости от вида примененного возбудителя) карантина или обсервации; санитарная обработка людей, находящихся в очаге заражения, и дезинфекция их одежды, белья и обуви; обеззараживание территории, зданий, сооружений, транспорта, воды, продуктов питания и всех предметов, находящихся на зараженной территории.

В случае применения зараженных насекомых, клещей или грызунов в очаге заражения проводятся дезинсекционные и дератизационные мероприятия.

Среди населения, находящегося на территории очага заражения, должна быть широко развернута санитарно-просветительная и разъяснительная работа по вопросам личной профилактики. Население обязано строго соблюдать все указания органов медицинской службы МПВО и все правила, установленные в очаге заражения.

### 1. КАРАНТИН И ОБСЕРВАЦИЯ

Сразу же при получении данных о применении противником бактериальных средств по распоряжению органов МПВО в очаге заражения устанавливается карантин.

**Карантин** — это система противэпидемических и режимных мероприятий, направленных на полную изоляцию очага заражения от окружающего населения и ликвидацию инфекционных заболеваний в самом очаге.

**Режимные мероприятия**, проводимые при карантине до установления вида примененного возбудителя, включают вооруженную охрану (оцепление) очага заражения; строгое ограничение входа в очаг заражения и запрещение выхода из него; запрещение вывоза из очага заражения какого-либо имущества без предварительного обеззараживания.

В первую очередь вооруженная охрана (оцепление) должна быть организована так, чтобы немедленно изолировать очаг от окружающего населения. Оцепление осуществляется органами МПВО.

Вход в очаг заражения может быть разрешен лишь гражданам, работающим на важных промышленных объектах, расположенных на территории указанного очага, и только через специальные контрольные пункты, организованные органами МПВО данного города или района. Перед входом в очаг заражения эти граждане в обязательном порядке подвергаются экстренной профилактике.

Доступ в очаг заражения могут получить также медицинские и другие формирования МПВО, прибывшие для оказания помощи по ликвидации последствий бактериологического нападения и других очагов поражения. Личному составу этих формирований должны быть заранее сделаны предохранительные прививки против особо опасных инфекций; кроме того, они должны пройти экстренную профилактику.

**Выход населения из очага заражения запрещается.** Он может быть разрешен лишь в исключительных случаях с ведома органов МПВО. При этом граждане, которым разрешен выход из очага заражения, должны иметь прививки против особо опасных инфекций. Кроме того, они обязаны пройти экстренную профилактику и полную санитарную обработку с дезинфекцией белья, одежды и обуви. В дальнейшем все они находятся под постоянным медицинским наблюдением.

Для граждан, работающих на важных промышленных объектах и живущих за пределами очага заражения, должны быть выделены на производстве специальные помещения для сна и отдыха.

Промышленную продукцию, выпускаемую предприятиями, расположенными на территории очага заражения, можно вывозить только после ее обеззараживания. Для этого на границе очага заражения органы МПВО развертывают специальные дезинфекционные пункты.

Людей, находящихся в карантине, обеспечивают продовольствием и всеми другими необходимыми для жизни предметами через службу торговли и питания МПВО города. Продукты питания и необходимые предметы завозят в очаг заражения с соблюдением всех необходимых мер предосторожности. Для этого на границе очага заражения могут быть организованы специальные перегрузочные пункты. Обслуживающий персонал на этих пунктах комплектуется из населения, проживающего вне очага заражения.

Контроль за работой дезинфекционных и перегрузочных пунктов осуществляет медицинская служба МПВО.

В дальнейшем при установлении факта применения возбудителей чумы, холеры или натуральной оспы в очаге заражения организуется **комендантская служба**. В ее обязанности входят: охрана магазинов, водоемов, продовольственных складов; поддержание порядка, установленного органами МПВО на территории очага заражения; регулирование движения транспорта; проведение контроля за ввозом и вывозом из очага заражения какого-либо имущества, а также за входом в него населения (например, следующей смены рабочих). Комендантская служба осуществляется силами службы охраны порядка и безопасности МПВО города (или района).

Одновременно в очаге заражения ограничивают общение между отдельными группами населения. Для этого рекомендуется, например, продукты питания и другие необходимые предметы разносить непосредственно по квартирам. Работники торговли и системы общественного питания, обслуживающие население, должны соблюдать необходимые меры предосторожности. Так, при посещении квартир они должны быть в защитных масках (ватно-марлевых повязках) и халатах. Весь обслуживающий персонал находится под постоянным медицинским наблюдением.

Продолжительность карантина устанавливается в зависимости от инкубационного периода заболевания, обнаруженного в очаге заражения, и исчисляется с момента изоляции последнего больного.

Если будет установлено, что противник не применял возбудителей чумы, холеры и натуральной оспы, то по распоряжению органов МПВО данного города или района карантин может быть отменен и заменен обсервацией.

Под **обсервацией** понимают проведение в очаге заражения ряда изоляционно-ограничительных и лечебно-профилактических мероприятий, предупреждающих возникновение и распространение инфекционных заболеваний.

**Изоляционно-ограничительные мероприятия**, проводимые при обсервации, практически заключаются в следующем. Ограничивается выход населения из очага заражения и вход на его территорию. В отличие от карантина при обсервации может быть разрешен не только вход в очаг заражения гражданам, работающим на важных промышленных объектах, расположенных на территории этого очага, но также и выход их для отдыха. Кроме того, при обсервации может быть разрешен выход из очага заражения и вход в него для граждан, работающих на важных промышленных объектах, расположенных за пределами этого очага.

Гражданам, которым разрешен выход из очага заражения и вход в него, должны быть сделаны прививки против заболевания, возбудитель которого применен; кроме того, они должны пройти экстренную профилактику, если не проходили ее при карантине. Перед выходом из очага заражения эти граждане проходят также полную санитарную обработку с дезинфекцией белья, одежды и обуви. Выход из очага заражения людей, подозреваемых на заболевание, категорически запрещается.

Вывоз из очага заражения какого-либо имущества и завоз в него продуктов питания и других необходимых предметов осуществляется так же, как при карантине.

После проведения в очаге заражения санитарной обработки и необходимых работ по дезинфекции, дезинсекции и дератизации изоляционно-ограничительные мероприятия, проводимые при обсервации, могут быть отменены органами МПВО.

Обсервация снимается полностью после того, как с момента завершения санитарной обработки и необходимых работ по дезинфекции, дезинсекции и дератизации минует срок, соответствующий максимальному инкубационному периоду заболевания, обнаруженного в очаге заражения.

**Лечебно-профилактические мероприятия**, проводимые в условиях карантина и обсервации, предусматривают экстренную профилактику населения, проживающего или работающего в очаге заражения, и проведение среди граждан в случае необходимости предохранительных прививок (после того, как будет установлен вид примененного возбудителя); выявление инфекционных больных, их изоляцию, госпитализацию и лечение.

**Экстренная профилактика** среди населения, проживающего или работающего в очаге заражения, до того как будет установлен вид примененного возбудителя, проводится с помощью антибиотиков и других лекарственных средств, обладающих профилактическим действием в отношении ряда инфекционных заболеваний, возбудители которых могут быть использованы противником в качестве бактериальных средств (см. раздел I главы IV).

После установления вида примененного возбудителя экстренная профилактика должна быть дополнена применением лечебных сывороток и бактериофагов, а также проведением предохранительных прививок уже против того заболевания, возбудитель которого был применен. Если населению, находящемуся в данном очаге заражения, предохранительные прививки против этого заболевания уже были сделаны, то в случае необходимости могут быть проведены повторные прививки. Необходимость проведения повторных прививок определяется в зависимости от того, когда были проведены последние прививки, и от длительности сохранения иммунитета.

Организацию и практическое проведение мер по экстренной профилактике и предохранительным прививкам осуществляет медицинская служба МПВО.

Несмотря на наличие надежных средств защиты от бактериологического оружия, все же не исключена возможность появления того или иного заболевания. А это может затем вызвать распространение инфекции. Исклю-

чительно важное значение поэтому имеет раннее выявление и изоляция инфекционных больных.

Выявление инфекционных больных и людей, подозрительных на заболевание, должно проводиться не только в лечебных учреждениях, куда они обратятся за помощью, но и непосредственно на дому. Чтобы своевременно выявить инфекционных больных, организуют постоянное медицинское наблюдение за всеми гражданами, проживающими и работающими на территории очага заражения. Медицинское наблюдение осуществляется путем ежедневных обходов всех квартир и жилых помещений, а также промышленных и других предприятий.

Медицинские работники, проводящие обходы до установления в очаге заражения вида примененного возбудителя, а также при обнаружении применения возбудителей чумы, холеры или натуральной оспы, должны находиться в защитных масках (ватно-марлевых повязках), очках, хлопчатобумажных комбинезонах или халатах, резиновых сапогах и перчатках (рис. 31); при обнаружении применения возбудителей других контагиозных заболеваний — в ватно-марлевых повязках и халатах. После проведения обхода они в обязательном порядке каждый раз проходят полную санитарную обработку с дезинфекцией белья, одежды, обуви.

В случае применения возбудителей неконтагиозных заболеваний — при проведении обхода можно ограничиться только надеванием халата.

Все инфекционные больные, выявленные при этих обходах или же во время приема в лечебных учреждениях, должны быть немедленно изолированы и отправлены в инфекционную больницу.

Еще более важно, чтобы заболевший сам вовремя обратился за помощью к врачу при первых же признаках заболевания.

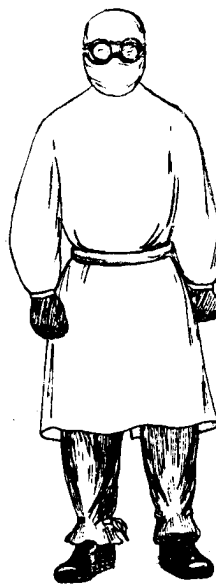


Рис. 31. Защитный костюм медицинского персонала при обходах

**Признаками начала заболевания являются:** резкое повышение температуры, головные боли, общее недомогание и слабость, потеря аппетита, тошнота, рвота, появление поноса и др. Конечно все перечисленные признаки, указывающие на начало какого-либо заболевания, почти никогда не проявляются одновременно, так как для каждой болезни характерны только некоторые из них. Но в условиях бактериологической войны подозрительным служит появление хотя бы одного из указанных признаков.

**Во всех случаях недомогания надо немедленно обратиться к врачу.** Если кто-нибудь из соседей обнаружит заболевшего у себя в квартире или доме, то он должен немедленно сообщить о случившемся начальнику МПВО дома, в лечебное учреждение или медицинским работникам, проводящим обход, для того, чтобы больного могли своевременно отправить в инфекционную больницу.

Если отправка инфекционного больного по каким-либо причинам задержалась и ему придется некоторое время находиться дома, то до определения диагноза заболевания, так же как и при применении противником возбудителей контагиозных заболеваний, во время ухода за больным необходимо строго соблюдать правила предосторожности.

Больного надо поместить в отдельную комнату или же отгородить его постель ширмой, простыней, занавеской (рис. 32). На столике, тумбочке или на стуле около кровати нужно поставить посуду, выделенную исключительно для больного. Посуду покрывают марлей для защиты от пыли и мух.

Больному нельзя пользоваться общей уборной. Все выделения больного надо собирать в плотно закрывающийся сосуд, в котором должно быть постоянно налито некоторое количество дезинфицирующего раствора (20% раствор хлорной извести, 10% раствор лизола или нафтализола).

Верхнюю одежду больного следует уложить в мешок или завернуть в простыню, плотную бумагу и хранить отдельно от всех остальных вещей (тут же, около кровати больного или в его комнате).

Необходимо не допускать появления мух и других насекомых в комнате, где лежит больной.

В квартире нужно провести все меры по текущей де-



Рис. 32. Изоляция больного в домашних условиях

инфекции: у выхода из комнаты и квартиры, где находится больной, положить половик или тряпку, увлажненную дезинфицирующим раствором (3% раствором хлорамина или 5% раствором лизола); двери, ведущие из комнаты больного, протирать тряпками, а дверные ручки обернуть марлей, хорошо смоченной в том же растворе; несколько раз в день мыть полы горячей водой, в которую рекомендуется добавить немного хлорной извести.

Ухаживать за больным должен по возможности определенный человек. При входе в помещение, где находится больной с неизвестным диагнозом или больной чумой, холерой, натуральной оспой, сибирской язвой, сальмонеллезом, мелиоидозом или пситтакозом, а также при оказании помощи больному и при обращении с предметами, которыми он пользуется, следует надевать халат, косынку, защитную маску или ватно-марлевую повязку, противопылевые очки и плотные перчатки. При выходе из помещения, где лежит больной, все эти защитные средства снимают и вешают их за ширмой или простыней; руки тщательно моют 2% раствором хлорамина.

Посуду, которой пользуется больной, обеззараживают кипячением в 2% растворе соды в течение 30 мин. Предметы ухода за больным (грелки, плевательницы, подкладные круги и др.) также необходимо дезинфи-



цировать — обеззараживать кипячением в течение 30 мин. или с помощью 2—3% раствора хлорамина или 5% раствора лизола в воде. Для этого указанные предметы заливают дезинфицирующим раствором на некоторое время или же тщательно несколько раз протирают тряпкой, смоченной в этом растворе; затем их промывают горячей водой с мылом и содой.

После отправки больного в больницу его вещи, а также комнату, где он находился, необходимо подвергнуть дезинфекции (по указанию врача).

Без разрешения врача категорически запрещается всем соприкасавшимся с больным, а также людям, проживающим в одной квартире, посещать другие квартиры или ходить на работу. В квартиру, где имеется больной, запрещен вход посторонним. Все граждане, соприкасавшиеся с больным или проживающие с ним в одной квартире, должны пройти экстренную профилактику. После установления диагноза заболевания по указанию врача им должны быть сделаны соответствующие предохранительные прививки.

При уходе за больным, не представляющим опасности для окружающих, не требуется применять описанные выше меры защиты. В этом случае до отправки больного в больницу осуществляют обычные санитарно-гигиенические мероприятия.

Особенно тщательно нужно следить за тем, чтобы в помещении, где находится больной, не было насекомых, клещей и грызунов.

Для эвакуации инфекционных больных могут быть использованы машины скорой помощи, специально выделенные и приспособленные для этой цели автобусы, троллейбусы, а также грузовые машины. Любой вид транспорта, на котором перевозили больных, должен быть продезинфицирован; дезинфекцию проводят непосредственно на территории больницы. Люди, сопровождавшие больных контактно-заразными заболеваниями, должны пройти полную санитарную обработку с дезинфекцией белья, одежды и обуви.

Инфекционных больных нужно госпитализировать в лечебные учреждения, расположенные в пределах очага заражения или вблизи него. Если на территории очага заражения (или вблизи него) нет лечебных учреждений или же их недостаточно, может быть разрешена эвакуа-

дия инфекционных больных в больницы, расположенные за пределами очага заражения (в некоторых случаях даже в соседние города).

При эвакуации инфекционных больных за пределы очага заражения устанавливают специальные маршруты, по которым должен следовать транспорт с больными. На границе очага заражения должны быть развернуты площадки для дезинфекции санитарного транспорта, выходящего из очага. Лица, сопровождающие больных, обеспечиваются специальной одеждой и дезинфекционными средствами.

Если в очаге заражения появились больные чумой, холерой или натуральной оспой, то, чтобы исключить малейшую возможность распространения этих заболеваний, инфекционные больницы развертывают непосредственно в пределах очага заражения на базе других лечебных учреждений. Эвакуация больных чумой, холерой или натуральной оспой в больницы, расположенные вне очага заражения, допускается только в исключительных случаях.

## 2. САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ

Санитарная обработка проводится для того, чтобы удалить или обезвредить болезнетворные микробы и токсины, попавшие на тело человека. Для проведения санитарной обработки используются горячая вода, мыло и дезинфицирующие растворы.

Под дезинфекцией понимают уничтожение болезнетворных микробов и разрушение токсинов, попавших на одежду, обувь, имущество, различные сооружения и местность. Дезинфекция проводится с помощью химических и физических способов при широком использовании технических средств. При химических способах применяют дезинфицирующие вещества; при физических способах — горячую воду, пар, растворители, ультрафиолетовые лучи.

Санитарная обработка и дезинфекция могут выполняться частично или в полном объеме и соответственно подразделяются на *частичную* и *полную*. Организация и проведение полной санитарной обработки и дезинфекции одежды, белья и обуви осуществляются городской (районной) службой санитарной обработки людей и обеззараживания одежды. Частичную санитарную обра-

ботку население проводит самостоятельно, немедленно после поражения бактериальными средствами.

**Порядок и приемы частичной санитарной обработки.**  
Вначале щеткой или веником производят механическую чистку или обметание одежды и обуви (рис. 33,*а*); про-



Рис. 33. Приемы частичной санитарной обработки:  
*а* — обметание одежды и обуви щеткой или веником; *б* — обработка противогАЗа дезинфицирующим раствором; *в* — вытряхивание одежды; *г* — обработка открытых участков тела

тивногазовую сумку (предварительно вынув из нее коробку) вытряхивают, а противогазовую коробку и лицевую часть обрабатывают дезинфицирующим раствором (рис. 33,б). Затем, не снимая противогаза, нужно снять и тщательно вытряхнуть одежду, став спиной к ветру (рис. 33,в), снова вычистить ее веником или щеткой и надеть. При снятии и надевании одежды необходимо следить, чтобы открытые участки тела не соприкасались с наружной поверхностью одежды.

После этого открытые участки тела обработать дезинфицирующим раствором. В качестве таких растворов можно использовать жидкость из индивидуального противохимического пакета или 2% раствор хлорамина в воде (рис. 33,г).

**Население, находящееся в очаге заражения, независимо от применявшихся средств защиты и проведения частичной санитарной обработки, в обязательном порядке должно пройти полную санитарную обработку с дезинфекцией белья, одежды и обуви.** Полную санитарную обработку проходят также личный состав всех формирований МПВО и граждане, привлекавшиеся к выполнению каких-либо работ в очаге заражения.

**Полная санитарная обработка людей и обеззараживание их одежды** производится на стационарных обмывочных пунктах (СОП); в санитарных пропускниках, а также в специально оборудованных банях, оснащенных стационарными или подвижными дезинфекционными установками.

При полной санитарной обработке производят обеззараживание открытых участков тела дезинфицирующим раствором и обмывание всего тела горячей водой с мылом. Одновременно с этим осуществляется полная дезинфекция белья, одежды и обуви. Порядок действий при прохождении полной санитарной обработки указан ниже.

Вначале всех прибывших людей направляют на грязную половину, где перед входом в раздевальное отделение они снимают и складывают на настилы верхнюю одежду, головные уборы и, если она была, защитную одежду; обувь протирают дезинфицирующим раствором. После этого люди переходят в раздевальное отделение, где снимают противогаз (или защитную маску), одежду и нижнее белье; руки до локтей, лицо и шею обрабаты-

вают тампонами, смоченными в 2% растворе хлорамина. Только после этого людей направляют в обмывочное отделение, где они получают мыло и мочалку из мягкого материала или ветоши.

Около каждой душевой сетки одновременно могут обмываться два человека. Обмывание следует производить в определенной последовательности. В первую очередь тщательно (несколько раз) моют руки, затем голову, лицо и шею, ополаскиваясь после каждого намыливания чистой водой. Только после этого переходят к обмыванию всего тела. Особенно тщательно следует намыливать и промывать волосяные покровы. После каждого намыливания тело надо ополоснуть чистой водой.

Весь цикл обмывания под душем продолжается примерно 15—20 мин. За это время белье, одежда и обувь должны быть продезинфицированы. Для этого обслуживающий персонал (одетый в защитную одежду и противогаз) собирает снятую одежду и другие вещи, оставленные в раздевальной, привязывает к ним бирки, складывает в мешки и переносит к дезинфекционным установкам (камерам).

В тех случаях, когда одежда, белье и обувь заражены споровыми формами микробов, цикл обеззараживания продолжается значительно дольше, чем обмывка людей. Это вызывает необходимость предусмотреть при организации полной санитарной обработки наличие дополнительных помещений для ожидания и одевания.

Мочалки и ветошь после использования обеззараживаются кипячением.

При проведении полной санитарной обработки в коммунальных квартирах (при наличии ванной и душа) порядок обмывания остается тот же. Снятые зараженные белье, обувь и одежду до обмывания необходимо сложить в плотный мешок, а после обмывания надеть чистое белье, одежду и обувь. Мешок с зараженной одеждой надо сдать для дезинфекции на станцию дегазации одежды (СДО).

### **3. ДЕЗИНФЕКЦИЯ ТЕРРИТОРИИ, СООРУЖЕНИЙ И ТРАНСПОРТА**

Дезинфекция территории, сооружений и транспорта в очаге заражения осуществляется формированиями МПВО — силами и средствами службы обеззараживания

территории и сооружений. Дезинфекцию жилых помещений, лестничных клеток и коридоров жилых домов, а также предметов домашнего обихода могут проводить сами жильцы.

Для этого используются различные дезинфицирующие вещества: хлорная известь, двухвалентная соль гипохлорита кальция, хлорамины, дихлорамины, хлористый сульфурил, едкий и сернистый натр, лизол, нафтализол, формалин и некоторые другие.

**Хлорная известь** — сыпучий порошок белого или слегка желтоватого цвета с запахом хлора. В воде растворяется плохо, с образованием осадка и мути. Хлорная известь обесцвечивает и разрушает ткани, портит обувь, вызывает ржавление металлов. Эти свойства хлорной извести требуют осторожного обращения с ней. При хранении она нестойка, особенно в открытом виде, и быстро теряет свои дезинфицирующие свойства.

Хлорную известь используют только в теплое время года (не ниже  $+5^{\circ}$ ) в виде 10—20% водных растворов, называемых «хлорноизвестковым молоком», и в виде осветленных растворов различной концентрации. 10% хлорноизвестковое молоко применяют для дезинфекции наружных поверхностей зданий и сооружений. Для приготовления 10% хлорноизвесткового молока берут 1 кг сухой хлорной извести и растворяют в ведре воды.

20% хлорноизвестковое молоко применяют для дезинфекции местности. Для приготовления 20% хлорноизвесткового молока в ведре воды растворяют 2 кг сухой хлорной извести.

Для дезинфекции местности применяют также сухую хлорную известь с последующей поливкой водой.

Осветленные растворы хлорной извести используют для дезинфекции жилых и служебных помещений (0,2—0,5% растворы), железнодорожных вагонов и помещений для животных (2—5% растворы), зараженных неспорными формами микробов.

Осветленные 0,2—5% растворы хлорной извести готовят непосредственно перед их применением из основного 10% осветленного раствора хлорной извести путем добавления к нему определенного количества воды. Для приготовления основного раствора берут 10% хлорноизвестковое молоко и отстаивают его в темном месте до полного осветления. Полученный прозрачный раствор осто-

рожно сливают и хранят в темном месте (не более 5 дней).

Водную кашу хлорной извести, приготовленную путем смешивания одного объема хлорной извести с одним объемом воды, применяют для дезинфекции деревянных, бетонных и кирпичных поверхностей, а также резиновых и грубых металлических изделий.

**Двевретисоная соль гипохлорита кальция (ДТС-ГК)** по внешнему виду и свойствам напоминает хлорную известь, но в отличие от нее обладает более высоким дезинфицирующим действием.

10—20% осветленные водные растворы ДТС-ГК используют для дезинфекции местности. Кашу, приготовленную путем тщательного смешивания одного объема ДТС-ГК с двумя объемами воды, применяют для тех же целей, что и кашу хлорной извести. Так же, как и хлорная известь, ДТС-ГК используется только в теплое время года.

**Хлорамины Б и Т** — белые или слегка розоватые порошки со слабым запахом хлора. Хорошо растворяются в воде и не растворяются в органических растворителях.

3% водный раствор хлорамина применяют для дезинфекции внутренних жилых помещений и предметов домашнего обихода, зараженных неспоровыми формами микробов. 10% водный раствор хлорамина можно использовать для дезинфекции помещений, зараженных споровыми формами микробов.

Для приготовления раствора нужное количество хлорамина добавляют к воде (например, для приготовления 10% раствора 1 кг хлорамина растворяют в 9 л воды — примерно в одном ведре).

**Дихлорамины Б и Т** — белые или слегка желтоватые кристаллы с запахом хлора. В воде не растворяются, хорошо растворяются в дихлорэтане, четыреххлористом углероде и других подобных растворителях. 10% растворы дихлорамина в дихлорэтане применяются в зимнее время для дезинфекции небольших участков местности, оборудования, транспорта и т. п.

Для приготовления 10% раствора берут 1 кг дихлорамина, высыпают в ведро, куда наливают 9 л дихлорэтана; после этого смесь перемешивают в течение 10—15 мин.

**Хлористый сульфурил** — тяжелая жидкость зеленоватого или коричневого цвета. Сильно дымит на воздухе,

особенно летом, так как легко испаряется. Обладает резким раздражающим запахом и вызывает кашель и слезотечение. Капли хлористого сульфурила, попадая на кожу человека, вызывают сильные ожоги. Хлористый сульфурил разрушает ткани и обувь. В воде не растворяется, хорошо растворяется в дихлорэтаноле и других органических растворителях. Опасен в обращении.

50% растворы хлористого сульфурила в дихлорэтаноле применяются в зимнее время для дезинфекции местности.

**Дихлорэтан**, используемый для приготовления рабочих растворов дихлораминов и хлористого сульфурила, представляет собой прозрачную слегка зеленоватую жидкость с приторным запахом. В воде растворяется плохо, обладает раздражающим действием; при попадании внутрь может вызвать тяжелое отравление.

**Едкий натр (каустическая сода)** представляет собой белые куски или мелкие чешуйки. Хорошо растворяется в воде. Концентрированные растворы разрушают ткани и обувь, разъедают кожу человека.

Применяется в виде 10% водного раствора для дезинфекции местности, зараженной токсинами, при температуре от  $-5^{\circ}$  и выше.

**Сернистый натр** представляет собой твердую массу серовато-желтого или серовато-коричневого цвета. Хорошо растворяется в воде и не растворяется в органических растворителях (дихлорэтаноле и др.). Водные растворы сернистого натра разрушают одежду, обувь и вызывают поражение кожи человека.

Применяется в виде 10% водного раствора для дезинфекции местности, зараженной токсинами, при температуре от  $-5^{\circ}$  и выше.

**Лизол** — красно-бурая маслянистая жидкость с неприятным запахом, легко растворимая в воде. 5% раствор лизола в воде используют для дезинфекции обуви, кожаных и резиновых изделий, зараженных неспорными формами микробов.

5% горячие водные растворы лизола используют для дезинфекции помещений и мебели (кроме полированной и покрытой лаком). 3% раствор лизола можно употреблять для дезинфекции белья (замачивая его в течение одного часа).

**Нафтализол** применяется в виде 5—10% водных растворов для тех же целей, что и лизол.



**Формалин (35—40% раствор формальдегида в воде)** — прозрачная бесцветная жидкость с резким запахом. Формалин вызывает раздражение глаз и дыхательных путей; вдыхание паров формалина опасно и может вызвать отравление. Применяется в виде 1—10% растворов в воде для дезинфекции помещений, одежды и мягких домашних вещей, зараженных неспоровыми формами микробов.

Эффективным средством для дезинфекции различных объектов, зараженных споровыми формами микробов, является 17—20% раствор формальдегида, к которому добавлено 10% (по весу) хлорамина. Для того чтобы приготовить такой раствор, надо стандартный раствор формалина (то есть 35—40% раствор формальдегида в воде) развести водой в соотношении 1:1 (один объем стандартного раствора и один объем воды); затем к такому разбавленному раствору добавить хлорамин из расчета на 1 л раствора 100 г хлорамина.

**В качестве технических средств для дезинфекции формирования МПВО** используют различные дегазационные машины и приборы; кроме того, могут применяться различные машины коммунальной техники, дорожного хозяйства и другие. Группы самозащиты для этих же целей имеют сито-носилки, гидропульты, кисти, метлы, лопаты, ведра.

Для дезинфекции местности употребляются прибор дегазации местности, подвесной дегазационный прибор, сеющий возимый дегазационный прибор, а также сито-носилки. Эти приборы предназначены для работы с сыпучими дезинфицирующими веществами и материалами, например с сухой хлорной известью. Из машин коммунальной техники для рассыпания сухой хлорной извести могут быть с успехом использованы пескоразбрасыватели.

При дезинфекции местности, зданий и сооружений с помощью дезинфицирующих растворов специальные (дегазационные) формирования МПВО используют в основном машины коммунальной техники (поливо-моечные, ассенизационные). В группах самозащиты для этих же целей применяют гидропульты и различные подручные средства.

В зимнее время для снятия верхнего зараженного слоя снега могут широко применяться снегоуборочные

машины, грейдеры, скреперы, бульдозеры, снегоочистители. Эти же машины, за исключением снегоочистителей, пригодны для снятия верхнего зараженного слоя грунта.

Для обработки дезинфицирующими растворами транспорта, оборудования, мебели и различных предметов, внутренних помещений жилых и производственных зданий формирования МПВО используют ранцевые дегазационные приборы. В группах самозащиты с этой же целью применяют гидропульты с резиновыми шлангами и распылителями, а также кисти и другие подручные средства.

Дезинфекционные работы в очаге заражения проводятся в определенной очередности. **В первую очередь** дезинфицируют ту часть территории или населенного пункта, которая необходима для восстановления нормальной жизнедеятельности города (проходы и проезды по улицам, площадям, дворам и территории важных промышленных объектов, лечебных учреждений, продовольственных складов, магазинов и т. п.), а также необходимые транспортные средства. **Во вторую очередь** производят дезинфекцию наружных поверхностей зданий и сооружений; **в третью** — дезинфицируют внутренние помещения, оборудование, мебель и различные предметы домашнего обихода.

Применение того или иного способа дезинфекции и сроки выполнения работ в очаге заражения зависят от наличия сил (количества и численности личного состава формирований МПВО) и средств (количества приборов и дезинфицирующих веществ), вида примененного возбудителя, метеорологических условий и размеров очага заражения. Если вид возбудителя не установлен, то во всех случаях дезинфекционные работы необходимо выполнять так же, как при заражении спорowymi формами микробов.

**Дезинфекцию территории города или населенного пункта** начинают с обработки воронок, образовавшихся в результате падения и разрыва бактериальных авиабомб и других боеприпасов. В воронку насыпают сухую хлорную известь (из расчета 3—5 кг на 1 м<sup>2</sup>); после дезинфекции воронку засыпают землей.

Для дезинфекции местности и городской территории (площадей, улиц, дворов и т. д.) в летних условиях при

ветре не более 5 м/сек употребляют сухую хлорную известь с последующей поливкой водой. Норма расхода хлорной извести 0,5 кг на 1 м<sup>2</sup> зараженной площади; норма воды 1 л на 1 м<sup>2</sup>.

В летних условиях можно также использовать 10 или 20 % растворы дветретиосновной соли гипохлорита кальция или 20 % растворы хлорной извести со следующими нормами расхода: 10 % раствор ДТС-ГК и 20 % раствор хлорной извести используются для дезинфекции местности, зараженной неспоровыми формами микробов из расчета 1 л на 1 м<sup>2</sup>; при заражении споровыми формами микробов норма расхода 20 % раствора ДТС-ГК или хлорной извести 2 л раствора на 1 м<sup>2</sup>.

При заражении местности токсинами для дезинфекции применяют также 10 % водные растворы едкого или сернистого натра.

Дезинфекцию открытого грунта можно производить снятием верхнего зараженного слоя грунта на глубину 3—4 см (при работе лопатами), а при использовании дорожных машин — не менее 7—8 см.

В зимнее время наиболее простым способом дезинфекции является удаление верхнего зараженного слоя снега (уплотненного — на глубину 3—4 см, а рыхлого — до 20 см).

Снятые таким образом зараженные грунт и снег в дальнейшем вывозят за город, на специально отведенные площадки, где подвергают окончательной дезинфекции.

При необходимости произвести дезинфекцию небольших участков местности в зимних условиях можно использовать 50 % раствор хлористого сульфурила или 10 % раствор дихлорамина в дихлорэтано со следующими нормами расхода: при заражении споровыми формами микробов 2 л раствора на 1 м<sup>2</sup> зараженной поверхности, а при заражении неспоровыми формами микробов — 1 л на 1 м<sup>2</sup>.

**Дезинфекцию транспорта** (как частичную, так и полную) производят на станциях дегазации транспорта (СДТ) или на временных площадках дезинфекции транспорта (ВПДТ).

При частичной дезинфекции транспорта обезвреживанию подвергаются только те части и детали машин, с которыми в процессе работы постоянно соприкасается обслуживающий персонал (двери, внутренняя часть каби-

ны, приборы управления и т. п.). Поэтому частичная дезинфекция не гарантирует полного обеззараживания. Частичную дезинфекцию производит обслуживающий персонал машины, трамвая, автобуса и другого вида транспорта.

При первой же возможности должна быть организована полная дезинфекция транспорта, заключающаяся в обеззараживании всех поверхностей и частей машины (предварительно очищенных от грязи). При заражении спорowymi формами микробов для дезинфекции транспорта употребляют 10% раствор хлорамина в 17—20% растворе формальдегида, при заражении неспорowymi формами могут быть использованы 3% растворы хлорамин, 2—5% осветленные растворы хлорной извести, 10% растворы формалина, 5% растворы лизола или нафтализолола, а в зимнее время — 10% раствор дихлорамин в дихлорэтане.

Зараженные поверхности обрабатывают путем разбрызгивания дезинфицирующих растворов или тщательным обтиранием щетками, тряпками, ветошью, смоченными в этих растворах.

Металлические части рекомендуется смачивать слегка, а щели, пазы, деревянные части, кожаную и тканевую обивку — более обильно. Чтобы избежать появления ржавчины, через полтора-два часа после окончания дезинфекции необходимо почистить и смазать металлические части и детали, а деревянные и другие части — тщательно протереть сухими тряпками и ветошью.

**Наружные поверхности зданий и сооружений** дезинфицируют обрызгиванием их дезинфицирующими растворами. Для этого используют поливомоечные машины (снабженные специальными шлангами с распылителями), ранцевые дегазационные приборы, гидропульты и автомаксы. Дезинфекцию начинают с крыши и производят сверху вниз. Многоэтажные сооружения, как правило, обрабатывают на высоту до 6 м (примерно два этажа). Выше этого уровня дезинфицируют лишь те поверхности зданий, с которыми могут соприкасаться люди.

Для уничтожения спорowych форм микробов при дезинфекции зданий применяют 10% раствор хлорной извести или 10% раствор хлорамина; осуществляют это путем трехкратного орошения с интервалом 15—20 мин. Норма расхода при каждом орошении 0,3 л на 1 м<sup>2</sup> за-

раженной поверхности. При заражении неспорowymi формами микробов употребляют 0,2—0,5% осветленные растворы хлорной извести, 3% растворы хлораминов, 3—5% растворы фенола, а также 5% растворы лизола или нафтализола (с нормой расхода 0,5 л на 1 м<sup>2</sup>).

Если дезинфицирующих веществ недостаточно, наружные поверхности зданий и сооружений можно обмыть сильной струей воды из брандспойтов или использовать для этих же целей поливо-мочные и пожарные машины, мотопомпы и ручные пожарные насосы.

После окончания работ территорию вокруг зданий и сооружений необходимо тщательно продезинфицировать.

**Для дезинфекции внутренних помещений (жилых и служебных)** применяют в основном те же дезинфицирующие растворы и с теми же нормами расхода, что и для обработки наружных поверхностей зданий. Дезинфекцию пола, стен, потолков и дверей осуществляют с помощью гидропультов, ранцевых дегазационных приборов или же путем протирания щетками и тряпками, смоченными дезинфицирующим раствором. Обработку начинают с потолка. Помещения можно также дезинфицировать парами формальдегида.

**Дезинфекцию жилых помещений, коридоров, лестничных клеток и всех домашних вещей** могут производить сами жильцы. Перед началом дезинфекции квартиры в первую очередь надо собрать одежду, белье, обувь и различные мягкие вещи (подушки, одеяла, занавеси, ковры). Белье и одежду из хлопчатобумажных тканей дезинфицируют кипячением с содой или щелоком в течение двух часов в обычных стиральных баках. Одежду, обувь и все мягкие предметы, которые нельзя кипятить, складывают в плотные мешки и сдают для дезинфекции на станцию дегазации одежды. Столовую и кухонную посуду обрабатывают также кипячением в 2% водном растворе соды в течение двух часов с момента закипания (рис. 34).

После кипячения белье следует выстирать обычным способом, а посуду — несколько раз ополоснуть горячей чистой водой. При заражении неспорowymi формами микробов кипячение производят 30 мин.

После этого приступают к дезинфекции помещений квартиры, затем обрабатывают коридоры, лестницы и лестничные клетки. Дезинфекцию комнаты и других по-

мешений квартиры и лестничных клеток начинают с потолка (рис. 35,а); стены обрабатывают сверху вниз (рис. 35,б). В последнюю очередь дезинфицируют полы (рис. 35,в) и находящиеся в квартире столы, стулья, шкафы, кровати и т. п. (рис. 35,е).

Комнаты и другие помещения, а также мебель дезинфицируют протираем тряпками, ветошью, щетками, смоченными дезинфицирующим раствором: 3% раствором хлорамина, 0,2—0,5% осветленным раствором хлорной извести или 5% раствором лизола или нафтализола, а при заражении споровыми формами микробов — 10% раствором хлорной извести или 10% раствором хлорамина; в последнем случае обработка производится трехкратно с интервалами 15—20 мин.

Через два часа после окончания дезинфекции потолки, стены и полы, а также всю мебель и различные предметы домашнего обихода необходимо протереть мокрыми тряпками с мылом, вымыть горячей водой и насухо протереть.

Все использованные при этих работах материалы (тряпки, ветошь и т. п.) надо собрать и сжечь на дворе или на улице.

При дезинфекционных работах необходимо соблюдать меры безопасности. Личный состав формирований МПВО работает в защитной одежде. При дезинфекции квартиры и домашних вещей нужно надеть халат, перчатки, резиновые сапоги или калоши. Для защиты органов дыхания следует использовать противогаз, а при его отсутствии — защитную маску или ватно-марлевую повязку и противопылевые очки. Во время работ категорически запрещается курить, пить воду и принимать пищу.

После окончания дезинфекционных работ личный состав формирований МПВО, а также население, принимавшее участие в тех или иных работах по дезинфекции,



Рис. 34. Дезинфекция посуды



Рис. 35. Приемы дезинфекции жилой комнаты:  
а — обработка потолка; б — стен; в — пола; г — мебели  
в обязательном порядке проходят полную санитарную  
обработку с дезинфекцией одежды, белья и обуви.

#### 4. ДЕЗИНСЕКЦИЯ И ДЕРАТИЗАЦИЯ

Под дезинсекцией понимают уничтожение насекомых и клещей; под дератизацией — истребление грызунов.

Дезинсекцию осуществляют с помощью химических и физических способов, а также всеми возможными механическими способами с использованием подручных средств.

При физическом способе применяют горячий воздух, водяной пар, горячую воду, огонь. Химический способ заключается в использовании инсектицидных препаратов, из которых наибольшее значение имеют препараты ДДТ и гексахлорана.

ДДТ представляет собой сероватое вещество. В воде не растворяется, но хорошо растворяется в керосине, ацетоне, четыреххлористом углероде и других органических растворителях.

Гексахлоран — белое или слегка сероватое кристаллическое вещество со специфическим запахом плесени. Обладает теми же свойствами, что и ДДТ.

Из ДДТ и гексахлорана готовят дусты (порошки), эмульсии (растворы в органических растворителях), суспензии (водные взвеси), пасты, дымовые шашки, аэрозольную бумагу, специальное мыло.

Препараты ДДТ и гексахлорана, особенно их растворы в органических растворителях, требуют осторожного обращения: во время работы с ними не разрешается курить, пить и принимать пищу; работы следует выполнять в средствах защиты — защитной маске или ватно-марлевой повязке и противопылевых очках, халате или комбинезоне, перчатках. Нельзя хранить эти препараты в одном помещении с продуктами питания.

При обнаружении насекомых на теле надо немедленно вымыться теплой водой с мылом ДДТ, а участки тела, покрытые волосами, смазать специальными мазями (или сбрить волосы). Если на теле обнаружены присосавшиеся клещи, то нужно немедленно обратиться за помощью к медицинским работникам.

Для уничтожения насекомых на теле животных волосистые покровы или шерсть посыпают порошком ДДТ.

Дезинсекцию белья и одежды производят в дезинфекционных камерах. Для уничтожения насекомых, появившихся в мебели, кроватях, постельных принадлежностях, белье и одежде, можно распылять дуст ДДТ с помощью специальных распылителей. Еще более просто распыление производить ручным способом. Для этого дуст ДДТ насыпают в марлевый мешочек, из которого порошок



равномерно рассыпают на поверхности предмета или ткани, зараженных насекомыми. Для полной обработки одного комплекта белья, одежды и постельных принадлежностей с одной кровати требуется 120—150 г 10% дуста ДДТ.

Можно также уничтожать насекомых при помощи кипячения хлопчатобумажного белья и одежды, зараженных насекомыми, или же замачиванием белья в 1—2% эмульсии ДДТ (на 5—20 мин.).

Чтобы уничтожить насекомых и клещей, появившихся в жилых помещениях, применяют дусты ДДТ и гексахлорана. Эти препараты распыливают по поверхности стен, пола, мебели, предметов домашнего обихода. Особенно тщательно надо обработать щели и плинтусы. Для такой дезинсекции требуется 1—1,5 г дуста на 1 м<sup>2</sup>.

Внутри помещений летающих насекомых (мух, москитов, комаров) уничтожают также путем сжигания в комнате аэрозольной бумаги. Для этого через комнату (по диагонали) протягивают проволоку на высоте 1,5—2 м от пола; листы бумаги с помощью крючков развешивают на проволоке и зажигают. После сгорания бумаги помещение закрывают на 1 час и затем проветривают. При этом необходимо соблюдать меры пожарной безопасности (убрать из-под проволоки мягкие и легкозагорающиеся предметы и мебель, на полу под проволокой положить листы железа или противни с песком и т. п.).

Убитых насекомых и клещей следует собрать на железный совок или лист, вынести на двор или улицу и сжечь.

Для того чтобы насекомые не залетали в жилые и другие помещения, рекомендуется защищать окна мелкой сеткой или марлей. Окна жилых помещений хорошо завешивать марлей, смоченной эмульсией ДДТ или гексахлорана; этой же эмульсией рекомендуется обрабатывать наружные поверхности стен около окон и дверей, рамы и поверхности дверей.

Чтобы предупредить проникновение клещей в жилые помещения, рекомендуется пол (на ширину до 50 см от стены) и нижнюю часть стен (примерно на 1,5—2 м от пола) обрабатывать (промывать) водными взвесями гексахлорана из расчета 3—4,5 г препарата на 1 м<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности.

Скопления насекомых и клещей на территории города или населенного пункта уничтожаются формированиями МПВО, дезинфекционными станциями, дезинфекционными отделениями санитарно-эпидемиологических станций; при этом используются химические вещества, машины и приборы. Для проведения дезинсекции в больших масштабах (при заражении больших площадей) могут быть использованы самолеты или вертолеты, на которых устанавливается специальная аппаратура. В некоторых случаях насекомых на местности уничтожают путем выжигания растительности ( в данном случае надо строго соблюдать правила пожарной безопасности).

**Дератизацию** осуществляют с помощью химических и механических способов. Химический способ заключается в применении отравленных приманок, опылении нор грызунов дератизационными ядами или затравливании грызунов хлорпикрином или другими ядовитыми газами.

Истребление грызунов химическими способами производят специальные формирования медицинской службы МПВО.

При механическом способе грызунов вылавливают капканами, ловушками, давилками и т. п. Грызунов, выловленных в жилых помещениях, убивают, а трупы их сжигают. Все орудия лова и сбора грызунов обеззараживают 3% раствором лизола или же кипячением в 1% водном растворе соды.

##### **5. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Вода и продукты питания, зараженные бактериальными средствами, могут быть пригодны к употреблению только после надежного обеззараживания.

Обеззараживание воды в городских и промышленных системах водоснабжения, источников воды и складских запасов продуктов питания осуществляется теми организациями и объектами, в ведении которых они находятся.

На очистных сооружениях систем водоснабжения воду обычно обеззараживают хлорированием, которое проводится в соответствии со специальными инструкциями.

Воду из шахтных колодцев, зараженных или подозреваемых на заражение бактериальными средствами, можно употреблять только после дезинфекции и очистки ко-

лодцев и лишь в тех случаях, когда невозможно получить воду из других источников. Зараженные шахтные (срубовые) колодцы, как правило, закапывают.

Дезинфекцию колодца начинают с обработки сруба (изнутри и снаружи) 10—20% раствором хлорной извести. Затем к воде, имеющейся в колодце, добавляют раствор хлорной извести (из расчета 200 г хлорной извести на 1 м<sup>3</sup> воды) и тщательно перемешивают его с водой. После этого колодец закрывают крышкой и оставляют на 6—8 час. На расстоянии не менее 20 м от колодца вырывают яму глубиной 0,5 м. Через 6—8 час. воду из колодца вычерпывают и производят очистку дна. Извлеченные из колодца грязь и ил переносят в яму, заливают 20% раствором хлорной извести и закапывают. Воду из колодца, продезинфицированного таким способом, можно употреблять только после кипячения.

Кипячение является наиболее простым и доступным способом обеззараживания воды. При заражении воды споровыми формами микробов кипячение необходимо производить в течение одного часа; при заражении неспоровыми формами — в течение не менее 30 мин.

Посуду для хранения воды обеззараживают следующим образом. Заполняют на два часа 2% раствором хлорной извести; снаружи посуду протирают 10—20% раствором хлорной извести. После этого тщательно промывают горячей водой. Графины, бидоны, фляги и т. п. обеззараживают кипячением в 2% водном растворе соды в течение двух часов, а при заражении неспоровыми формами — 30 мин. После кипячения их также промывают горячей водой.

Все продовольствие в очаге заражения, за исключением продуктов, хранящихся в герметической укупорке или на герметизированных складах, следует считать подозрительным на заражение бактериальными средствами. Поэтому нельзя использовать продовольствие, находящееся на складах и в магазинах, расположенных в очаге заражения, без разрешения медицинской службы МПВО. Такое разрешение может быть дано после проведения лабораторных исследований и необходимых работ по обеззараживанию. Индивидуальные запасы продуктов питания, хранившиеся у населения без соблюдения необходимых мер защиты, подлежат уничтожению.

Обеззараживание продуктов питания производится различными способами, которые зависят от характера самого продукта, его укупорки, а также от вида примененного возбудителя.

Консервы и продукты, находящиеся в герметически закрытой металлической или стеклянной таре (банках, бочках и т. п.), можно употреблять в пищу после обеззараживания наружных поверхностей тары. Для этого металлическую и стеклянную тару протирают снаружи тряпками или ветошью, смоченными в дезинфицирующих растворах. В случае заражения споровыми формами микробов используют двукратное протирание 10% раствором хлорамина в 17—20% растворе формальдегида, а при заражении неспоровыми формами микробов — 3—5% раствором формальдегида или хлорамина. Через 30 мин. после дезинфекции обработанные наружные поверхности банок следует промыть горячей водой.

Металлическую укупорку можно продезинфицировать также кипячением в 2% растворе соды в течение 30 мин. (в случае заражения неспоровыми формами микробов); при заражении споровыми формами срок кипячения увеличивается до двух часов.

Стеклянную укупорку кипятить не рекомендуется.

Большие количества металлических или стеклянных банок с продуктами целесообразно обеззараживать паром в дезинфекционных камерах при температуре 100—110°. Для полного обеззараживания в случае заражения споровыми формами микробов требуется 90 мин., а при заражении неспоровыми формами — 40 мин.

Наружные поверхности деревянной тары (бочек, ящиков и т. п.), зараженные споровыми формами микробов, обеззараживают обрызгиванием 20% раствором хлорной извести (из расчета 1 л раствора на 1 м<sup>2</sup> тары), причем обработку производят не менее трех раз, с интервалами между каждой обработкой в 15—20 мин. При заражении неспоровыми формами микробов используют 5% водный раствор хлорной извести с последующим протиранием тары ветошью, смоченной в этом же растворе. Через 30 мин. после обработки деревянную тару моют горячей водой. При обработке деревянной тары надо следить за тем, чтобы дезинфицирующие вещества не попали на продукты, так как это может вызвать их порчу.

Обеззараживание мяса и рыбы производится обычно путем кипячения в течение 2 час. с момента закипания воды; причем куски мяса должны быть весом не более одного килограмма.

Жиры обеззараживаются нагреванием; при этом температура их должна быть доведена до 100°. Продолжительность нагревания при заражении неспоровыми формами микробов — 30 мин.

Продукты питания, которые нельзя подвергнуть кипячению или варке без изменения их вкусовых и питательных свойств, подлежат переработке или уничтожению. Переработку и уничтожение продуктов производят в соответствии со специальными инструкциями.

**Юлия Александровна Лебедева, Владимир Александрович  
Серебряков**

**БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ ИНОСТРАННЫХ АРМИЙ  
И ЗАЩИТА ОТ НЕГО**

Редактор *М. Д. Каневская*, Техн. ред. *В. Н. Герасимова*

Г-30503. Сдано в набор 9/IV—57 г. Подпис. к печ. 1/X—57 г.

Бумага 84×108<sup>1/32</sup> Тираж 65 000 экз. Изд. № 1/1106

3,75 физ. п. л.=6,150 усл. п. л. Уч.-изд. л.=6,050. Цена 2 руб.

Издательство ДОСААФ, Москва Б-66. Ново-Рязанская д., 26

Типография изд-ва ДОСААФ, г. Тушино. Зак. 1500

---

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

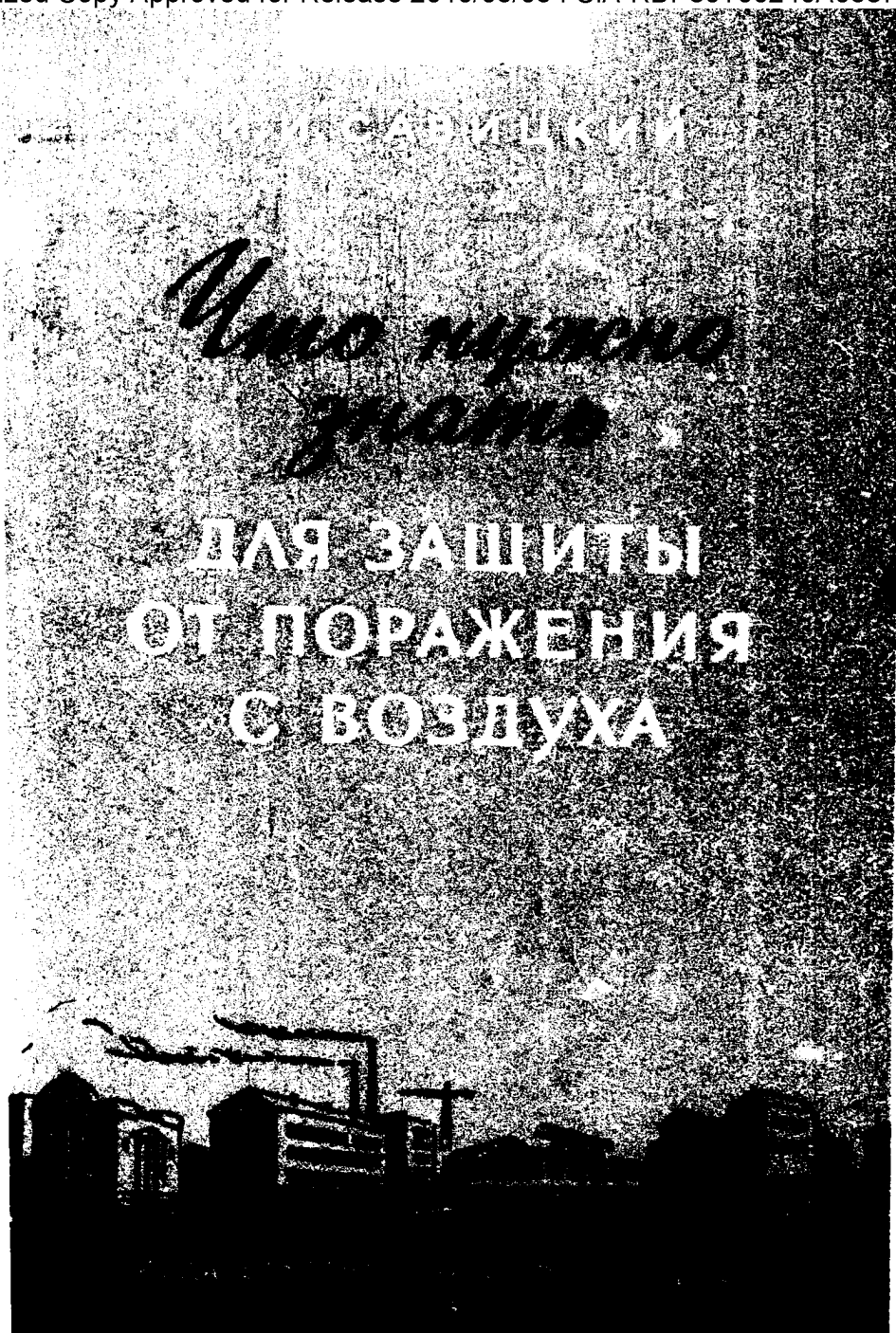
**Цена 2 py6.**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

*Что нужно  
знать*



Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9





Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

И. И. САВИЦКИЙ

ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
ОТ ПОРАЖЕНИЯ С ВОЗДУХА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ  
МОСКВА — 1957

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

#### ПРЕДИСЛОВИЕ

Коммунистическая партия и Советское правительство неуклонно и последовательно проводят политику мира и дружбы между народами всех стран, стоят за ослабление напряженности международной обстановки. Все прогрессивное человечество поддерживает эту миролюбивую политику нашей страны.

Однако в капиталистических странах существуют враждебные силы, которые хотят помешать нам идти по избранному пути, готовятся развязать новую мировую войну, использовать величайшее открытие человечества — атомную энергию — в качестве оружия массового уничтожения.

Это обязывает весь советский народ быть бдительным, помнить все тяготы и огромные жертвы прошлой войны, быть готовым к защите своей социалистической Родины.

Каждый советский человек должен знать современные средства поражения с воздуха и меры защиты от них.

Первые атомные бомбы, сброшенные американцами в 1945 г. на японские города Хиросима и Нагасаки, вызвали среди населения этих городов большие жертвы. Это было следствием не только большой разрушительной силы атомных бомб, но и следствием неожиданности их применения и неподготовленности жителей к противоатомной защите. В городах и селах Корси, на которые бомбардировочная авиация интервентов сбрасывала фугасные и зажигательные бомбы, имелись также жертвы и особенно там, где население не было подготовлено к защите.

В настоящее время существуют достаточно надежные средства защиты от всех видов современного оружия, в том числе и от атомного оружия. Но чтобы правильно использовать средства защиты, надо их изучить.

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

Каждый советский гражданин должен знать, какие существуют способы и средства защиты и как их использовать, что надо делать по сигналам местной противовоздушной обороны (МПВО), как вести себя в зараженных районах, как пользоваться убежищами и укрытиями, бороться с пожарами и оказывать доврачебную помощь себе и товарищам.

Эти сведения кратко изложены в настоящей брошюре.

---

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

## Глава I

### СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА НАПАДЕНИЯ И ПОРАЖЕНИЯ

Основным средством нападения на города, населенные пункты и различные объекты народного хозяйства, расположенные в тылу страны, является бомбардировочная авиация.

Во время первой мировой войны на вооружении бомбардировочной авиации были только фугасные, зажигательные и осколочные авиационные бомбы малых калибров<sup>1</sup>. Из-за низких технических качеств (малая грузоподъемность) самолеты-бомбардировщики могли поднимать небольшое количество бомб; незначительная дальность, высота и скорость полета позволяли самолетам-бомбардировщикам вести боевые действия только непосредственно над полем боя или в прифронтовых районах, главным образом с целью поражения войск противника.

В настоящее время авиационная техника находится на пути осуществления полетов на весьма большие расстояния (до нескольких тысяч километров), со скоростью, превышающей скорость звука (т. е. свыше 1200 км/час), и высотой полета более 15 000 м. Современные самолеты-бомбардировщики могут нести несколько десятков тонн авиационных бомб. Таким образом, появилась возможность поражать глубокие тылы, которые были недоступны даже во время второй мировой войны. Сложная аппаратура, установленная на современных самолетах, позволяет им производить боевые действия в любое время суток и при любой погоде.

Одновременно с развитием авиации развивались и совершенствовались средства поражения с воздуха: появи-

---

<sup>1</sup> Калибром называют вес бомбы, выраженный в килограммах или английских фунтах (английский фунт = 0,454 кг).

лись бомбы больших калибров и бомбы, обладающие самыми разнообразными поражающими свойствами.

Так, в 1935—1937 гг. в захватнической войне против Абиссинии итальянская фашистская авиация наряду с фугасными, зажигательными и осколочными авиабомбами применяла и химическое оружие, т. е. авиабомбы, снаряженные отравляющими веществами, и специальные выливные приборы.

Во время войны против Китая в 1939 г. войска империалистической Японии применяли бактериальные средства, предназначенные для распространения инфекционных заболеваний среди людей и животных.

Во время второй мировой войны (1939—1945 гг.) авиация воюющих армий применяла также фугасные, зажигательные и осколочные авиабомбы. Эти бомбы имели значительно большие калибры и отличались более совершенной конструкцией. Химическое оружие во второй мировой войне не применялось; но известно, что военное командование фашистской Германии имело в своем распоряжении миллионы авиационных бомб, снаряженных самыми разнообразными отравляющими веществами.

В 1944 г. гитлеровская армия обстреливала южное побережье Великобритании снарядами новой конструкции ФАУ-1 (самолеты-снаряды) и ФАУ-2 (ракеты дальнего действия)<sup>1</sup>. За последние годы в армиях некоторых капиталистических стран особенно большое внимание уделяется развитию этих средств нападения. Беспилотные средства нападения типа ФАУ-1 и ФАУ-2 предназначаются главным образом для поражения крупных населенных пунктов, заводов и других объектов и могут быть снаряжены не только обычными взрывчатыми веществами, но и атомным зарядом. Эти средства поражения могут применяться в тех случаях, когда использование бомбардировочной авиации по каким-либо причинам затруднено или невозможно. По иностранным данным, горизонтальная дальность полета ракет достигает нескольких сот километров, а самолетов-снарядов — нескольких сот и даже тысяч километров. Конечно, это не предел, и можно ожидать, что уже в ближайшее время дальность их полета

---

<sup>1</sup> Самолеты-снаряды и ракеты дальнего действия представляют собой самостоятельные средства нападения и поражения с воздуха. Их принято называть «беспилотными средствами».

будет значительно увеличена. Управление полетом ракет и самолетов-снарядов и наведение их на цель осуществляется по радио с помощью специальной аппаратуры.

В конце второй мировой войны, в августе 1945 г., американская авиация применила против мирных японских городов Хиросима и Нагасаки новый вид оружия — атомное оружие, поражающее действие которого значительно превосходит действие всех других известных средств поражения.

Разберем более подробно поражающее действие всех указанных средств поражения с воздуха, имеющих в вооружении в армиях капиталистических государств.

#### **1. КАК ДЕЙСТВУЮТ ФУГАСНЫЕ, ОСКОЛОЧНЫЕ И ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЕ АВИАБОМБЫ**

**Фугасные авиабомбы** применяются для разрушения городов и важных тыловых объектов: фабрик, заводов, мостов, складов, аэродромов, железнодорожных узлов и т. п., а также для разрушения различных оборонительных сооружений.

Попадая в здание, фугасная авиабомба пробивает несколько междуэтажных перекрытий и, взорвавшись внутри здания, производит большие разрушения. Если бомба взрывается при ударе о поверхность земли или же на некоторой глубине в грунте, то образуется воронка, размеры которой зависят от калибра бомбы и характера грунта. При этом происходит разрушение фундаментов зданий, газовых и водопроводных сетей, телефонных, электрических, телеграфных кабелей и других подземных сооружений. Над местом взрыва образуется большое черное или серое облако дыма; вверх и в стороны взлетают обломки, камни, земля, пыль. Взрыв такой бомбы сопровождается сильным резким звуком.

При взрыве фугасной авиабомбы возникает ударная воздушная волна, которая вызывает разрушение зданий и построек на значительном расстоянии от места взрыва. На человека ударная волна может воздействовать непосредственно или косвенно<sup>1</sup>, вызывая ранения, ушибы, вывихи, переломы, контузии и другие повреждения.

<sup>1</sup> Косвенным воздействием называют поражения, причиненные обломками разрушающихся зданий, летящими камнями и т. п.

Чем больше калибр бомбы и чем больше в ней взрывчатых веществ, тем большие разрушения она производит. Во время второй мировой войны и войны в Корее применялись фугасные авиабомбы калибром от 50 до 10 000 килограммов и более.

**Осколочные бомбы** предназначены для поражения людей и животных осколками, образующимися в результате разрыва корпуса бомбы. Разлетаясь во все стороны, осколки поражают людей, находящихся на расстоянии 50 метров и более от места взрыва. Осколки не пробивают кирпичных и деревянных стен. Так как осколочные авиабомбы взрываются в момент удара о поверхность земли или же на небольшой высоте над землей, то воронок при взрыве не образуется. Калибр осколочных авиабомб может колебаться от 2 до 100 кг.

**Зажигательные авиационные бомбы** используются для создания очагов пожара. Эти бомбы снаряжаются веществами, которые при горении развивают очень высокую температуру. Например, температура горения термита, имевшего наибольшее применение во время второй мировой войны, доходит до 2500°; электрон развивает при горении температуру до 3000°; зажигательные смеси из нефтепродуктов — до 1200°, а белый фосфор — до 900°. При падении авиабомбы зажигательное вещество, находящееся в ней, воспламеняется и поджигает окружающие предметы.

Характер очага пожара зависит от калибра зажигательных авиабомб, а также от количества и свойств зажигательных веществ, которыми снаряжены бомбы.

Во время второй мировой войны широкое применение имели термитные и электронно-термитные авиабомбы весом 1—2 кг; эти бомбы обычно пробивали только крыши и загорались на чердаках или в перекрытиях верхнего этажа.

Термитная бомба имеет металлический корпус и снаряжается термитом. После воспламенения начинается бурное горение термитной массы с образованием большого количества раскаленных брызг, которые с шумом вырываются из корпуса бомбы. Пламя приобретает яркий желто-оранжевый оттенок. Через прогоревшие в корпусе отверстия вытекают расплавленные металл и шлак (рис. 1).

Электронно-термитная бомба снаряжается термитом, а корпус ее изготавливается из электрона. При падении бомба не взрывается, а загорается. Вначале она горит так же,

как и термитная бомба; затем, когда загорается электрон, появляется ослепительное голубое пламя и выделяется тяжелый белый дым. При горении бомбы разбрызгиваются капли раскаленного металла (рис. 2). Догорание шлака



Рис. 1. Горение термитной авиабомбы



Рис. 2. Горение электронно-термитной авиабомбы

происходит спокойно и продолжается примерно 12—13 мин.

Раскаленные брызги металла, разбрасываемые при горении термитных и электронно-термитных бомб, могут поджигать легковоспламеняющиеся материалы, такие, как стружка, солома, ткани и т. п. Расплавленные шлак и металл поджигают дерево и проплавляют металлические поверхности, например железные крыши.

Во время войны в Корее применялись зажигательные авиабомбы различных калибров (от двух до нескольких сот килограммов), снаряженные сгущенным горючим — напалмом и пирогелем. Напалм и пирогель представляют собой «сгущенный» бензин с различными добавлениями. По внешнему виду напалм — желеобразная (студенистообразная) густая и липкая масса желтоватого цвета, с сильным запахом бензина; пирогель — липкая тестобразная масса серого цвета, также с запахом бензина.



При взрыве бомбы напалм (или пирогель) воспламеняется, отдельные сгустки его разбрасываются во все стороны на значительное расстояние и прилипают к окружающим предметам, образуя много мелких очагов пожара. Иногда к напалму или пирогелю добавляют белый фосфор; такая смесь способна самовоспламеняться на воздухе. В этом случае тушение смесей значительно затрудняется.

## **2. ЧТО ТАКОЕ ОТРАВЛЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И КАК ОНИ ДЕЙСТВУЮТ НА ЧЕЛОВЕКА**

Отравляющими веществами (сокращенно ОВ) называют такие химические вещества, которые способны поражать незащищенных людей и животных. До боевого применения ОВ находятся в жидком или твердом состоянии в специальной таре или боевых оболочках — химических авиационных бомбах, артиллерийских снарядах и т. п. В момент применения, т. е. при взрыве авиабомбы или снаряда, ОВ освобождаются из оболочки и переходят в боевое состояние — парообразное (газообразное), капельно-жидкое или же образуют дым, туман. ОВ, находящееся в боевом состоянии, и оказывает поражающее действие на людей и животных.

Парообразные (газообразные) ОВ смешиваются с воздухом, создавая облако зараженного воздуха. Мелко раздробленные твердые или жидкие частички ОВ, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, создают облако ядовитого дыма или тумана. Капельно-жидкие ОВ заражают почву, воду и различные предметы. Поэтому отравление может быть вызвано вдыханием воздуха, к которому примешано ОВ, или прикосновением к зараженной почве, растениям и различным предметам, а также попаданием капель ОВ на человека или животное (например, при поливке ОВ с воздуха (рис. 3) или при взрыве химической авиабомбы в воздухе, на некоторой высоте над землей). Можно получить поражение, употребляя в пищу зараженные продукты и воду.

**Боевая стойкость ОВ**, т. е. время, в течение которого они сохраняют свое поражающее действие в воздухе или на местности, для различных ОВ различна. Она зависит от свойств ОВ, их боевого состояния, а также от условий

погоды и рельефа местности. Например, в жаркую погоду ОВ испаряются быстрее, при этом в воздухе создается облако паров ОВ с высокой поражающей способностью. Вместе с тем образующиеся в жаркую погоду восходящие токи воздуха ускоряют рассеивание ОВ. На участках с густой растительностью, а также в узких улицах, тупи-

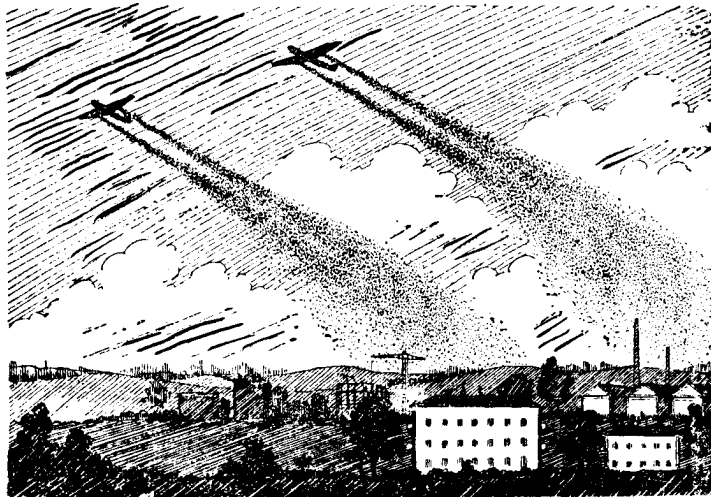


Рис. 3. Выливание ОВ из специальных приборов

ках, во дворах высоких домов длительность заражения увеличивается. В местах, где нет движения воздуха, зараженный воздух может длительно задерживаться, создавая опасные застои. На ровной местности без растительности, на широких прямых улицах ОВ быстро рассеиваются. Дождь и снег всегда уменьшают стойкость ОВ.

По стойкости принято условно подразделять все ОВ на стойкие и нестойкие.

Стойкими называют такие ОВ, которые способны длительное время (от нескольких часов до многих суток) оставаться на зараженном объекте и сохранять свое поражающее действие. Обычно это жидкости с высокой температурой кипения, которые медленно испаряются и мало подвержены действию влаги. К ним относятся иприт, люизит, азотистый иприт, зарин, табун.

Нестойкими называют такие ОВ, которые быстро испаряются или легко разлагаются под действием влаги, света и других факторов. Продолжительность действия таких ОВ исчисляется минутами или десятками минут. К нестойким ОВ относятся легколетучие жидкости с низкой температурой кипения (например, синильная кислота) или газы (например, фосген). К группе нестойких ОВ относятся и твердые ОВ, которые при боевом применении в виде твердых мелких частиц смешиваются с воздухом и создают дымовое облако.

Отравляющие вещества могут поражать незащищенных людей и животных через кожу (при попадании на нее капель ОВ или при соприкосновении с зараженными предметами); через органы дыхания (при вдыхании зараженного воздуха); через органы пищеварения (с зараженной пищей или водой).

Поражение может проявляться в самых разнообразных формах, начиная от временного раздражения отдельных органов (глаз, дыхательных путей) и кончая тяжелыми заболеваниями, иногда со смертельным исходом.

Действие ОВ, как правило, начинается немедленно: как только ОВ проникает в организм, человек начинает испытывать те или иные болезненные ощущения. Но есть и такие ОВ, признаки отравления которыми появляются через некоторое время после поражения (через 2—6 часов и более). Важным свойством многих ОВ является их способность к постепенному накоплению в организме (так называемая кумуляция). Продолжительное воздействие на организм таких ОВ, даже в самых малых количествах, может привести к тяжелым отравлениям.

Большинство ОВ оказывает одновременно комбинированное действие (например, кожноарывное и общеядовитое и т. д.). Но в условиях боевого применения каждому ОВ присуще наиболее характерное для него действие. Для удобства изучения все ОВ принято делить на четыре группы: общеядовитого, кожноарывного, удушающего и раздражающего действия.

**ОВ общеядовитого действия** при попадании в организм через органы дыхания или кожу вызывают общее отравление, характеризующееся поражением центральной нервной системы.

Типичные представители группы ОВ общеядовитого

действия — зарин, табун (стойкие ОВ), синильная кислота (нестойкое ОВ).

**З а р и н** — бесцветная жидкость тяжелее воды, без запаха.

**Т а б у н** — красно-бурая жидкость немного тяжелее воды, с легким запахом синильной кислоты. Зарин и табун медленно испаряются, легко впитываются в пористые материалы, не затвердевают при сильных морозах, плохо растворяются в воде, легко обезвреживаются нашатырным спиртом и водными растворами щелочей.

Характерными признаками поражения парами этих ОВ являются ослабление зрения и затруднение дыхания. Поражение развивается быстро и незаметно, так как пары не оказывают никакого раздражающего действия на глаза и носоглотку. Появляются слюнотечение, затруднение дыхания, потливость. При тяжелых отравлениях наблюдаются приступы сильных судорог, паралич конечностей, может наступить смерть.

Капли табуна и зарина, попавшие на кожу, быстро всасываются и вызывают общее отравление, не оказывая при этом никакого раздражающего действия на кожу. Признаки поражения в этих случаях развиваются так же, как и при вдыхании паров этих ОВ.

**С и н и л ь н а я к и с л о т а** — бесцветная, очень летучая жидкость, со слабым запахом, напоминающим запах горького миндаля. При вдыхании паров синильной кислоты появляются царапание в горле, горький вкус во рту, онемение слизистых оболочек рта, боль в сердце, тошнота, рвота и головная боль. При тяжелых отравлениях наблюдаются судороги и потеря сознания.

**О В кожнорывного действия** — обычно стойкие ОВ, такие, как иприт, люизит и азотистый иприт, поражающие преимущественно кожу; кроме того, эти ОВ действуют на глаза и органы дыхания, а попадая вместе с зараженной пищей или водой в организм, поражают органы пищеварения и вызывают общее отравление.

При попадании капель этих ОВ на кожу на пораженном участке сначала появляются покраснение, зуд, жжение и образуются пузыри. Через некоторое время пузыри лопаются и на их месте возникают долго не заживающие язвы. Одновременно повышается температура, нарушается сердечная деятельность и обмен веществ. Туман и пары этих ОВ при длительном воздействии также могут вы-

звать поражение кожи. При вдыхании паров или тумана появляются неприятные ощущения в горле и груди, кашель, хрипота. Может развиваться воспаление легких. При поражении глаз наблюдаются зуд, слезотечение, светобоязнь, отечность, а при более сильных поражениях — помутнение роговицы, приводящее к частичной или полной потере зрения.

**И п р и т** — маслянистая жидкость темно-бурого цвета, с горчично-чесночным запахом. Пары иприта бесцветны. Иприт плохо растворяется в воде, но легко растворяется в бензине, керосине, спиртах и различных маслах. Первые признаки поражения этим ОВ обнаруживаются примерно через 4—6 час.

**Л ю и з и т** представляет собой тяжелую маслянистую жидкость почти черного цвета, с сильным неприятным запахом. Пары его бесцветны. Люизит хорошо растворяется в воде и во всех растворителях. Действие этого ОВ на организм проявляется почти немедленно: пострадавший ощущает жжение, кожа краснеет и отекает. Общеядовитое действие люизита значительно сильнее, чем иприта.

**А з о т и с т ы й и п р и т** — бесцветная маслянистая жидкость, почти без запаха. Действие паров и капель этого ОВ напоминает действие иприта.

Все указанные ОВ — иприт, люизит и азотистый иприт — хорошо впитываются в пористые материалы: ткани, обувь, белье, дерево, кирпич, почву, усиливая их зараженность и затрудняя обезвреживание. Эти ОВ быстро разрушаются хлорной известью, щелочами, хлораминами и другими веществами.

**О В удушающего действия** — обычно нестойкие ОВ (фосген, дифосген и др.). Поражают органы дыхания, вызывая отек легких.

**Ф о с г е н** — бесцветный газ, с запахом, напоминающим запах прелого сена. **Д и ф о с г е н** — красноватая жидкость с таким же запахом, как фосген. Эти ОВ разрушаются водными растворами щелочей, соды, нашатырным спиртом.

Фосген и дифосген представляют собой ОВ замедленного действия. При вдыхании их паров ощущается слабое жжение в горле, неприятный вкус во рту, появляются кашель, головокружение, тошнота. На чистом воздухе эти ощущения быстро проходят, и первые признаки отека легких появляются через 4—6 час.: начинается сухой ка-

шель, переходящий в глубокий кашель с выделением мокроты, появляется чувство удушья, одышка.

**ОВ раздражающего действия**, как правило, применяются в виде ядовитых дымов и поражают глаза (например, хлорацетофенон) или верхние дыхательные пути (например, адамсит).

**Хлорацетофенон** — кристаллическое бесцветное вещество, с приятным запахом черемухи. Дым хлорацетофенона вызывает резь в глазах, слезотечение, светобоязнь, судорожное смыкание глаз.

**Адамсит** — темно-зеленые кристаллы без запаха. Дым адамсита вызывает жжение в носу и в горле, чихание, боль в груди, слюнотечение, кашель и рвоту.

Для защиты от всех отравляющих веществ служат противогазы и средства защиты кожи (накидки, защитные сапоги или чулки, перчатки).

### **3. ЧТО ТАКОЕ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ**

**Бактериологическим оружием принято называть болезнетворные микробы и токсины, преднамеренно распространяемые противником, с целью вызвать среди людей и животных инфекционные заболевания.**

Инфекционными (или заразными) заболеваниями называют такие болезни, которые передаются от больного человека (или животного) здоровому человеку. Инфекционные заболевания возникают вследствие того, что в организм человека или животного попадают возбудители заболеваний — болезнетворные микробы. Микробы, вызывающие инфекционные заболевания, чрезвычайно малы. Достаточно сказать, что в одной капле воды может быть до одного миллиарда микробов. Размножаются микробы очень быстро. В процессе жизнедеятельности некоторые из них выделяют особые ядовитые вещества — токсины, которые вызывают тяжелые и опасные отравления (например, токсины ботулинуса вызывают тяжелое заболевание ботулизм).

Откуда и каким образом попадают в организм болезнетворные микробы? Прежде всего они передаются здоровым людям от больных людей и животных, так как в моче, слюне, мокроте и других выделениях больных содержится огромное количество болезнетворных микробов. Эти микробы попадают в воздух, почву, воду и на окру-

жающие предметы, а оттуда в организм здорового человека или животного. В естественных условиях микробы проникают в организм человека различными путями.

**Через рот** — с зараженной пищей или водой. Так могут попасть в организм возбудители холеры, брюшного тифа, дизентерии. Переносчиками возбудителей этих болезней являются мухи, тараканы и другие насекомые. Этим же путем попадают в организм человека микробы туберкулеза и сибирской язвы, содержащиеся в мясе и молоке больных животных.

**Через дыхательные пути** — при вдыхании воздуха, в котором содержатся микробы. Таким путем передаются чума (легочная форма), туберкулез, грипп, дифтерия и другие болезни.

**Через раны.** На коже человека всегда имеется много микробов, которые не попадают в организм до тех пор, пока не нарушена целостность кожного покрова. Любая царапина или порез открывают микробам доступ в кровь. Через поврежденную кожу могут проникнуть возбудители сибирской язвы, столбняка, рожи.

**Через укусы насекомых.** Зараженные блохи, слепни, комары, москиты, клещи передают такие тяжелые заболевания, как чума, энцефалит, туляремия, различные лихорадки.

Бактериологическое оружие может быть применено в любой обстановке и в любое время года. Оно особенно опасно потому, что болезнетворные микробы невидимы, не имеют цвета и других внешних признаков и их трудно обнаружить. Кроме того, микробы быстро размножаются и распространяются на большой территории, длительно сохраняя свои опасные свойства.

Болезнетворные микробы и токсины, применяемые в качестве бактериологического оружия, могут распространяться путем сбрасывания самолетами противника бактериальных бомб, а также специальных пакетов, мешков и коробок с зараженными насекомыми, клещами, грызунами. Могут быть сброшены зараженные пищевые продукты, фураж и различные предметы.

Для заражения людей наиболее вероятно применение возбудителей чумы, холеры, брюшного тифа, сибирской язвы; для заражения животных — возбудителей сибирской язвы, бруцеллеза, сапа и других болезней.

**Чума** — очень опасное острое инфекционное заболе-

вание. Возбудителем чумы является палочка, погибающая при нагревании и под действием лизола (3% водный раствор). Естественными носителями чумной палочки в природе являются различные грызуны: суслики, тарабаганы, мыши, крысы. Распространяют чуму блохи, зараженные чумными микробами. В организм человека чумная палочка может попасть при укусе блохи, а также через органы дыхания, поврежденную кожу и слизистые оболочки. Существуют две формы чумы: бубонная и легочная.

Бубонная форма чумы развивается в случае проникновения возбудителя через поврежденную кожу. Через несколько дней (иногда — несколько часов) после попадания возбудителя в организм у больного резко повышается температура, появляется бред и наступает потеря сознания. На шее, в подмышечных впадинах и в паху появляются болезненные опухоли — бубоны, на которых могут образоваться гнойные свищи.

Легочная форма чумы протекает очень тяжело и сопровождается высокой температурой, одышкой, сильными болями в боку и кашлем с выделением жидкой кровянистой мокроты. Больные чумой очень опасны для окружающих, так как в их мокроте, слизи и всех выделениях содержится огромное количество чумных палочек.

Чуму в настоящее время успешно лечат с помощью противочумной сыворотки и различных лекарств.

Б р у ц е л л е з — острозаразное заболевание, распространенное среди коров, коз, овец. Возбудителем бруцеллеза является бактерия, которая от больного животного попадает в организм человека в обычных условиях при употреблении сырого молока и мяса больных животных, а также при непосредственном соприкосновении с больными животными.

У больного через 10—14 дней появляются озноб, обильный пот и постепенно повышается температура. Дней через десять общее самочувствие больного начинает ухудшаться: появляются боли в пояснице, мышцах шеи, сильные и изнуряющие поты. Наблюдается поражение суставов, сухожилий. Бруцеллез может протекать в течение нескольких лет. В настоящее время лечение бруцеллеза ведется успешно и заканчивается выздоровлением.

Х о л е р а — опасное инфекционное заболевание. Возбудитель — холерный вибрион — напоминает по своей



форме запятой. Он погибает под воздействием высоких температур (свыше 45°), прямых солнечных лучей и различных дезинфицирующих веществ, но длительно сохраняется в холодной воде. Механическим переносчиком холерных вибрионов являются мухи.

Через несколько дней (от одного до шести дней) после попадания в организм возбудителя холеры у больного появляются слабость, учащенный стул, мучительная рвота; нередко болезнь сопровождается болезненными судорогами. Температура понижается, наступает сильная слабость, дыхание резко учащено, больной лежит без движения. Холерные больные очень опасны, так как во всех их выделениях содержатся холерные вибрионы.

Лечение холеры в настоящее время ведется успешно.

Брюшной тиф — относится к общим острым инфекционным заболеваниям. Возбудителем является брюшнотифозная палочка; механическим переносчиком — мухи.

Брюшнотифозная палочка погибает под действием высоких температур и дезинфицирующих веществ.

Через 10—14 дней у больного отмечается общее недомогание, потеря аппетита, бессонница, слабость. Температура начинает повышаться, возможна потеря сознания, бред. Через 8—10 дней после заболевания на теле выступает сыпь. Болезнь длится несколько недель.

Сибирская язва. В естественных условиях эта болезнь встречается у крупного рогатого скота. Возбудителем является палочка, сохраняющая жизнеспособность в течение многих месяцев, а иногда и лет. Человек может заболеть при вдыхании зараженного воздуха, при употреблении в пищу молока и мяса больных животных, а также при непосредственном соприкосновении с больными животными. В организм человека палочки сибирской язвы попадают различными путями. Известны кожная, легочная и желудочно-кишечная формы сибирской язвы.

Среди людей наиболее распространена кожная форма сибирской язвы. Через два-три дня после заражения на коже появляется небольшое красное пятнышко, на котором образуется язва, окруженная струпом. Температура повышается до 40°; наблюдаются сильные головные боли и общее недомогание. Кожная форма сибирской язвы излечивается сравнительно быстро.

Легочная форма сибирской язвы характеризуется тяжелым состоянием больного: отмечаются высокая температура, озноб, сильный кашель.

Кишечная форма сибирской язвы напоминает острое отравление. Наблюдаются резкие боли в животе, головные боли, кровавая рвота, общая слабость. Болезнь может иметь смертельный исход.

Основным способом лечения является введение сыворотки, применение пенициллина, глюкозы.

**Ботулизм** — острое тяжелое заболевание, вызываемое токсином ботулинуса. Этот яд выделяют микробы, размножающиеся на мясе, мясных и колбасных изделиях, в рыбных и мясных консервах. Токсины попадают в организм человека при вдыхании зараженного воздуха, при попадании на слизистые оболочки или поврежденную кожу, а главным образом в случае приема в пищу зараженных продуктов. Токсин ботулинуса может быть применен противником в качестве бактериологического оружия.

Отравление токсинами развивается очень быстро. Уже через 2—24 часа появляются боли в кишечнике, рвота, резкая слабость, повышается температура, наблюдается расстройство зрения. Дальнейшее течение болезни зависит от принятых мер. При тяжелых отравлениях смерть может наступить через несколько часов.

Чтобы не допустить распространения заразных заболеваний, проводится ряд профилактических мероприятий. Главными из них являются: обязательные предохранительные прививки; наблюдение и контроль за предприятиями общественного питания и пищевой промышленности; уничтожение грызунов и насекомых; дезинфекция мест общественного пользования и свалок; строгий ветеринарный контроль. Важное значение имеет соблюдение мер личной гигиены: мытье рук перед едой, обмывание сырых фруктов и овощей, кипячение молока, прогревание над огнем некоторых продуктов.

#### 4. ЧТО ТАКОЕ АТОМНОЕ ОРУЖИЕ

В конце второй мировой войны американские самолеты сбросили на японские города Хиросима и Нагасаки атомные бомбы. Взрывы бомб причинили населению этих городов большие бедствия — вызвали гибель многих

тысяч людей, разрушения, пожары. Массовые поражения людей в Хиросима и Нагасаки явились следствием того, что население этих городов не располагало никакими средствами защиты.

Действие атомного оружия основано на использовании атомной энергии.

Открытие методов использования атомной энергии — величайшее достижение современной науки. Советские ученые внесли неоценимый вклад в разработку способов получения атомной энергии. В Советском Союзе впервые в мире атомная энергия использована в мирных целях. В СССР была построена и пущена первая в мире атомная электростанция. С каждым днем все шире используется у нас атомная энергия в металлургии, медицине, сельском хозяйстве, промышленности. Директивами XX съезда КПСС предусмотрено построить в течение 1956—1960 годов атомные электростанции общей мощностью 2—2,5 млн. киловатт и один атомный ледокол.

Правительства же империалистических государств используют это величайшее открытие в первую очередь для военных целей, для создания одного из самых мощных средств массового поражения — атомного оружия.

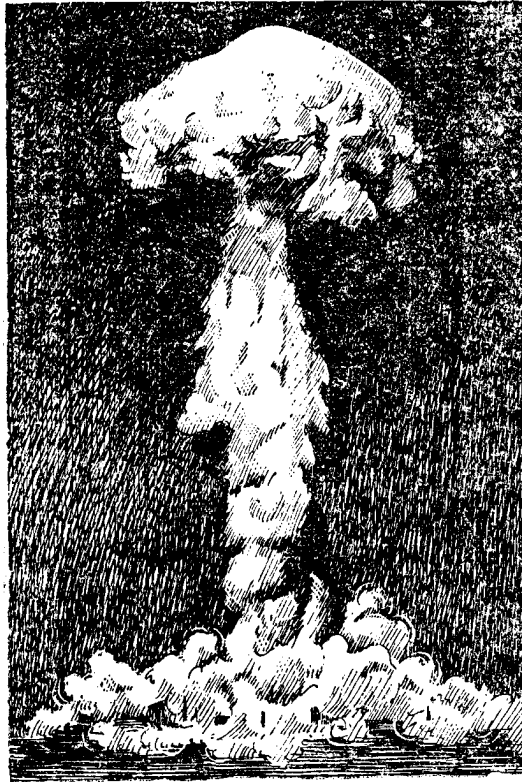
В настоящее время существует два вида атомного оружия — **атомное оружие взрывного действия** (атомные и водородные авиационные бомбы, а также артиллерийские снаряды, ракеты дальнего действия, самолеты-снаряды, торпеды, снаряжаемые атомным зарядом) и **атомное оружие невзрывного действия** (боевые радиоактивные вещества).

Так как основным видом атомного оружия взрывного действия является атомная бомба, следует остановиться более подробно на способах ее применения, принципе действия и поражающих факторах.

Взрыв атомной бомбы может быть произведен как в воздухе — на высоте нескольких сот метров, так и у поверхности земли. Звук взрыва настолько сильный, что он слышен на расстоянии нескольких десятков километров. В момент взрыва наблюдается ослепительно яркая вспышка, озаряющая небо и прилегающую местность на большое расстояние.

В очаге взрыва возникает огненный шар, температура которого достигает нескольких миллионов градусов. В течение нескольких секунд огненный шар является источ-

ником сильного светового излучения. Затем он быстро поднимается, остывает и превращается в клубящееся облако. Одновременно с земли поднимается столб пыли, и облако взрыва приобретает грибовидную форму (рис. 4). Быстро поднимаясь на большую высоту (до 12—14 км),



*Рис. 4.* Облако грибовидной формы, образующееся при взрыве атомной бомбы

облако размывается воздушными потоками и постепенно рассеивается. В районе взрыва и по пути движения облака выпадают в виде пыли образующиеся при взрыве радиоактивные вещества, которые заражают местность и находящиеся на ней предметы.

Образующаяся в результате взрыва **ударная волна** с большой скоростью распространяется во все стороны. Кроме светового излучения и ударной волны, взрыв атомной бомбы сопровождается невидимым **радиоактивным излучением**, вредно действующим на человека.

Таким образом, при взрыве атомной бомбы человек может получить комбинированные поражения в результате одновременного действия светового излучения, ударной волны и радиоактивного излучения. Можно получить также тяжелые поражения при длительном пребывании на местности, зараженной радиоактивными веществами.

**Световое излучение** при взрыве атомной бомбы продолжается несколько секунд. Сила его в несколько раз превосходит силу солнечного излучения в ясный день. Поэтому, несмотря на кратковременность действия, световое излучение вызывает ожоги открытых частей тела, обращенных в сторону взрыва. Ожоги, причиняемые световым излучением, мало чем отличаются от обычных ожогов.

Люди, одетые в белую (или светлую) свободную одежду, получают меньшие ожоги, чем люди, одетые в темную и плотно прилегающую к телу одежду.

**Убежища и укрытия полностью защищают от поражений световым излучением.**

**Ударная волна**, возникающая при атомном взрыве, оказывает свое воздействие в течение 10—15 сек., но она во много раз мощнее, чем волна, образующаяся при взрыве самой крупной фугасной авиабомбы. Скорость распространения ударной волны атомного взрыва быстро падает. Так, первый километр от центра взрыва ударная волна проходит примерно за 2 сек., два километра — за 5 сек., а три километра — за 8 сек. За это время можно успеть лечь на землю или спрятаться за какое-либо укрытие и тем самым уменьшить поражение от ударной волны или вовсе избежать его.

**Радиоактивное излучение**, выделяемое при атомном взрыве (его называют проникающей радиацией), вредно действует на незащищенных людей. Под воздействием проникающей радиации наступает заболевание, называемое **лучевой болезнью**. Лучевая болезнь протекает по-разному. Легко пораженные выздоравливают через две-три недели; в случаях тяжелого поражения может иметь место смертельный исход. Наиболее тяжело переносят эту болезнь дети. Чем дальше находился человек от цен-

тра взрыва, тем меньше он будет подвергаться действию радиоактивных лучей и тем слабее будет поражение.

Радиоактивные излучения способны проникать через различные материалы, но интенсивность лучей при этом ослабляется. Например, слой грунта толщиной 14 см уменьшает интенсивность лучей в два раза, слой дерева толщиной 40 см или 100 см снега — в четыре раза, 1 м грунта или 60 см бетона — в сто раз.

Под действием радиоактивного излучения различные вещества, находящиеся в почве и строительных материалах (например, натрий, кальций, кремний и др.), сами становятся радиоактивными и также могут вызывать тяжелые поражения.

Попав на кожу, радиоактивные вещества, образовавшиеся в результате воздействия радиации, вызывают различные поражения. Если эти радиоактивные вещества проникнут внутрь организма (с пылью, водой, пищей), может развиться лучевая болезнь.

Поэтому, находясь на зараженной местности, необходимо принимать все меры к тому, чтобы радиоактивные вещества не попали ни на кожу, ни внутрь организма. Для защиты в этих случаях используются индивидуальные средства противохимической защиты (противогазы и средства защиты кожи).

**Боевые радиоактивные вещества** (сокращенно БРВ) — это специально приготовленные вещества в виде жидкостей, порошков или дыма, содержащие радиоактивные атомы. Поражающее действие БРВ на человека объясняется вредным влиянием радиоактивных излучений на живые клетки организма. Попадая на кожу, БРВ вызывают поражение кожи и образование язв; вдыхание БРВ вместе с зараженным воздухом, а также употребление зараженной воды или пищи может вызвать лучевую болезнь. Развитие и исход болезни в этих случаях зависят от количества попавших в организм радиоактивных веществ и от состояния организма.

БРВ могут быть применены для заражения воздуха, почвы, растительности, водоемов, зданий и т. п. при помощи авиационных бомб, артиллерийских снарядов и других средств. Приемы защиты и правила поведения в районе, зараженном БРВ, — те же, что и на местности, зараженной радиоактивными веществами в результате взрыва атомной бомбы.

Поражающие факторы водородной бомбы те же, что и у атомной бомбы, но радиус действия водородной бомбы значительно больше.

## Глава II

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПВО, МПВО И ДОСААФ

#### 1. ЧТО ТАКОЕ ПВО

ПВО — это система противовоздушной обороны, призванная не допускать нападений вражеской авиации на наши населенные пункты.

Для выполнения этой задачи необходимо прежде всего заблаговременно обнаружить приближение самолетов противника. Это позволит вовремя привести в боевую готовность истребительную авиацию, зенитную артиллерию и другие активные средства противовоздушной обороны.

Заблаговременное обнаружение вражеской авиации обеспечивается радиолокацией и другими средствами наблюдения. С помощью радиолокационных установок

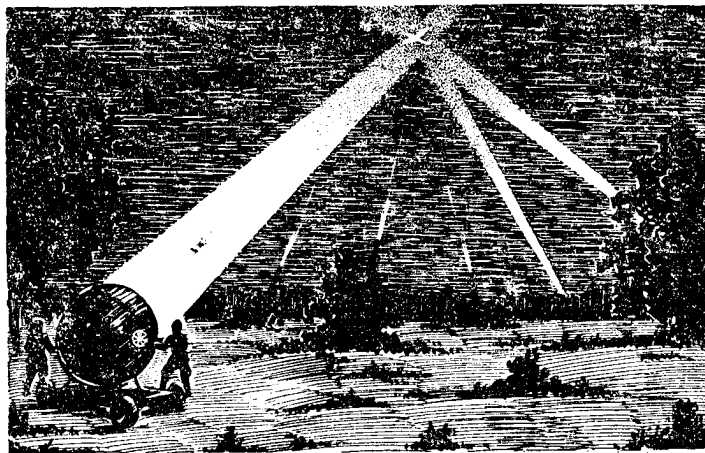


Рис. 5. Зенитные прожекторы освещают вражеские самолеты

можно обнаружить вражеские самолеты днем и ночью, в любую погоду; и не только обнаружить, но и определить количество бомбардировщиков, их направление, высоту, скорость полета.

В результате полученных данных о вражеских самолетах можно своевременно предупредить население о приближении авиации противника и точно направить

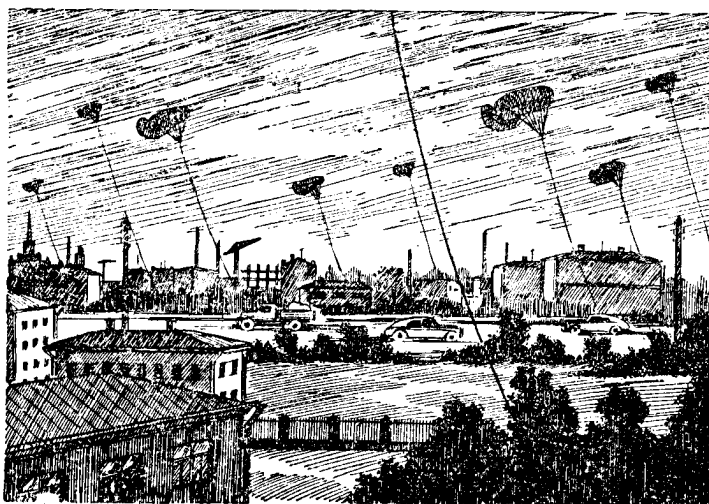


Рис. 6. Аэростаты заграждения

нашу истребительную авиацию на уничтожение воздушного врага.

**Истребительная авиация** — наиболее мощное средство ПВО. Самолеты-истребители обладают большой скоростью полета, высокой маневренностью и мощным пушечным вооружением. Для того чтобы своевременно перехватывать вражеские бомбардировщики, истребители ПВО должны находиться на аэродромах в полной боевой готовности.

Для уничтожения бомбардировщиков противника служит также **зенитная артиллерия**. Современные зенитные пушки с помощью радиолокационных приборов могут вести меткий огонь по самолетам, летящим на большой высоте.



В ночное время на помощь самолетам-истребителям и артиллерии приходят зенитные прожекторы (рис. 5). Освещая самолеты противника, зенитные прожекторы обеспечивают успешные действия истребительной авиации и зенитной артиллерии.

Во время второй мировой войны при обороне важных населенных пунктов, заводов, железнодорожных узлов и т. п. широко применялись аэростаты заграждения (рис. 6).

Таким образом, средства, которыми располагает современная противовоздушная оборона, позволяют вовремя обнаружить вражеские бомбардировщики на подступах к нашим городам и населенным пунктам, а в случае прорыва отдельных самолетов — немедленно принять меры к их уничтожению.

## 2. ЧТО ТАКОЕ МЕСТНАЯ ПВО

Несмотря на наличие мощных средств противовоздушной обороны, нельзя все же рассчитывать, что вражеские самолеты во всех случаях будут полностью уничтожены или отогнаны. Вполне возможно, что отдельные бомбардировщики врага сумеют прорваться в воздушное пространство нашей страны. Нельзя забывать и о том, что противник может применить беспилотные средства поражения.

В результате нападения авиации противника или применения беспилотных средств в населенных пунктах и городах могут возникнуть самые разнообразные поражения: разрушения зданий, промышленных предприятий, сооружений городского хозяйства (водопроводных, газовых, электрических и других сетей); отдельные участки местности могут быть заражены отравляющими, радиоактивными веществами или болезнетворными микробами.

Для того чтобы как можно быстрее ликвидировать последствия нападения с воздуха, еще в мирное время должны быть проведены большие подготовительные мероприятия. К ним относятся: строительство убежищ для укрытия населения, подготовка индивидуальных средств противохимической защиты, медицинского имущества, средств для тушения пожаров, средств обеззараживания территории и т. п.

Для своевременного оповещения населения об опасности нападения с воздуха заранее подготавливают радиотрансляционную сеть и другие средства оповещения (электросирены и т. п.).

Для проведения всех мероприятий, о которых сказано выше, а также для ликвидации последствий нападения с воздуха организуется **местная противовоздушная оборона** (сокращенно МПВО).

Местная противовоздушная оборона представляет собой комплекс мероприятий, осуществляемых в стране для защиты населения от современных средств поражения, для проведения спасательных работ и оказания помощи пострадавшим, а также для выполнения неотложных аварийно-восстановительных работ.

Спасение пострадавших и оказание им помощи, ликвидацию аварий, тушение пожаров и другие работы в очагах поражения будут проводить формирования МПВО. К этим работам по мере необходимости может привлекаться и трудоспособное население.

К МПВО должны быть подготовлены населенные пункты, фабрики и заводы, учреждения, школы, учебные заведения, колхозы, совхозы, МТС, а также жилые дома.

Для проведения в очагах поражения всех тех работ, о которых говорилось выше, в населенных пунктах, на предприятиях создаются и подготавливаются специальные формирования МПВО. В жилых домах, колхозах, совхозах, МТС и т. п. из жильцов, рабочих и служащих создаются группы самозащиты или унитарные звенья.

Во главе группы самозащиты стоят начальник группы и заместитель начальника по политической работе. Каждая группа состоит из шести звеньев: охраны порядка и наблюдения, противопожарной защиты, дегазационного, аварийно-спасательного, медицинского и звена убежищ.

В сельской местности создается ветеринарное звено. Каждое звено насчитывает 5—8 человек и имеет 2 человека в резерве, на случай замены выбывших.

Группы самозащиты должны активно участвовать в заблаговременной подготовке своего объекта к МПВО; обеспечивать сохранность имущества МПВО и содержать его в постоянной готовности; содействовать проведению профилактических санитарных и противопожарных мероприятий на обслуживаемой территории; контролировать

соблюдение правил светомаскировки и правил поведения в условиях угрожаемого положения; оповещать население о сигналах МПВО; обеспечивать правильное использование убежищ по сигналам МПВО; наблюдать за территорией, обслуживаемой группой самозащиты, проводить необходимую разведку и передавать данные о возникших поражениях; оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим; охранять государственное имущество и личные вещи граждан; ликвидировать небольшие очаги поражения, возникшие в результате нападения с воздуха; выводить население из очагов поражения; содействовать боевой работе специальных формирований МПВО в очагах поражения.

### **3. ЗАДАЧИ ДОСААФ СССР В ПРОВЕДЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ МПВО**

Наряду с большой работой по укреплению оборонного могущества нашей Родины Всесоюзное добровольное общество содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ СССР) выполняет ответственные задачи по линии местной противовоздушной обороны.

Добровольное общество обучает население мерам защиты и правилам поведения в условиях нападения противника с воздуха, проводит обучение начальствующего и рядового состава групп самозащиты и совместно с Союзом Обществ Красного Креста и Красного Полумесяца подготавливает массовые формирования МПВО — отряды и дружины по розыску, выносу и спасению пострадавших из очагов поражения.

С этой целью первичные организации ДОСААФ создают различные кружки, в которых слушатели не только изучают теоретические материалы по ПВО, но и проходят тренировку в пользовании средствами защиты, практикуются в тушении пожаров, учатся оказывать самопомощь и взаимопомощь при ранениях, травмах, поражениях и отравлениях.

ДОСААФ издает популярные брошюры и пособия, плакаты, выпускает диафильмы, кинофильмы и другие учебно-наглядные пособия по ПВО, а также проводит лекции, посвященные вопросам защиты от современных средств поражения с воздуха, в том числе от атомного и бактериологического оружия.

Мероприятия по подготовке населения и массовых формирований МПВО, проводимые ДОСААФ совместно с Союзом Обществ Красного Креста и Красного Полумесяца, укрепляют противовоздушную оборону нашей страны:

### Глава III

## **ОБЯЗАННОСТИ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ С ВВЕДЕНИЕМ «УГРОЖАЕМОГО ПОЛОЖЕНИЯ» И ПО СИГНАЛАМ МПВО**

### **1. «УГРОЖАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ»**

«Угрожаемое положение» вводится на территории, находящейся в зоне возможных действий авиации противника.

С введением «Угрожаемого положения» в населенных пунктах, жилых домах, школах, учреждениях приводятся в готовность все имеющиеся убежища и укрытия, население объявляют правила поведения по сигналам МПВО.

Граждане обязаны приобрести индивидуальные перевязочные и противохимические пакеты, а также средства индивидуальной противохимической защиты, пользоваться которыми надо научиться заранее, в мирное время. Каждый гражданин должен знать, где находятся ближайшие убежища и укрытия и какими из них он может пользоваться.

В квартирах и домах проверяют исправность радиотрансляционной сети и репродукторов, причем репродукторы держат постоянно включенными, чтобы слышать сигналы МПВО, объявления и распоряжения; в квартирах или возле домов создают запасы воды и песка; чердаки, лестничные клетки и входы очищают от легко воспламеняющихся предметов; уходя из дому, выключают все осветительные и нагревательные приборы; подготавливают необходимые средства для светомаскировки оконных проемов.

Для хранения питьевой воды используют плотно закрывающуюся посуду, а для продуктов питания — плотно закрывающуюся тару. Книги, посуду и другие вещи складывают в шкафы, сундуки или ящики.

Все эти меры значительно уменьшают опасность возникновения пожара и заражения домашних вещей и продовольствия отравляющими и радиоактивными веществами, а также болезнетворными микробами.

Все население должно знать сигналы МПВО, которые будут подаваться во время нападения с воздуха.

## 2. СИГНАЛЫ МПВО

Внезапное и неожиданное нападение с воздуха приводит к огромным жертвам. Поэтому необходимо, чтобы жители населенного пункта заблаговременно знали об опасности нападения с воздуха и могли подготовиться к защите.

В случае приближения самолетов противника к населенному пункту подается сигнал **«Воздушная тревога» (ВТ)**. Сигнал «ВТ» подается с помощью электрических сирен и гудков фабрик, заводов, паровозов, пароходов, а также дублируется по радиотрансляционной сети.

Если во время нападения с воздуха будет установлено применение боевых радиоактивных веществ (БРВ) или отравляющих веществ (ОВ), то подается сигнал **«Химическое нападение» («ХН»)**. В зависимости от размеров зараженной территории, сигнал «Химическое нападение» может быть общегородским или местным.

Общегородской сигнал «Химическое нападение» объявляется по радиотрансляционной сети. В объявлении указывают границы зараженного района и пути выхода из него. Местный сигнал «Химическое нападение» подается только в районе заражения частыми ударами о какой-либо звучащий предмет (кусок рельса и т. п.).

**Взрыв атомной бомбы следует воспринимать как сигнал «Химическое нападение».**

Как только минует угроза нападения противника или окончится воздушный налет, по радиотрансляционной сети объявляют сигнал **«Отбой воздушной тревоги».**

## 3. ЧТО ДЕЛАТЬ ПО СИГНАЛУ «ВОЗДУШНАЯ ТРЕВОГА»

По сигналу «Воздушная тревога» («ВТ») надо взять противогаз, средства защиты кожи, перевязочный и противохимический пакеты, быстро одеться, предупредить о тревоге соседей, проверить светомаскировку, потушить

песком или водой огонь в печах и плитах, погасить примусы, керосинки и керогазы, выключить газовую сеть и электронагревательные приборы, закрыть окна и двери, убрать продукты и питьевую воду, взять с собой небольшой запас продуктов и воды (взрослые, кроме того, берут с собой личные документы), потушить в квартире свет и как можно быстрее уйти в убежище или укрытие. **Оставаться в квартире или на улице ни в коем случае нельзя.**

**Если сигнал «ВТ» застал вас на улице,** нужно немедленно укрыться в ближайшем убежище или укрытии (рабочие и служащие, остающиеся по сигналу «ВТ» на своих рабочих местах, должны действовать в соответствии с правилами внутреннего распорядка).

**Если сигнал «ВТ» застал вас в театре, кино, библиотеке, на вокзале, в магазине или в другом общественном месте,** нужно точно выполнять указания администрации или дежурного по МПВО. В школах и учебных заведениях по сигналу «ВТ» все учащиеся и студенты должны быстро собрать учебные принадлежности и в дальнейшем поступать по указаниям преподавателей.

**Если сигнал «ВТ» застал вас в трамвае, автобусе, троллейбусе,** необходимо дождаться остановки и немедленно покинуть тот вид транспорта, на котором вы передвигались, и направиться в ближайшее убежище или укрытие.

О том, где находится ближайшее убежище или укрытие, можно узнать по надписям и указателям на зданиях, а также у постовых милиционеров, дворников и дежурных постов МПВО.

**Если по сигналу «ВТ» вы не успеете укрыться в убежище и нападение с воздуха застанет вас дома или на улице, необходимо соблюдать следующие правила:**

— при взрыве химической авиабомбы или поливке ОВ с воздуха немедленно надеть противогаз и имеющиеся средства защиты кожи и выходить из зараженного района, ориентируясь по специальным указателям, а при их отсутствии идти в наветренную сторону. Так же следует действовать и в случае, если противник применил БРВ или бактериальные средства;

— при взрыве атомной бомбы надо действовать сообразно с обстановкой. **Если взрыв атомной бомбы застанет вас внутри здания, то, чтобы избежать поражения световым излучением, ударной волной и осколками,**

нужно как можно быстрее лечь на пол и спрятаться за простенок.

Оказавшись в момент взрыва на улице, вне убежищ или укрытий, необходимо немедленно укрыться за насыпью, бугром, в дорожной канаве, яме и т. д.

Если в двух-трех шагах не окажется подходящих естественных укрытий, бежать нельзя. Надо немедленно лечь на землю лицом вниз, постараться укрыться защитной накидкой (или тем, что может заменить накидку), обязательно закрывая обнаженные части тела, и оставаться неподвижным в течение 15 сек.

Все эти действия надо произвести очень быстро (в течение 1—2 сек.), так как большая часть светового излучения и выделение радиоактивных лучей происходит в течение первых нескольких секунд после взрыва.

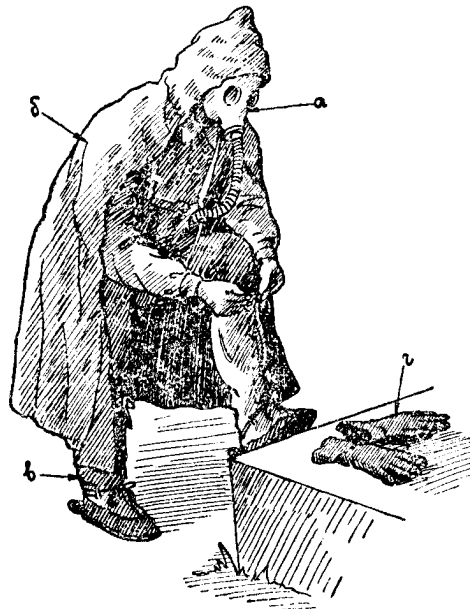


Рис. 7. Надевание индивидуальных средств защиты:

а — противогаз; б — накидка; в — защитные чулки; г — защитные перчатки

#### **4. ЧТО ДЕЛАТЬ ПО СИГНАЛУ «ХИМИЧЕСКОЕ НАПАДЕНИЕ»**

Сигнал «Химическое нападение» («ХН») означает, что авиация противника применяет боевые радиоактивные вещества (БРВ), отравляющие вещества (ОВ) или бактериальные средства.

По сигналу «ХН» люди, находящиеся вне укрытий или в укрытиях, не оборудованных в противохимическом отношении, обязаны немедленно надеть противогазы или ватно-марлевую повязку, а затем надеть накидку, чулки и перчатки (рис. 7) и выйти из зараженного района. При отсутствии специальных средств защиты кожи надо использовать подручные средства.

В убежище, оборудованном в противохимическом отношении, следует спокойно оставаться на местах и ждать указаний постов МПВО. Если убежище будет повреждено взрывом и оставаться в нем станет опасно, следует надеть противогаз, накидку, чулки и перчатки и по указанию постов МПВО покинуть убежище и выйти из зараженного района.

#### **5. КАК ВЕСТИ СЕБЯ В ЗАРАЖЕННОМ РАЙОНЕ И РАЙОНЕ, ПОРАЖЕННОМ АТОМНЫМ ВЗРЫВОМ**

Немедленно после химического, атомного или бактериологического заражения формирования МПВО или группы самозащиты производят разведку, определяя границы зараженных районов и пути выхода из них. На границах зараженных районов устанавливают предупредительные знаки. Если обнаружено заражение ОВ, то границы заражения обозначают желтыми лентами, имеющимися в приборе химической разведки. Кроме того, на границе очага химического заражения могут быть установлены прямоугольные щиты с надписью о том, чем произведено заражение, когда и с указанием направления обхода.

В тех случаях, когда обнаружено заражение боевыми радиоактивными веществами или же район пострадал от действия атомного взрыва, его границы обозначают белыми треугольными флажками с черной полосой, если уровень радиации не превышает  $0,1 \text{ р/час}$ , или чер-



ными треугольными флажками, если уровень радиации составляет 50 *р/час*. Одновременно с этим на границах зараженного района устанавливают белые квадратные щитки, на которых цифрами указана степень заражения данного участка.

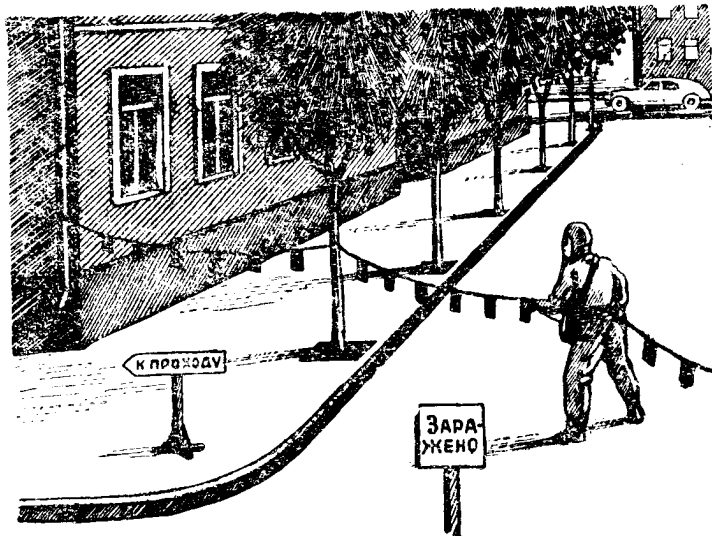


Рис. 8. Предупредительные знаки, обозначающие границы зараженного района и пути выхода из него

Границы очага бактериологического заражения также обозначают условными знаками.

Для выхода людей из зараженного района устраивают специальные проходы. Направление выхода обозначают знаками «Проход» или «К проходу» (рис. 8). Чтобы уметь самостоятельно ориентироваться в зараженном районе, население должно хорошо знать существующие предупредительные знаки.

Надо помнить, что в зараженном районе заражены не только почва, постройки, растительность, но и воздух. Поэтому, передвигаясь по зараженной местности, необходимо соблюдать следующие правила:

— перед началом движения надеть противогаз или закрыть рот и нос ватно-марлевой или другой повязкой; прикрыть все открытые участки тела накидкой, чулками, перчатками, а в случае их отсутствия обернуть ноги и руки полотенцами, кусками ткани, бумагой;

— **проходить зараженный участок как можно быстрее.** Если не указаны проходы, двигаться только в наветренную сторону. Не заходить в дома и не брать с собой никаких предметов с зараженной территории;

— не садиться, не ложиться, не становиться на колени на зараженной почве;

— при движении по зараженной местности не есть, не пить, не курить, не снимать противогаза и средств защиты кожи.

Все указанные предосторожности надо соблюдать и после выхода из зараженного района.

Если предупредительные знаки и указатели еще не будут установлены, то нужно выходить из зараженного района, следуя указаниям постов МПВО, или по направлению наименьших разрушений (в районе, пораженном атомным взрывом).

#### **6. ЧТО ДЕЛАТЬ ПОСЛЕ ВЫХОДА ИЗ ЗАРАЖЕННОГО РАЙОНА**

После выхода из зараженного района население, не ожидая никаких указаний, должно самостоятельно провести **частичную санитарную обработку**, предупреждающую поражение радиоактивными или стойкими отравляющими веществами, а также заражение возбудителями инфекционных болезней.

Выйдя из района радиоактивного заражения, нужно снять накидку и чулки и, став спиной к ветру, чтобы не запылить себя и товарищей, тщательно вытряхнуть их; одежду следует также вытряхнуть или выколотить палками. Обувь вытирают влажной ветошью или обмывают. После этого снимают противогаз (или ватно-марлевую повязку) и перчатки и моют лицо, шею и руки, обращая особое внимание на удаление грязи из-под ногтей. Рот и нос прополаскивают чистой, незараженной водой.

При недостатке воды открытые участки тела протирают два-три раза тампонами (полотенцем, носовым платком), смоченными незараженной водой, а при полном отсутствии воды — жидкостью из противохимического пакета. Если нет и противохимического пакета, то надо обтереться сухим полотенцем, ветошью, тампонами, травой, листьями, а зимой — снегом.

После частичной санитарной обработки все население проходит на специальных сборных пунктах осмотр и дозиметрический контроль с помощью специальных дозиметрических приборов<sup>1</sup>.

Граждан, у которых будет обнаружена сильная степень заражения, направляют на обмывочные пункты и пункты санитарной обработки, где под наблюдением медицинского работника производится полная санитарная обработка (стационарные обмывочные пункты и пункты санитарной обработки оборудуются в банях, душевых установках, санитарных пропускниках и т. п.).

Полная санитарная обработка заключается в обмывании всего тела горячей водой с мылом. Такая обработка позволяет удалить радиоактивные вещества со всего тела и со слизистых оболочек глаз, носа и рта. Сначала надо тщательно вымыть руки и удалить грязь из-под ногтей, затем несколько раз вымыть с мылом голову (особенно тщательно промывать волосы), шею, уши и все тело и, наконец, ополоснуться чистой водой.

Лица, прошедшие полную санитарную обработку, снова проходят дозиметрический контроль, и, если выяснится, что зараженность осталась выше допустимой нормы, процесс обработки повторяют.

Население, вышедшее из районов, зараженных стойкими отравляющими веществами, самостоятельно проводит первичную санитарную обработку с помощью индивидуального противохимического пакета, растворителей и т. п.

Лица, вышедшие из районов, где были применены бактериальные средства, самостоятельно проводят частичную санитарную обработку. После этого их направляют на полную санитарную обработку в стационарные обмывочные пункты или на специально подготовленные площадки.

---

<sup>1</sup> Дозиметрические приборы обнаруживают наличие радиоактивного заражения и устанавливают его интенсивность.

Полная санитарная обработка в этом случае также заключается в обмывании тела горячей водой с мылом. Одежда, обувь и белье обеззараживаются (дегазируются или дезинфицируются).

Все пострадавшие (с ранениями, ожогами, контузиями или другими повреждениями) после выхода из районов, зараженных радиоактивными и отравляющими веществами или болезнетворными микробами, проходят санитарную обработку в больницах или других лечебных учреждениях. Непосредственно в очаге заражения им оказывают только первую помощь (остановка кровотечений, наложение повязок или шин). Частичную санитарную обработку проводят в очаге заражения лишь в случае необходимости.

Возвращаться на территорию города и в свои жилища, если они находились в зараженном районе, можно только по разрешению постов МПВО.

#### Глава IV

### СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НАПАДЕНИИ С ВОЗДУХА

#### 1. КАКИЕ БЫВАЮТ УБЕЖИЩА

Для коллективной защиты населения от всех средств поражения с воздуха, в том числе и от атомного оружия, в городах и населенных пунктах предназначены специальные защитные сооружения. К ним относятся **убежища** и **укрытия** (щели, землянки и галереи).

В больших городах могут быть специальные убежища, предназначенные для одновременного укрытия большого количества людей. Такие убежища очень надежно защищают от всех средств поражения с воздуха. Они имеют самые разнообразные конструкции и выполняются из прочных строительных материалов. Некоторые из них имеют железобетонные стены и покрытия толщиной в несколько метров. Подобные сооружения, как правило, частично заглубляются в землю. Существуют и такие сооружения, в которых защитой служит слой грунта, находящийся над убежищем. В этом случае толщина защитного слоя грунта доходит до нескольких десятков метров. Наиболее распространенным видом убежищ

в городах и крупных населенных пунктах являются подвальные убежища.

**Подвальные убежища** оборудуются в подвальных помещениях жилых домов, учреждений, школ и других зданий. Такие убежища достаточно надежно защищают укрывающихся от ударной волны, осколков и зажигательных авиабомб. Подвальные убежища хорошо защищают и от некоторых поражающих факторов атомного взрыва, например от светового и радиоактивного излучений.

В подвальном убежище может одновременно укрываться большое количество людей (около 150 человек).

Над подвальным убежищем делают особенно прочное перекрытие или укрепляют его дополнительными стойками и прогонами. Это необходимо для того, чтобы в случае разрушения здания при близком разрыве атомной бомбы или при прямом попадании фугасной авиабомбы перекрытие выдержало тяжесть обрушившихся обломков здания.

На случай разрушения здания и завала обломками основного выхода из убежища в нем устраивают еще один или два запасных выхода. Убежище соединяют со смежными подвальными помещениями, имеющими самостоятельные выходы наружу. Кроме того, делают подземные проходы — запасные лазы, выходы из которых удалены от здания и расположены в таких местах, которые не могут быть завалены обломками.

На каждом входе и выходе из убежища имеется тамбур, в котором установлены две двери — наружная и внутренняя. Наружные (защитно-герметические) двери делают очень прочными, так как они должны защитить внутренние помещения убежища от действия ударной волны и осколков, а также от проникания внешнего зараженного воздуха.

Внутренняя дверь предназначена только для изоляции помещений убежища от зараженного воздуха. Таким образом, обе двери обеспечивают достаточно надежную герметизацию убежища.

В убежищах оборудуют отопление, освещение, водопровод, канализацию и вентиляцию. При наличии в здании центрального отопления убежище отапливают от общей отопительной сети. Убежище присоединяют к домовой или городской водопроводной, электрической и канализационной сетям. При отсутствии канализационной

сети в убежище оборудуют выносные пудр-клозеты или наружные выгребы. Если в здании нет водопровода, в убежище ставят ручные умывальники и создают запас воды. Питьевую (кипяченую) воду хранят в баках из расчета 1 л на человека в день. При отсутствии электрического освещения и в случае его выключения убежище освещают аккумуляторными фонарями или свечами.

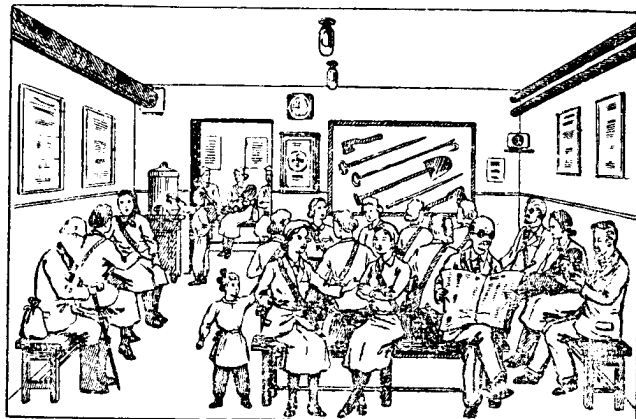


Рис. 9. Внутренний вид подвального убежища

Внутренние помещения убежища, предназначенные для размещения людей, называют отсеками. В отсеках имеются стулья, скамейки и другая мебель, а также аптечка, носилки, средства пожаротушения (один или два огнетушителя, бочки с водой, ведра, песок), аварийный инструмент (топоры, ломы, кирки, кувалды), проволока и глина.

В убежище по возможности проводят телефон и обязательно оборудуют линию радиотрансляционной сети, устанавливая репродукторы в каждом отсеке.

Кроме отсеков и тамбура, в убежище имеется фильтро-вентиляционная камера, в которой находится установка для обеспечения убежища чистым воздухом.

Внутренний вид подвального убежища показан на рис. 9.

Наряду со специально строящимися убежищами, в качестве средств защиты могут использоваться уже существующие сооружения, такие, как метро.

## 2. ДЛЯ ЧЕГО НУЖНА ФИЛЬТРО-ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА

В случае применения отравляющих или радиоактивных веществ подачу наружного воздуха через обычную систему вентиляции придется прекратить, так как при этом в убежище будет поступать зараженный воздух. Чтобы этого не случилось, в убежищах имеются фильтро-вентиляционные установки, обеспечивающие укрывающихся незараженным воздухом в течение длительного времени.

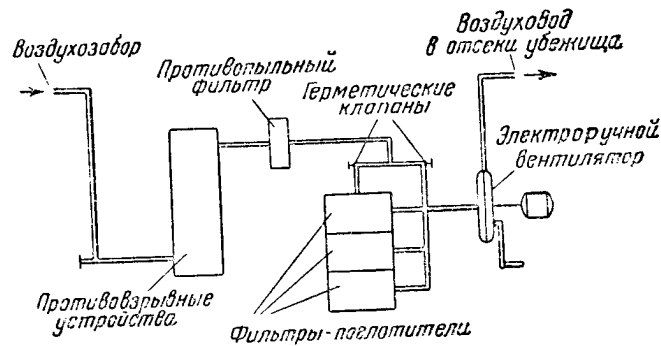


Рис. 10. Принципиальная схема фильтро-вентиляции убежища

Принципиальная схема фильтро-вентиляционной установки убежища показана на рис. 10. Основными элементами фильтро-вентиляционной системы являются: воздухозаборные каналы, противовзрывные устройства, противопыльные фильтры и фильтры-поглотители, предназначенные для очистки наружного зараженного воздуха от радиоактивных и отравляющих веществ, болезнетворных микробов и токсинов. Воздухопроводы с герметическими клапанами направляют и разводят потоки воздуха по отсекам и другим помещениям убежища. Для засасывания воздуха и подачи его по воздухопроизводящей сети имеется вентилятор с моторным и ручным приводами.

## 3. КАК УСТРОЕНЫ УКРЫТИЯ

Укрытия — щели, землянки и галерей строят как в городах, так и в сельской местности. Так как щели и землянки отрываются ниже поверхности земли и имеют покрытие, они могут дать защиту от ударной воздушной

волны атомных и фугасных бомб, от светового излучения при атомном взрыве, от осколков и пожаров и частично от радиоактивного излучения.

Однако укрытия совершенно не защищают от ОВ, радиоактивных веществ и болезнетворных микробов, которые могут свободно проникать в щели и землянки вместе с воздухом.

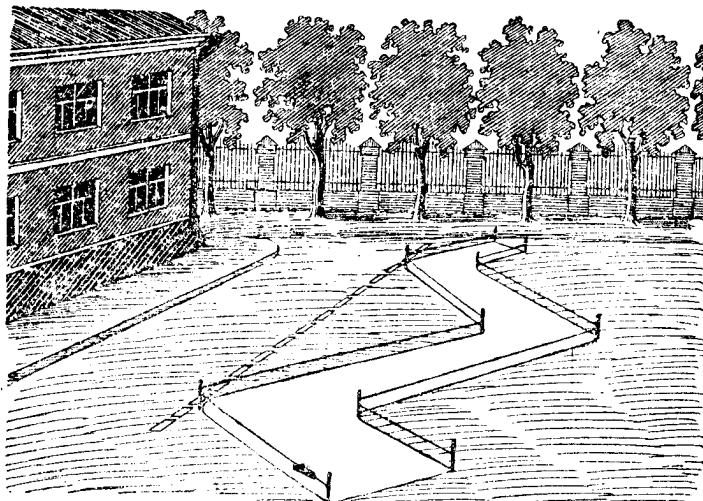


Рис. 11. Трассировка плана щели на местности

Щели, землянки и другие укрытия строит население с момента объявления «Угрожаемого положения», т. е. с начала войны.

Для строительства щелей и землянок выбирают сухие возвышенные места в садах, больших дворах, скверах, на огородах, пустырях.

**Щель**—это узкая и глубокая траншея-канавка. Ее ширина поверху от 1 до 1,2 м, понизу — 0,8 м, а глубина 2,1 м. Во избежание завалов щели, как и землянки, располагают не рядом с домами, а в отдалении от них, на расстоянии, составляющем примерно половину высоты ближайшего дома. Чтобы уменьшить опасность одновременного поражения большого количества людей, щели отрывают зигзагообразно, причем прямолинейные участки делают длиной не более 10 м, для размещения 15—20 человек.



План щели размечают на поверхности земли с помощью кольев и веревок (рис. 11), а затем вдоль веревок отрывают бороздки (отрывку бороздок называют трассировкой) и снимают дерн или другое покрытие.

Отрывку щели начинают не по всей ширине (рис. 12), а, отступив внутрь, по оси щели. По мере углубления постепенно стены щели выравнивают до требуемой ширины.

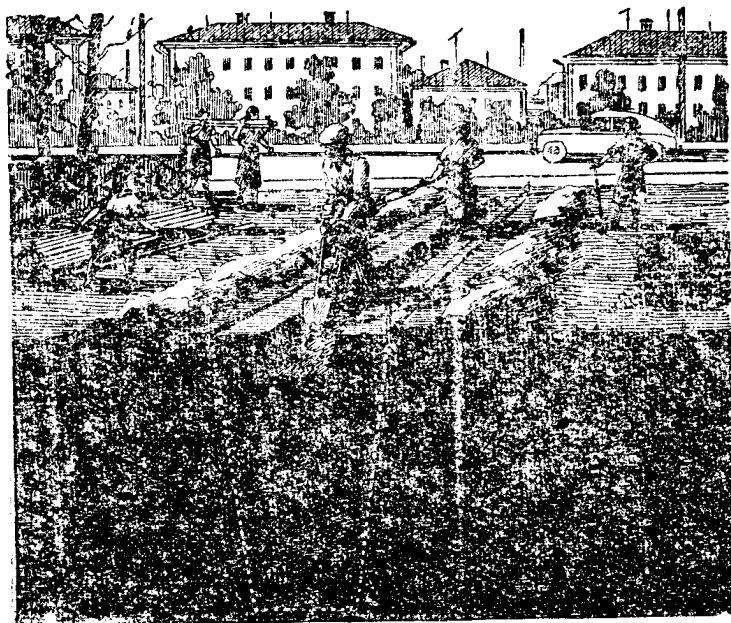


Рис. 12. Начало отрывки щели

После отрывки стены щели укрепляют пластинами и жердями, устанавливают скамьи для сиденья, устраивают ниши для мелких вещей, подставки для бачков с водой и т. п. Входы в щель отрывают под прямым углом к оси щели и закрывают дверями. Отопления в щелях, как правило, не делают.

По окончании внутреннего устройства и отделки кладут перекрытие щели: сначала бревна или пластины, затем слой мятой глины толщиной 15—20 см, потом слой

грунта толщиной 50—60 см и, наконец, дерн, снятый перед началом отрывки щели.

Для защиты от поражений боевыми радиоактивными и отравляющими веществами укрывающиеся в щелях должны иметь при себе противогазы, а также накидки, чулки и перчатки или подручные средства защиты кожи.

Общий вид готовой щели показан на рис. 13.



Рис. 13. По сигналу «Воздушная тревога» люди направляются в щель

Землянки могут быть заглублены в землю полностью или частично. Строят землянки в той же последовательности, что и щели: отрывают котлованы, укрепляют стены (бревнами, шпалами), делают пол и ступенчатые входы.

В землянке устраивают скамьи и нары, ниши для различных предметов, подставки для бачков с кипяченой водой, оборудуют уборную и освещение. Для отопления складывают кирпичную или устанавливают железную печь. По окончании внутреннего оборудования делают потолочное покрытие.

Землянку можно оборудовать для кратковременной защиты от радиоактивных и отравляющих веществ. Для этого в ней тщательно промазывают стены и потолок

жирной мягкой глиной (смешанной с мхом, хвоей, рубленой соломой или мякиной) и у входа в землянку устраивают тамбур с двумя герметически закрывающимися дверями.

Там, где это возможно по условиям местности, могут быть сооружены **галереи** — укрытия, более сложные, чем щели и землянки. Галерея представляет собой как бы горизонтальную рудниковую выработку с выходом наружу.

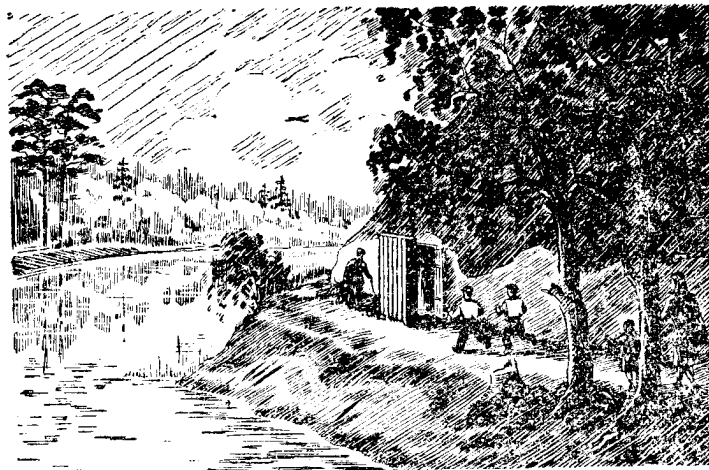


Рис. 14. По сигналу «Воздушная тревога» люди направляются в галерею (на рисунке видна защитная стенка перед входом в галерею)

Галереи можно строить главным образом в сельской местности, только там, где есть горы или холмы, овраги, крутые берега рек, озер, морей.

Во избежание обвалов грунта стены и потолок галерей по мере их отрывки укрепляют прочными деревянными рамами или подпорами и распорками.

Галереи могут отрываться в виде тупика с одним входом или в виде буквы П — с двумя входами-выходами.

Перед входами в галерею строят защитные стенки (рис. 14). В галереях, как и в землянках, могут быть скамьи, нары и оборудованы тамбуры с герметическими дверями.

Чтобы избежать загораний, территория около щелей, землянок и галерей (особенно возле входов) должна быть тщательно очищена от травы, сушняка, строительного мусора и других легковоспламеняющихся материалов. Внешнюю сторону дверей, ведущих в щели, землянки и галереи, рекомендуется обмазать жирной глиной или обить железом.

#### **4. ОБСЛУЖИВАНИЕ УБЕЖИЩ И УКРЫТИЙ**

Убежища и укрытия должны быть всегда в образцовом порядке и в полной готовности к приему людей.

Поддержание порядка в щелях, землянках и галереях возлагается на группы самозащиты и население, которое пользуется данными укрытиями.

За сохранность имущества и за состояние всех помещений убежищ в мирное время отвечает управляющий домами или комендант зданий, в которых расположены эти убежища. Для обслуживания убежища и поддержания в нем порядка в составе группы самозащиты создается звено обслуживания убежищ.

Это звено с момента введения «Угрожаемого положения» несет ответственность за правильность использования убежища. Командир звена убежищ обычно является и комендантом убежища.

По сигналу «Воздушная тревога» личный состав звена немедленно является в убежище, надевает средства противохимической защиты в положение «наготове» и занимает посты: один у входа, второй в тамбуре, третий внутри убежища, четвертый у фильтро-вентиляционной установки.

Постовые у входа открывают двери и поддерживают порядок во время заполнения убежища. В первую очередь в убежище проходят женщины с детьми, инвалиды и престарелые люди.

Постовые внутри убежища размещают укрывающихся по отсекам и следят за соблюдением порядка. Кроме того, они проверяют надежность закрытия запасных выходов и лазов, исправность имеющегося в убежище имущества, следят за тем, чтобы бачки вовремя пополнялись питьевой водой.

Пост у фильтро-вентиляционной установки включает вентилятор и регулирует работу установки.

В случае подачи сигнала «Химическое нападение» пост, находящийся у фильтро-вентиляционной установки, останавливает вентилятор, включает фильтры-поглотители и снова пускает вентилятор. Если прекращается подача электроэнергии, то постовые обеспечивают работу вентилятора вручную, а также для этого могут быть привлечены наиболее физически сильные люди из числа укрывающихся. Внешние двери закрываются, вход и выход из убежища прекращается.

Если наружный зараженный воздух по каким-либо причинам проникает в убежище, то по указанию коменданта убежища или дежурных поста (подается команда «Газы») укрывающиеся надевают противогазы, а если нужно — и имеющиеся средства защиты кожи.

После выхода укрывающихся звено убежищ тщательно убирает и проветривает все помещения убежища и восстанавливает его готовность к новому приему людей.

#### **5. КАКИЕ ПРАВИЛА НУЖНО ВЫПОЛНЯТЬ, ПОЛЬЗУЯСЬ УБЕЖИЩАМИ**

Все укрывающиеся должны строго выполнять правила пользования убежищем, а также указания коменданта убежища и постов.

Направляясь в убежище, укрывающиеся должны иметь при себе противогаз и другие средства защиты, а также небольшой запас продуктов питания и документы; нельзя брать с собой домашних животных, легковоспламеняющиеся вещества и вещества с неприятным запахом.

По пути к убежищу и при входе в него надо соблюдать строгий порядок: не толпиться, не обгонять впереди идущих. Войдя в убежище, следует занять свободное место или место, указанное дежурным, и в дальнейшем выполнять указания постов.

Все укрывающиеся должны строго соблюдать основные правила поведения в убежище: спокойно сидеть на своих местах, не ходить без надобности по убежищу, не курить, не зажигать ламп или свечей.

Если в убежище будет внезапно выключено освещение, нужно спокойно оставаться на местах и ждать, когда будет включен свет или же будут зажжены фонари или свечи.

В частичных разрушениях убежища (завал выходов, обрушение стены и т. п.) необходимо сохранять спокойствие, ожидая указаний коменданта убежища или командира. В случае необходимости укрывающиеся должны просить о помощи звено убежищ в выполнении работ по разборке заваленных выходов, вскрытию и т. п.

После «Отбоя воздушной тревоги» нельзя выходить из убежища без разрешения коменданта до того, как будет установлена безопасность выхода и возможность спокойного возвращения укрывающихся по домам. Если вблизи обнаружены участки заражения, невзорвавшаяся бомба, пожар или частичное разрушение здания, в котором расположено убежище, выход из убежища не разрешается.

Если выяснится, что противником были применены отравляющие или радиоактивные вещества, то укрывающимся будет дано указание о том, каким путем выходить из зараженного района, какие меры предосторожности следует соблюдать при выходе из убежища и при движении через зараженный район, где находится сборный пункт и т. п.

#### 6. КАКИЕ СУЩЕСТВУЮТ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Индивидуальные средства противохимической защиты предназначены для личной защиты человека от отравляющих и радиоактивных веществ, а также от болезнетворных микробов и токсинов.

К индивидуальным средствам противохимической защиты относятся **противогазы и средства защиты кожи.**

Современные противогазы разделяются на изолирующие и фильтрующие.

**В изолирующем противогазе** человек полностью изолирован от окружающего воздуха и дышит тем объемом воздуха, который имеется внутри противогаза. Необходимый для дыхания кислород находится в самом противогазе, в специальном баллончике. Выделяемый организмом углекислый газ задерживается специальным поглотителем, находящимся также в противогазе. Благодаря такому устройству изолирующий противогаз обеспечивает надежную защиту от всех вредных примесей, содержащихся

в зараженном воздухе, независимо от их количества. Изолирующий противогаз имеет большой вес (около 8 кг), он громоздок, сложен в пользовании и дорог. Поэтому изолирующий противогаз используют только специальные команды МПВО при длительных работах по дегазации, при ликвидации аварий на газовых сетях, при тушении пожаров и в других случаях, когда фильтрующий противогаз не может обеспечить надежной защиты.

**Основным средством защиты органов дыхания, глаз и лица является фильтрующий противогаз.** Он прост по устройству, удобен в обращении и обеспечивает надежную защиту от всех известных ОВ (кроме окиси углерода), радиоактивных веществ и радиоактивной пыли, а также от болезнетворных микробов и токсинов, находящихся в воздухе.

Для защиты кожи применяются защитные накидки, чулки, перчатки, резиновые сапоги и различные подручные средства.

Средства защиты кожи защищают не только от попадания на кожу отравляющих и радиоактивных веществ, но и от действия светового излучения.

#### 7. КАК УСТРОЕН ПРОТИВОГАЗ ГП-4

Для защиты населения имеется гражданский противогаз ГП-4 (рис. 15); как и все другие фильтрующие противогазы, он состоит из двух основных частей: **противогазовой коробки и лицевой части.** Для хранения и переноски противогаза имеется **противогазовая сумка.**

**В противогазовой коробке** помещены специальные поглотители и два фильтра — противодымный и противопыльный. Наружный воздух, попадая при вдохе в коробку через отверстие, имеющееся в ее дне, последовательно проходит через противодымный фильтр и поглотители и очищается в них от отравляющих и радиоактивных веществ. Противопыльный фильтр служит для того, чтобы угольная пыль от поглотителя не попадала в органы дыхания.

Корпус коробки и ее детали изготовляют из черной жести. Для придания жесткости и большей прочности корпус коробки имеет наружные поперечные выступы, которые называются «зигами». На крышке коробки находится навинтованная горловина для присоединения ко-

робки к лицевой части противогаза, а в дне коробки — круглое отверстие, через которое при вдохе поступает наружный воздух. Пройдя через коробку, воздух через горловину попадает в соединительную трубку лицевой части.

**Лицевая часть** имеет двойное назначение. Во-первых, она защищает глаза и кожу лица от отравляющих и радиоактивных веществ, во-вторых, подводит очищенный в противогазовой коробке воздух к органам дыхания.

Лицевая часть состоит из резиновой маски с очками и системой тесем, клапанной коробки и соединительной трубки.

Маски изготавливаются трех размеров: 1-го, 2-го и 3-го. Наименьший размер — первый. Размеры обозначены цифрами в кружочках на подбородочной части маски.

Укрепляется маска на голове с помощью назатыльника и системы тесем: двух лобовых — нерастягивающихся, четырех височных — резиновых и двух затылочных — тоже резиновых. На лобовых тесьмах имеются передвижные пряжки, а на затылочных — неподвижные пряжки, с помощью которых регулируется натяжение тесем.

**Клапанная коробка** служит для распределения потоков вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

В коробке имеются один вдыхательный и два выды-

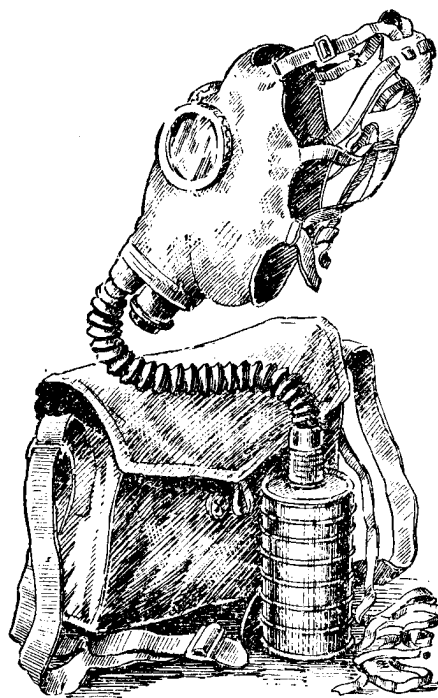


Рис. 15. Общий вид гражданского противогаза ГП-4



хательных клапана: верхний — двухлепестковый и нижний — однолепестковый.

Вдыхательный клапан представляет собой круглую резиновую пластинку. При вдохе он открывается и пропускает очищенный в коробке воздух под маску, а при выдохе закрывается и не пропускает выдыхаемый воздух в противогазовую коробку.

Верхний выдыхательный клапан (двухлепестковый) при вдохе закрывается и не пропускает наружный зараженный воздух под маску, а при выдохе открывается и пропускает выдыхаемый воздух из-под маски наружу. Этот клапан — наиболее ответственная часть клапанной коробки. Его неисправность (разрыв, засоренность, замерзание) может привести к тому, что зараженный воздух попадет под маску и вызовет поражение человека.

Нижний выдыхательный клапан (однолепестковый) является предохранительным и служит для уменьшения подсоса воздуха под маску через верхний выдыхательный клапан. Он крепится на крышке камеры клапанной коробки. В нижней части камеры имеется съемный экран с отверстиями, предохраняющими клапан от повреждений.

**Соединительная трубка** соединяет противогазовую коробку с маской. Изготавливается трубка из резины и имеет поперечные складки (гофры), которые увеличивают гибкость трубки и не позволяют ей переламываться при сгибании. Верхним концом трубка наглухо прикреплена к патрубку клапанной коробки. Нижним концом с помощью ниппеля и накидной гайки ее герметично присоединяют к горловине противогазовой коробки.

**Противогазовая сумка** служит для хранения и ношения противогаза. Сумка имеет два отделения: одно для противогазовой коробки, а другое для лицевой части. В отделении, предназначенном для маски, должен быть специальный «карандаш», предохраняющий стекла очков от запотевания.

В отделении для противогазовой коробки на дне сумки имеются две деревянные плашки, обеспечивающие свободный доступ воздуха в противогазовую коробку. Сумка закрывается клапаном.

Для ношения противогаза к сумке пришта плечевая тесьма с передвижной пряжкой, регулирующей длину тесьмы. На ребрах боковых стенок сумки пришиты пояс-

ная тесьма (шнур) и металлическое полукольцо или тканевое ушко, с помощью которых сумка закрепляется на туловище во время ношения противогаза в положении «наготове» или «боевом».

#### 8. КАК ПОДОБРАТЬ МАСКУ И ПРОВЕРИТЬ ИСПРАВНОСТЬ ПРОТИВОГАЗА ГП-4

Маска должна плотно прилегать к голове, чтобы необходимый для дыхания воздух попадал под маску только через противогазовую коробку. На это следует обращать особое внимание при подборе маски и осмотре противогаза.

Чтобы подобрать маску нужного размера, надо при помощи линейки с миллиметровыми делениями определить расстояние от впадины переносицы до нижней части подбородка. Линейку накладывают так, как показано на рис. 16. Нулевое деление шкалы должно совпадать с наибольшим углублением переносья. Снизу подбородка подводится прямая планка так, чтобы она образовала с линейкой прямой угол. Затем замечают по шкале линейки расстояние от наибольшего углубления переносья до вспомогательной планки.

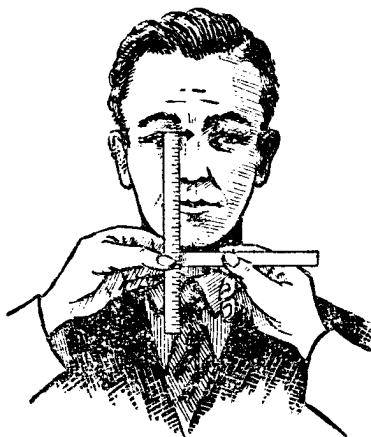


Рис. 16. Снятие мерки для подбора маски противогаза

В зависимости от полученной величины определяют размер маски, руководствуясь следующей таблицей:

Расстояние, мм	Требуемый размер маски
от 99 до 109	1-й
от 109 до 119	2-й
от 119 и более	3-й

Новую маску перед надеванием необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой (ваткой), слегка смоченной водой. Маску, бывшую в употреблении, дезинфицируют денатурированным спиртом или двухпроцентным раствором формалина. Соединительную трубку продувают.

Правильно подобранная маска должна плотно прилегать краями к лицу и вместе с тем не вызывать болевых ощущений.

**Осмотр и проверка исправности противогаза.** При покупке или получении противогаза надо осмотреть, а затем проверить его исправность в целом и по частям. При осмотре следует проверить маску, клапанную коробку, соединительную трубку, противогазовую коробку, сумку.

Проверяя маску, нужно убедиться в том, что она не имеет проколов, порезов, надрывов, что стекла очков целы и хорошо соединены с маской, а тесьмы исправны и имеют передвижные пряжки. При проверке соединительной трубки нужно прежде всего установить, нет ли на ней проколов, порезов и порывов. Соединительная трубка должна быть плотно присоединена одним концом к патрубку клапанной коробки; на другом конце соединительной трубки проверяют исправность накидной гайки и наличие в ней на шипеле резинового прокладочного кольца. Чтобы облегчить отыскание повреждений, маску и соединительную трубку нужно при осмотре слегка растягивать. Место обнаруженных проколов или порывов отмечают с наружной стороны химическим карандашом или мелом.

В клапанной коробке нужно проверить наличие клапанов и предохранительного экрана и удостовериться в том, что на ней нет ржавчины, вмятин, проколов.

В противогазовой коробке не должно быть вмятин, ржавчины и царапин. Необходимо убедиться также и в том, что горловина коробки не помята, а пробка вынута со своего места на дне коробки.

В сумке надо проверить наличие и исправность петли на клапане, пуговицы, поясной тесьмы и полукольца, плечевой тесьмы и передвижной пряжки, деревянных плашек, «карандаша».

Если при осмотре будут обнаружены какие-либо неисправности, то противогаз заменяется исправным или сдается в ремонт.

После осмотра противогаз надо собрать. Для этого в левую руку берут накидную гайку соединительной трубки и, опустив маску свободно вниз, правой рукой навинчивают коробку до отказа.

**Чтобы проверить исправность собранного противогаса в целом,** надо надеть маску, вынуть коробку из сумки, закрыть отверстие в ее дне резиновой пробкой (или зажать ладонью) и сделать глубокий вдох.

Если воздух при вдохе не проходит, то противогаз исправен и собран правильно; если воздух проходит, то противогаз или неисправен, или при сборке нарушена герметичность. В последнем случае противогаз проверяют по частям.

**Для проверки противогаса по частям** надо отвернуть коробку от соединительной трубки, проверить наличие резинового прокладочного кольца на ниппеле в накидной гайке и плотность присоединения соединительной трубки к клапанной коробке. Устранив обнаруженные неисправности, следует снова собрать противогаз, надеть его и вторично проверить.

Если и при повторной проверке воздух будет проходить, то, не снимая противогаса, необходимо сначала проверить маску.

Для этого надо правой рукой перегнуть и плотно зажать соединительную трубку под клапанной коробкой и сделать глубокий вдох. Если воздух не проходит, то маска исправна и подобрана правильно, а если воздух проходит, то маска неисправна или неправильно подобрана. В последнем случае маску необходимо снова тщательно осмотреть и, устранив обнаруженное повреждение, еще раз проверить подбор и пригонку маски. Затем продуть выдыхательный клапан, опять зажать соединительную трубку под клапанной коробкой и сделать глубокий вдох. Если и в этом случае воздух будет проходить, то лицевую часть противогаса надо сдать на проверку или заменить исправной.

После маски проверяют соединительную трубку. Для этого надо сделать выдох, перегнуть и плотно зажать правой рукой соединительную трубку внизу у горловины противогазовой коробки и сделать вдох. Если при этом воздух не проходит, то соединительная трубка исправна.

Чтобы проверить исправность противогазовой коробки, закрывают резиновой пробкой или ладонью отверстие

в дне коробки, затем берут горловину коробки в рот и делают вдох. Если воздух не проходит, то противогазовая коробка исправна.

Неисправные противогазы сдаются в ремонт или заменяются исправными.

Окончательная проверка противогаза производится в камере окуривания под руководством инструктора.

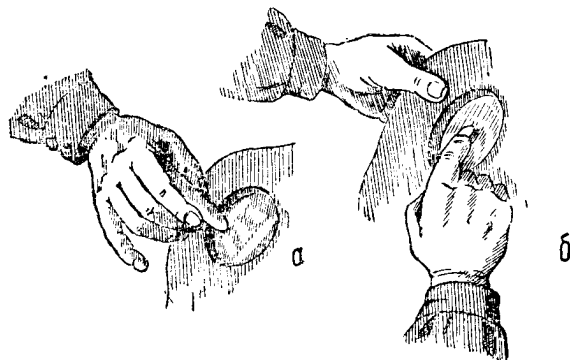


Рис. 17. Пользование специальным «карандашом»: а — нанесение штрихов; б — растирание смазки

Для предохранения стекол очков противогаза от запотевания имеется специальный «карандаш» — палочка из мылообразной массы (рис. 17).

Пользуются «карандашом» следующим образом: прежде всего выворачивают маску и протирают стекла очков платком или чистой тряпочкой до полной прозрачности; придерживая очки левой рукой, острым концом «карандаша» наносят на внутреннюю сторону каждого стекла по пять-шесть штрихов в виде решетки и, подышав на стекла, равномерно растирают нанесенную смазку так, чтобы стекла стали прозрачными.

Считается, что стекла очков хорошо подготовлены, если при дыхании на них они не запотевают и остаются прозрачными.

Вместо «карандаша» можно использовать сухое туалетное мыло.

### 9. КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ПРОТИВОГАЗОМ ГП-4

С момента объявления «Угрожаемого положения» противогаз всегда надо иметь при себе. Дома или на работе противогаз должен быть в определенном месте, чтобы при необходимости его можно было быстро взять.

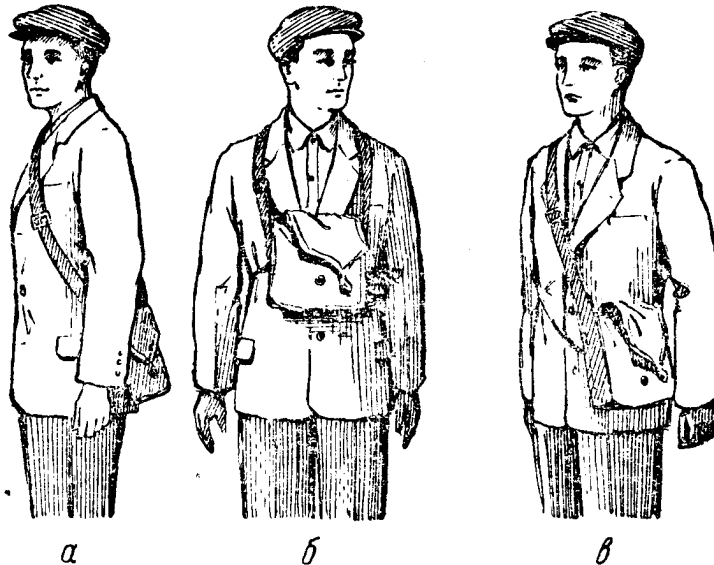


Рис. 18. Правила ношения противогаза:

а — в «походном» положении; б — в положении «наготове» (с укороченной трубкой); в — в положении «наготове» (с удлиненной трубкой)

В зависимости от обстановки противогаз носят в одном из трех положений: «походном», «наготове» и «боевом».

В «походном» положении (рис. 18, а) противогаз носят в тот период, когда отсутствует непосредственная угроза химического или атомного нападения. В этом положении сумка с противогазом надета через правое плечо и находится на левом боку, причем клапан сумки обращен от себя. Длину плечевой тесьмы при помощи передвижной пряжки подгоняют так, чтобы верхний край сумки был примерно на высоте талии (пояса). Сумка должна быть сдвинута немного назад, чтобы при ходьбе

она не мешала движению руки. Нельзя носить противогаз под одеждой.

**В положении «наготове»** (рис. 18, б, в) противогаз носят при непосредственной опасности химического или атомного нападения. Из «походного» положения в положение «наготове» противогаз переводят по сигналу «Воздушная тревога», по команде «Противогазы готовь». Если противогаз имеет укороченную соединительную трубку, то плечевую тесьму освобождают из-под левой руки так, чтобы противогазовая сумка оказалась на груди в положении, позволяющем надеть маску. Затем открывают клапан сумки, вынимают поясную тесьму, обводят ее вокруг талии и завязывают за переднее полукольцо, закрепляя противогаз так, чтобы он не сдвигался в стороны. Если противогаз имеет удлиненную трубку, то его сдвигают немного вперед, а затем закрепляют на туповище с помощью поясной тесьмы.

**В «боевое положение»** (рис. 19) противогаз переводят при атомном, химическом или бактериологическом нападении: по сигналу «Химическое нападение», по команде «Газы» или самостоятельно при обнаружении в воздухе или на местности отравляющих и радиоактивных веществ или бактериальных средств.

Чтобы перевести противогаз в «боевое» положение, надо задержать дыхание, закрыть глаза, снять головной убор (зажать между коленями или положить рядом), вынуть маску из сумки и взять обеими руками височные и затылочные тесьмы так, чтобы большие пальцы рук были обращены внутрь. Приложить нижнюю часть маски под подбородок и натянуть маску на лицо, заводя затылочные тесьмы за уши. Затем взять руками свободные концы затылочных тесем и натянуть их так, чтобы края маски плотно прилегали к лицу и чтобы очки прились точно против глаз. Надев маску, сделать резкий выдох, открыть глаза и возобновить дыхание. Если есть головной убор, надеть его.

Противогаз снимают после того, как миует опасность поражения и будет подана команда «Противогазы снять». Чтобы снять противогаз (рис. 20), правой рукой приподнимают головной убор, а левой берутся за клапанную коробку, слегка оттягивают маску вниз, движением руки вперед и вверх снимают ее, а затем надевают головной убор.

Снятую маску надо вывернуть, тщательно протереть внутри платком или чистой тряпочкой, просушить и уложить в сумку.

После этого противогаз переводят в положение «наготове» или в «походное» положение, в зависимости от обстановки.

При пользовании противогазом зимой возможно затвердевание резины, обледенение стекол очков, смерза-



Рис. 19. Ношение противогаза в «боевом» положении



Рис. 20. Снятие противогаза

ние лепестков выдыхательного клапана и замерзание влаги, попавшей в соединительную трубку.

Чтобы не допустить этих явлений, необходимо при надетом противогазе периодически отогревать клапанную коробку руками и одновременно продувать выдыхательные клапаны. В сильные морозы в незараженной атмосфере надо время от времени обогреть маску под пальто. При входе с мороза в теплое помещение следует дать противогазу согреться и «отпотеть» в течение 10—15 мин., после чего тщательно протереть сухой тряпочкой маску и металлические части.



В случае отсутствия противогаса можно использовать ватно-марлевую повязку, которая защищает органы дыхания от болезнетворных микробов, токсинов и частично от радиоактивных веществ и радиоактивной пыли. Повязку делают из нескольких (8—12) слоев марли или из двух слоев марли с прокладкой слоя ваты толщиной 2—3 см. Повязку накладывают на лицо так, чтобы она закрыла рот и нос.

#### 10. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ КОЖИ

Формирования МПВО в период работ на зараженной местности или с зараженными предметами будут пользоваться специальными средствами защиты кожи (комбинезонами, фартуками, резиновыми сапогами и перчатками, защитными накидками, чулками и т. п.). Население, как правило, не располагает такими средствами защиты и поэтому при необходимости защиты должно использовать подручные средства.

Для защиты ног можно использовать обычные резиновые калоши, боты, сапоги. Ноги выше калош, сапог или бот рекомендуется обмотать клеенкой или какой-либо плотной материей. Некоторую защиту могут дать деревянные дощечки, привязанные к подошвам, а также обертывание обычной обуви прорезиненной тканью, бумагой, сложенной в несколько слоев, брезентом, мешковиной и т. д.

Для защиты всей поверхности тела можно надеть обычные накидки, плащи, кожаные пальто. Эту одежду следует очень плотно застегивать (особенно воротник, концы рукавов, брюк). Воротник верхней одежды лучше поднять и обвязать его поверх шарфом, полотенцем и т. п. Женщинам рекомендуется надевать брюки. Для защиты рук можно пользоваться обычными перчатками и рукавицами, лучше кожаными.

После выхода из зараженного района подручные средства защиты подвергаются специальной обработке — обеззараживанию (при заражении отравляющими веществами средства защиты сдаются на дегазацию; при заражении радиоактивными веществами производят дезактивацию, а при заражении болезнетворными микробами и токсинами — дезинфекцию).

Для защиты от радиоактивных веществ, радиоактивной пыли и светового излучения при взрыве атомной бомбы

каждый гражданин может сделать себе из прочной хлопчатобумажной ткани светлых тонов накидку с капюшоном, чулки, надеваемые поверх обуви, и рукавицы.

#### **11. КАК СБЕРЕГАТЬ ПРОТИВОГАЗЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ КОЖИ**

Противогазы и средства защиты кожи всегда должны быть исправными и чистыми.

При пользовании противогазом его надо оберегать от ударов и сильных сотрясений. Противогаз, бывший под дождем, необходимо вытереть и просушить. Нельзя хранить в сумке противогаза посторонние предметы, держать противогаз в намокшей сумке. Ни в коем случае нельзя допускать попадания воды в противогазовую коробку. Особенно бережно следует обращаться с выдыхательными клапанами. Если клапан засорится или склеится, его надо осторожно продуть; трогать клапаны не рекомендуется.

Так же бережно нужно обращаться с защитной накидкой, чулками, перчатками, предохранять их от разрывов, проколов, царапин и т. п.

Противогазы в собранном виде (в сумке) лучше всего хранить в отапливаемом помещении с комнатной температурой. Сумку с противогазом можно вешать на гвоздь или ставить на полку. Место для хранения противогаза должно быть удалено не менее чем на 1—1,5 м от печей и нагревательных приборов, а также от водопроводных труб, умывальников и т. п.

Средства защиты необходимо периодически проверять, выявляя и немедленно устраняя все неисправности.

### **Глава V**

#### **СВЕТОМАСКИРОВКА И ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ**

Светомаскировка (затемнение) является одним из обязательных условий организации защиты города, населенного пункта или объекта от нападения авиации противника.

Нельзя забывать о том, что в ночное время с самолета хорошо виден даже слабый источник света. Например, электрическая лампа в 200 вт видна на расстоянии

20 км, лампа в 15 вт — на расстоянии до 8 км; даже пламя свечи или спички видно темной ночью на расстоянии до 3 км.

Яркие источники света видны ночью очень далеко. Большой город легко заметить уже за 80—100 км, так как освещенные улицы, здания, витрины, световые рекламы создают над городами, особенно крупными, подобие зарева.

Вот почему в военное время, когда опасность нападения с воздуха существует постоянно, должна быть произведена светомаскировка всех существующих источников света.

Затемнение вводится с момента объявления «Угрожаемого положения» на весь период военных действий.

#### 1. КАК ПРОВОДИТСЯ СВЕТОМАСКИРОВКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

В зависимости от степени угрозы воздушного нападения могут быть установлены два режима затемнения — **полное** и **частичное**.

В городах и населенных пунктах, расположенных на территории, которой угрожает внезапное нападение авиации противника (т. е. на территории, расположенной у линии фронта на расстоянии дальности полета тактической авиации противника), вводится режим **полной** светомаскировки. При этом режиме выключается все наружное (уличное и дворовое) освещение; для ориентировки транспорта углы тротуаров, домов, фонарные и другие столбы, надписи и различные указатели окрашиваются белой краской или светящимися составами.

Режим **частичного** затемнения устанавливаются в городах и населенных пунктах на той части территории страны, которой не угрожает внезапное нападение авиации противника. При частичном затемнении на улицах, в местах наиболее оживленного движения транспорта и пешеходов, на перекрестках, во дворах и т. д. остается наружное освещение, но число световых точек сокращается. Для маскировки остающихся световых точек применяют специальные колпаки, козырьки и другую арматуру. В случае приближения самолетов противника (т. е. при подаче сигнала «Воздушная тревога») все наружное освещение выключается; освещенными остаются только указа-

тели у входов в убежища, медицинские и обмывочные пункты.

Светомаскировка достигает своей цели только в том случае, если она проводится во всем городе, на всех улицах и в каждом доме и если население строго соблюдает все правила светомаскировки.

В то же время светомаскировка должна быть выполнена так, чтобы она обеспечивала бесперебойную работу предприятий, безопасность движения транспорта и пешеходов и нормальные условия для труда и отдыха. Нельзя, например, полностью выключить свет на лестницах, так как в момент воздушной тревоги отсутствие света усложнит и затянет переход людей в убежище. Нельзя совсем потушить указатели улиц и уличные номерные фонари, ибо в этом случае невозможно будет найти нужную улицу или дом. Невозможно полностью замаскировать световые сигналы транспорта и т. п.

Способы и средства, с помощью которых выполняется светомаскировка, различны. Применение того или иного способа зависит от конкретных условий, в первую очередь от того, можно ли обойтись в данном случае без освещения или ограничиться маскировочным освещением. Характер наружного освещения (улиц, дворов, подъездов, пристаней, железнодорожных платформ и т. п.) связан со степенью угрозы нападения с воздуха, в зависимости от которой для данного населенного пункта введено полное или частичное затемнение.

В каждом населенном пункте на той территории, на которой введено «Угрожаемое положение», при любом режиме светомаскировки осуществляется затемнение всех световых проемов (окон, стеклянных дверей, крыш), для чего используют различные маскировочные устройства. Проводится маскировка всех производственных огней (огней электро- или газосварки, искр и т. п.). Все световые точки, без которых можно обойтись на улицах, во дворах или зданиях, а также все световые рекламы выключаются.

В железнодорожных поездах, трамваях, автобусах, троллейбусах число световых точек сокращается, а для освещения внутри вагонов применяются лампы пониженной мощности и лампы со специальными маскировочными колпаками. На фарах и других наружных источниках света транспорта, а также на световой сигнализации и

различных указателях, применяющихся на железнодорожном и городском транспорте, устанавливают маскировочные приспособления.

При внезапном нападении авиации противника на город, где не проведены еще светомаскировочные мероприятия, в ночное время все наружное и внутреннее освещение отключают. Если осуществить такое отключение невозможно централизованным способом (с одного диспетчерского пункта), то отключение производят непосредственно на местах (в цехах, учреждениях, жилых домах).

Но этот способ светомаскировки носит только временный характер, так как при нем полностью прекращается работа всех предприятий, транспорта, усложняется работа формирований МПВО и ухудшаются условия пребывания в убежищах.

Основными способами светомаскировки являются маскировка световых проемов и маскировка источников света с помощью различных устройств и приборов.

## 2. КАК МАСКИРОВАТЬ СЕТЕОВЫЕ ПРОЕМЫ

Основным способом светомаскировки в жилых домах является маскировка окон, стеклянных дверей, стеклянных крыш и т. п. Для этой цели используют различные светонепроницаемые материалы и устройства, через которые свет не проникает наружу. В качестве маскировочных устройств применяют шторы, щиты, ставни, жалюзи. Если к моменту объявления «Угрожаемого положения» в доме отсутствуют указанные устройства, то в качестве временной меры допускается заколачивание окон фанерой или досками. Но подобный способ светомаскировки очень неудобен, так как он связан с отсутствием дневного освещения и нарушением естественного воздухообмена.

Шторы можно сделать из плотной материи или из специальной светонепроницаемой бумаги образца 1953 г. Чтобы свет не проникал в щели между шторой и стеной, шторы делают несколько больше, чем размеры окна.

**Шторы из материи** могут делаться по-разному. Для шторы, показанной на рис. 21, нужно иметь непросвечивающую материю (одеяло, плотную скатерть, ковер),

деревянную планку, гвозди, шнур для петель, кольца для подвешивания шторы над окном.

Устройство такой шторы занимает очень немного времени. Прежде всего небольшими гвоздями прочно прибивают верхний край материи к деревянной планке, длина которой должна быть на 10 см больше ширины

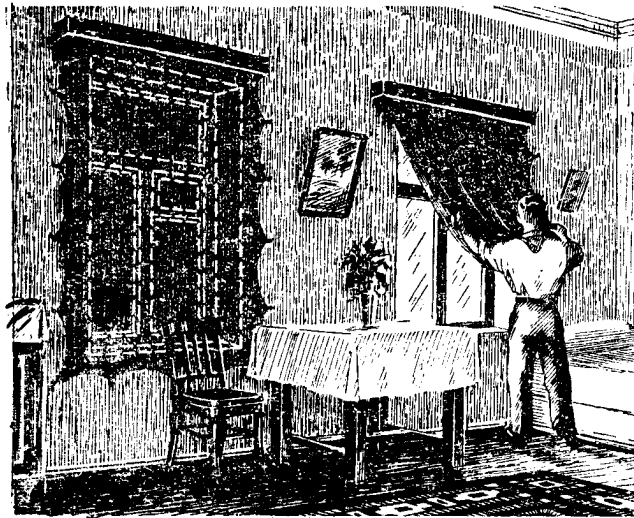
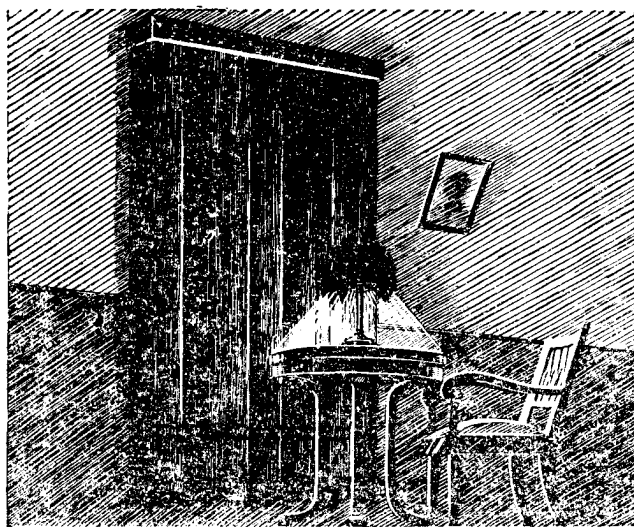


Рис. 21. Штора из материи

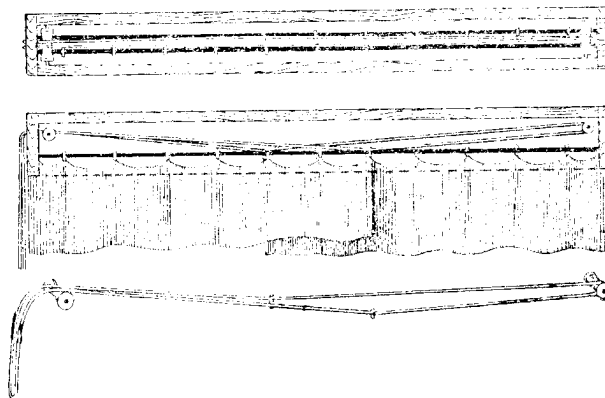
шторы. К деревянной планке привинчивают два металлических ушка для подвешивания шторы над окном, а к боковым краям и нижнему краю шторы пришивают небольшие прочные петли, с помощью которых ее закрепляют на гвоздях.

Более удобна для повседневного пользования **матерчатая штора портьерного типа**, состоящая из двух полотнищ (рис. 22, а и б):

Для устройства портьерной шторы один из продольных краев каждого полотнища огибают вокруг бруска прямоугольного сечения и прибивают к стене сбоку от окна, а над окном прибивают карниз с двумя вращающимися роликами. К поперечным планкам карниза прикрепляют



*a*



*b*

*Рис. 22. Матерчатая портьерная штора:*  
*a* — общий вид шторы; *b* — приспособление для задерживания шторы

два троса с кольцами (8—10 колец на каждом тросе), к которым пришивают верхние края обоих полотнищ.

Полотнища делают таких размеров, чтобы при закрытой шторе они перекрывались на 20 см. Шнур для открывания и закрывания портьеры прочно прикрепляют к первому ведущему кольцу шторы и надевают на ролики, как показано на рис. 22, б.

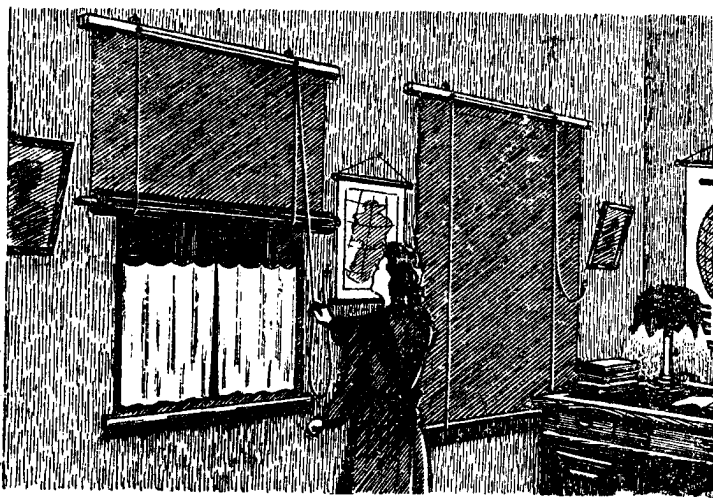


Рис. 23. Бумажная штора

Портьерная штора удобна для использования и в мирное время, особенно для окон большого размера.

**Бумажная штора** (рис. 23) делается из плотной светонепроницаемой бумаги. Кроме бумаги, нужны две деревянные планки прямоугольного сечения и две деревянные планки полукруглого сечения, столярный клей, гвозди, шнур, металлические ушки. Размеры шторы по ширине и длине должны быть на 20 см больше (в каждую сторону), чем размеры окна, а длина деревянных планок — на 10 см больше, чем ширина бумажной шторы.

Бумагу укрепляют между деревянными планками; смазав столярным клеем внутреннюю поверхность прямоугольных планок, между ними вкладывают верхний край бумаги, затем сжимают планки и сбивают их гвоздями. Нижний край бумаги таким же образом за-



крепляют между полукруглыми планками. Затем к верхней планке прямоугольного сечения на небольшом расстоянии от краев (не более четверти длины планки) прикрепляют металлические ушки для подвешивания шторы. На таком же расстоянии от концов планки, но с лицевой стороны прикрепляют два металлических кольца, через которые пропускают шнур для опускания и поднятия шторы. Нижний конец опущенной шторы должен

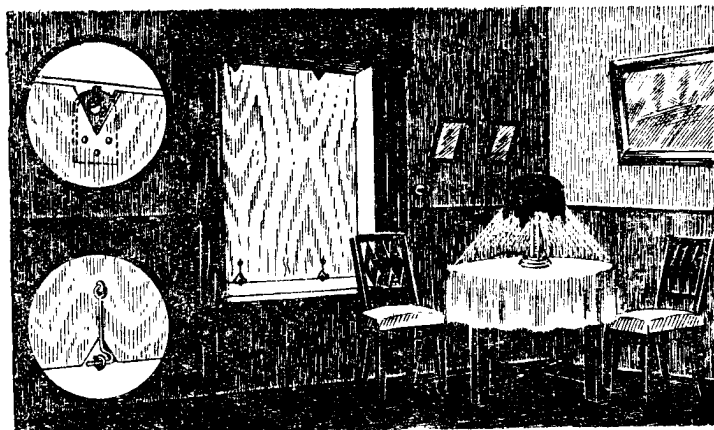


Рис. 24. Щит из фанеры

находиться ниже подоконника. В дневное время штору с помощью шнура поднимают вверх.

Кроме матерчатых и бумажных штор, для маскировки окон можно сделать щиты или ставни.

**Щиты** (рис. 24) могут быть сделаны из фанеры, картона, толя, рубероида, листового железа.

Для изготовления щита лист фанеры или другого материала набивают на раму из четырех деревянных брусков, сделанную точно по размерам окна. К верхней части щита, с внутренней стороны, привинчивают два металлических ушка, а к нижней, с наружной стороны, — два крючка. В верхний брусок оконной рамы вбивают два небольших костыля так, чтобы на них легко и плотно навешивались металлические ушки, а в нижний брусок ввинчивают две петли.

С наступлением темноты щит за ушки навешивают на костыли и закрепляют в петлях крючками. Плотность прилегания щита к оконной раме надо обязательно проверять.

Для изготовления ставни (рис. 25) нужно иметь доски, шарнирные петли (по две на каждую доску), дере-



Рис. 25. Деревянные складные ставни

вянные бруски, шурупы, скобы. Доски нарезают нужной длины и ширины и скрепляют их друг с другом шарнирными петлями. В местах их соединения между собой (во всю длину досок) вырезают так называемые «четверти». Благодаря наличию «четвертей» (см. рисунок в кружке) доски плотно прилегают одна к другой, не образуя щелей, и свет не проникает через ставни. Затем к обеим сторонам рамы прикрепляют два деревянных бруска, а на них с помощью шарнирных петель навешивают обе половины ставен. Шарнирные петли между досками и брусками позволяют складывать ставни, как показано на рисунке. В раскрытом положении ставни прижимаются к оконной раме деревянным бруском, который

закладывается для этого в две скобы по обеим сторонам окна.

При любом способе маскировки окон (шторами, шторами, ставнями) надо обязательно проверять, не виден ли свет снаружи.

Одновременно с маскировкой окон, стеклянных дверей и т. п. надо маскировать и сами источники света, так как лучи от незамаскированных ламп могут проникать наружу через незаметные щели. Маскировать надо все лампы (настольные, висячие, стенные) в квартирах, коридорах, вестибюлях, на лестничных клетках. Осветительные и сигнальные приборы, используемые для маскировочного освещения, должны удовлетворять следующим требованиям: источник света должен создавать ограниченную освещенность; осветительная арматура — иметь отражатель из светонепроницаемого материала; световые сигнальные приборы, не излучая света выше линии горизонта, должны создавать необходимую яркость и освещенность.

Очень хорошо для настольных ламп применять специальные абажуры — колпаки. Например, прозрачный абажур настольной лампы можно закрыть картонным колпаком или куском темной непрозрачной материи. Таким же образом можно замаскировать свет висячей или настенной лампы.

Можно сделать колпак из черной или белой жести толщиной 0,2—0,5 мм и надеть его прямо на электролампу. Для этого из картона или толстой бумаги вырезают шаблон, а по нему — заготовку из жести, из которой свертывают колпак. Если колпак сделан из черной жести, его изнутри окрашивают белой краской. Такой колпак из жести направляет световой поток вниз.

При отсутствии абажуров-колпаков или материала для их изготовления можно использовать электролампы, окрашенные черным непросвечивающим лаком. Лампу окрашивают таким образом, чтобы световой поток был направлен только вниз.

В жилой комнате среднего размера лучше всего иметь одну лампу. Если лампа настольная и находится у окна, ее нужно перенести в глубь комнаты.

В кухне, как и во всякой другой комнате, колпак-отражатель на лампе должен быть таким, чтобы свет не по-

падал на стены, потолок и окна, а освещал бы только плиту и рабочий стол.

На лестничной клетке на каждые два этажа оставляют по одной лампе, закрытой глубоким колпаком-абажуром или колпаком из жести.

Независимо от проведения всех мероприятий по светомаскировке все имеющиеся электролампы нужно заменить на лампы малой мощности (10—25 вт).

## Глава VI

### ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШИМ

#### 1. КАК ОКАЗАТЬ САМОПОМОЩЬ И ВЗАИМОПОМОЩЬ

В результате нападения с воздуха возможны самые разнообразные поражения людей. Во всех случаях для оказания помощи пострадавшим в очаги поражения будут направлены медицинские формирования МПВО. Но в условиях применения средств массового поражения, например атомного оружия, количество пострадавших может быть велико, причем большая часть из них будет нуждаться в немедленной помощи. Например, при сильном кровотечении нельзя ждать прибытия специальных медицинских формирований МПВО или же отправлять раненого на медицинский пункт, не оказав ему соответствующей помощи. Надо сначала остановить кровотечение.

Немедленная помощь нужна и при попадании на кожу радиоактивных веществ или же таких отравляющих веществ как табун, зарин, иприт. Если в этих случаях не обработать своевременно зараженные участки кожи, то трудно будет избежать сильного поражения.

Поэтому оказанию первой помощи пострадавшим и самопомощи должно быть обучено все население. Умение своевременно оказать первую помощь необходимо и весьма полезно не только в условиях войны, но и в мирное время, так как на производстве, на работе, в быту тоже могут быть случаи, когда потребуются оказать немедленную помощь пострадавшему.

В очагах поражения могут оказаться пострадавшие с самыми различными поражениями: раненые, с переломами, вывихами, ушибами, ожогами, отравленные, пора-

жениые радиоактивными веществами и др. Применение атомного оружия может вызвать комбинированные поражения.

Для оказания первой помощи во всех этих случаях надо уметь остановить кровотечение, наложить повязку на раны, наложить шины на переломы и вывихи, оказать помощь при ожогах, отравлении, контузии, а также произвести частичную санитарную обработку и дезактивацию. Кроме того, надо уметь вынести пострадавшего в безопасное место и обеспечить быструю эвакуацию его в лечебное учреждение.

При ранениях оказание помощи следует начинать с остановки кровотечения, так как потеря крови может привести к очень тяжелым заболеваниям и даже к смерти.

Кровотечения бывают трех видов: капиллярное, венозное и артериальное. Кроме того, различают наружные и внутренние кровотечения.

При повреждении мелких кровеносных сосудов (капилляров) и небольших вен кровь вытекает из раны каплями или небольшой непрерывной струйкой темно-красного цвета. Для остановки подобного кровотечения на рану накладывают давящую повязку.

Очень опасны артериальные кровотечения, наступающие в результате поражения артерий (кровеносных сосудов, по которым кровь направляется от сердца). При артериальном кровотечении кровь вытекает толчками и имеет ярко-красный цвет. Так же опасно и сильное венозное кровотечение, вызванное ранением крупных вен.

Сильное кровотечение может быть остановлено различными способами. Самый быстрый из них — это прижатие артерий пальцами (выше места ранения, по направлению к сердцу). Но этот способ неудобен, так как быстро устают пальцы; кроме того, такой способ остановки кровотечения не позволяет перевозить или переносить раненого.

Наиболее верным способом остановки артериального кровотечения является наложение жгута или закрутки.

Жгуты могут быть матерчатые или резиновые. Они имеются в санитарных сумках. Закрутка — это жгут из подручного материала (платка, ремня, полотенца, куска материала и т. п.).

Жгут или закрутку накладывают также выше раны.

Чтобы не защемить кожу, под жгут или закрутку надо подложить марлю, одежду или ткань (рис. 26). Жгут или закрутку накладывают не более чем на полтора-два часа, иначе может наступить омертвление конечности. Время наложения жгута или закрутки указывается в записке, которую подкладывают под повязку. Если жгут или

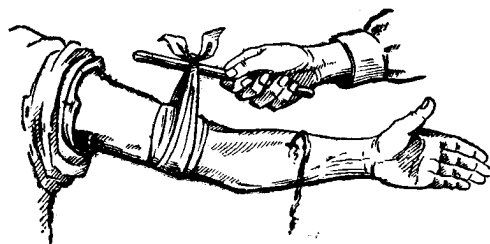


Рис. 26. Наложение закрутки

закрутку необходимо держать более двух часов (например, по пути в больницу), то примерно через два часа (а в дальнейшем — через каждый час) жгут следует ослаблять на 5—8 мин., а затем снова закреплять в прежнем положении.

При кровотечении на голове, шее и в других местах, где невозможно применить жгут или закрутку, накладывают тугую, давящую повязку.

Очень опасно внутреннее кровотечение; пострадавшего с таким кровотечением нужно немедленно отправить в лечебное учреждение. Признаками внутреннего кровотечения являются: большая бледность лица, частый, но слабый пульс, холодный пот, зевота, жалобы пострадавшего на потемнение в глазах, тошноту, головокружение и слабость.

После остановки кровотечения нужно немедленно приступить к перевязке раны. Раной называют нарушение целостности кожного покрова и находящихся под ним тканей. Всякая, даже незначительная рана может стать опасной для жизни, если в нее попадут микробы, вызывающие заражение (инфекцию). Рану нельзя промывать водой, класть на нее вату, смазывать настойкой йода, прикасаться к ней руками и извлекать из раны посторонние предметы.

При наложении повязки раненую часть тела освобождают от одежды или обуви (снимают или разрезают). Кожу вокруг раны смазывают настойкой йода, а на рану накладывают повязку. Для наложения повязок на раны лучше всего использовать индивидуальный перевязочный пакет.

Индивидуальный перевязочный пакет (рис. 27) имеет специальную упаковку, которая сохраняет стерильность

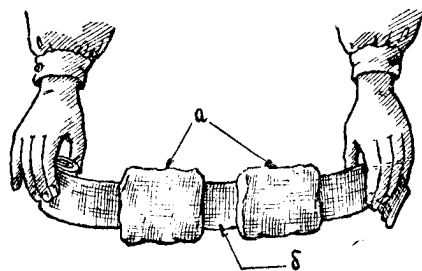


Рис. 27. Перевязочный пакет в развернутом виде:  
а — подушечки; б — бинт

перевязочного материала. В пакете находятся бинт, две ватно-марлевые подушечки (одна неподвижная, а другая передвигающаяся) и безопасная булавка для закрепления конца бинта.

Чтобы вскрыть пакет, разрывают оболочку, вынимают булавку, снимают бумажную обертку и разворачивают перевязочный материал, не касаясь руками тех сторон подушечек, которые будут приложены к ране. При наличии одной раны подушечки накладывают одну на другую или рядом, при сквозной ране — на оба отверстия раны. Затем подушечки плотно прибинтовывают к месту ранения. Вначале головку бинта следует держать в правой руке, а конец бинта — в левой. В дальнейшем левой рукой поддерживают раненую часть тела. Бинтование производят слева направо, снизу вверх; каждый следующий ход бинта накладывают на половину ширины предыдущего хода. Повязка не должна быть тугой; ее накладывают так, чтобы она не спадала и не перемещалась. По окончании бинтования конец бинта закрепляют булавкой.

При отсутствии перевязочных пакетов можно использовать бинты (в стерильной упаковке) и подручный перевязочный материал: чистые носовые платки, куски простынь и белья, салфетки, косынки и т. п.

**Переломы** бывают полные и неполные (трещины), закрытые и открытые. Признаками перелома служат силь-

ная боль и опухоль на месте перелома, изменение обычной формы конечностей; в месте перелома появляется ненормальная подвижность.

При переломах ног или рук на поврежденную конечность накладывают неподвижную повязку, которая ограничивает движение конечности и уменьшает ее болезненность. Для таких повязок применяют специальные шины и шины из подручного материала: фанеры, доски, линейки, палки, лубки, картон и т. п.

При трещинах и закрытых переломах шины накладывают прямо на одежду. При открытых переломах следует сначала перевязать рану, а затем наложить шину. Шина должна захватить два сустава, между которыми находится сломанная кость (рис. 28).

Шины применяют не всегда. При переломе ключицы, например, в подмышечную впадину вкладывают большой кусок ваты, руку сгибают в локте, а плечевую кость плотно прибинтовывают к туловищу.

На место перелома ребер укладывают слой ваты или другого мягкого материала, а грудь в положении выдоха плотно стягивают повязкой. При переломах костей рук можно плотно прибинтовать поврежденную конечность к туловищу, а при переломе бедра или голени — к здоровой конечности. Пострадавшего с переломом позвоночника нужно положить на спину на доску и немедленно отправить в больницу.

**Ушибом** называют повреждение кровеносных сосудов и мягких тканей без нарушения целостности кожного покрова. На месте ушиба появляются болезненная припухлость и кровоподтеки. При ушибах надо предоставить пострадавшему полный покой, смазать ушибленное место настойкой йода, наложить холодную примочку или пузырь со льдом на 6—8 час. После этого применяют грелки или согревающие компрессы.

**Вывихом** называют смещение суставных поверхностей костей. Признаками вывиха служат: резкая болезненность, смещение кости в суставе, припухлость, отсутствие движения и ненормальное положение вывихнутой конечности. При вывихе, как и при переломе, надо наложить шину или тугую повязку для того, чтобы ограничить подвижность поврежденной конечности и уменьшить ее болезненность. Вправлять вывихнутый сустав может только врач.



Воздействие ударной воздушной волны вызывает легкие и тяжелые контузии. В легких случаях у пострадавших наблюдаются дрожание век, ног, рук, легкое заикание.

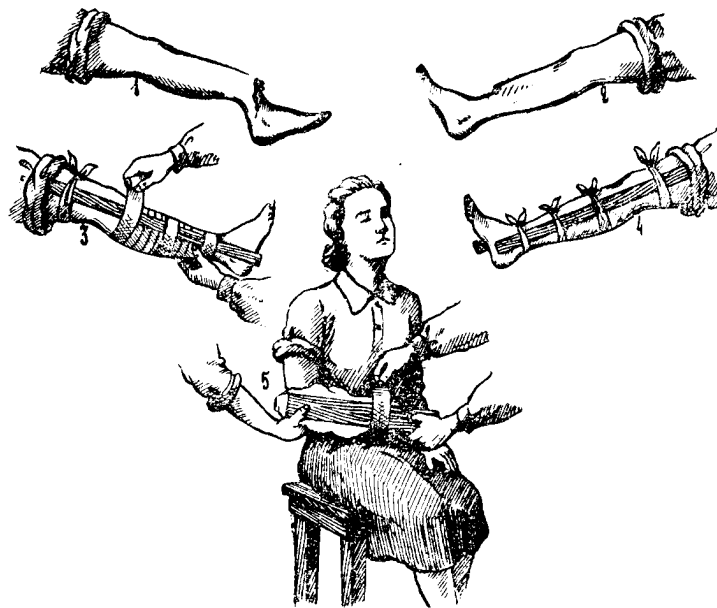


Рис. 28. Первая помощь при переломах:

1-2 — открытый и закрытый переломы нижней конечности; 3-4 — наложение шины из подручных материалов на нижние конечности; 5 — наложение шины из подручного материала на верхнюю конечность

шатающаяся походка и головная боль. В тяжелых случаях поражения отмечаются потеря слуха, нарушение речи, одышка, судороги, потеря сознания, кровотечение из носа и ушей и даже разрывы внутренних органов.

При поражении ударной воздушной волной необходимо предоставить пострадавшему полный покой и немедленно отправить его в больницу.

**Обмороком** называют кратковременную потерю сознания. Обморок может наступить в результате сильной боли, испуга, потери крови и других причин. При обморо-

ке лицо и губы бледнеют, на лице выступает холодный пот, человек теряет сознание и падает.

Пострадавшему нужно прежде всего облегчить дыхание, расстегнуть воротник и пояс и освободить его от стесняющей одежды. Уложить его нужно так, чтобы голова была несколько ниже туловища; можно сбрызнуть голову холодной водой и дать нюхать с ватки нашатырный спирт.

Если при тяжелом обмороке эти меры окажутся не эффективными, нужно сделать искусственное дыхание. После того как пострадавший придет в сознание, ему предоставляют полный покой.

**Поражение электрическим током** вызывает ожоги в местах непосредственного соприкосновения с источником тока и тяжелое состояние, напоминающее контузию от действия ударной воздушной волны. В первую очередь нужно прекратить дальнейшее воздействие тока. Для этого следует выключить источник тока или обрезать провода и откинуть их в сторону сухой палкой. В крайнем случае можно взяться за одежду пострадавшего и оттащить его от проводов. Пострадавшему нужно дать нюхать нашатырный спирт, согреть тело растиранием, сделать искусственное дыхание. На обожженные части тела следует наложить сухую стерильную повязку.

**Ожоги.** В результате атомного взрыва наиболее часто встречающимся видом поражения являются ожоги.

Различают три степени ожогов.

**Ожоги первой степени** характеризуются покраснением и болезненностью обожженного места. В этом случае обожженный участок кожи смачивают слабым раствором марганцовокислого калия (раствор должен быть розового цвета) или раствором питьевой соды (одна чайная ложка соды на стакан кипяченой воды). Можно присыпать обожженное место питьевой содой, тальком, крахмалом, протереть одеколоном или спиртом, или смазать любым несоленым жиром (сливочным, подсолнечным, льняным или хлопковым маслом, рыбьим жиром).

**При ожогах второй степени** на коже образуются пузыри, наполненные желтоватой прозрачной жидкостью. Обожженное место нужно обработать спиртом или раствором марганцовокислого калия, а затем наложить на него сухую стерильную повязку. Ни в коем случае нельзя пузыри вскрывать.

**При ожогах третьей степени** происходит обугливание кожи, глубоко лежащих тканей и даже костей. Первую помощь в этом случае оказывают так же, как и при ожогах второй степени. Пострадавших с ожогами второй и третьей степени немедленно отправляют в больницу.

При оказании первой помощи пострадавшему прежде всего следует осторожно освободить от одежды обожженную поверхность тела и наложить стерильную повязку.

При обширных ожогах после снятия с пострадавших горячей одежды их накрывают чистым одеялом или простыней, тепло укрывают и немедленно отправляют в больницу.

При попадании на кожу горящего фосфора или каких-либо зажигательных веществ, содержащих фосфор (например, напалма или пирогеля), прежде всего надо прекратить горение. Для этого обожженную часть тела погружают в воду или накладывают на нее влажную повязку. На обожженное место рекомендуется наложить повязку, смоченную в растворе медного купороса. Затем пострадавшего немедленно направляют в больницу.

При ожоге слизистых оболочек глаз их промывают слабым раствором питьевой соды, а пораженную полость рта и носоглотку прополаскивают содовым раствором.

**При поражении отравляющими веществами общеядовитого действия** на пораженного надо надеть противогаз и быстро вывести из зараженного района; на чистом воздухе противогаз снимают и оказывают помощь: расстегивают воротник, пояс, делают искусственное дыхание. При попадании капель табуна или зарина на кожу или одежду пораженное место следует обработать нашатырным спиртом или раствором питьевой соды.

Во всех случаях поражений этими ОВ нужно как можно быстрее обращаться за помощью к врачу или в больницу.

**Отравляющие вещества кожноарывного действия** поражают кожные покровы, глаза, слизистые оболочки носоглотки, органы дыхания; эти ОВ обладают также общеядовитым действием.

При поражении кожноарывными ОВ помощь должна быть оказана как можно быстрее, так как от этого зависит степень поражения. Известно, например, что в случае оказания помощи в течение первых 15 мин. после попадания ОВ на кожу поражения можно избежать. Капли

ОВ, попавшие на кожу или одежду, нужно немедленно снять, а пораженный участок кожи обработать с помощью противохимического пакета (правила пользования пакетом указаны на пакете). Если пакета нет, то можно использовать тампоны, смоченные в керосине, бензине, спирте, одеколоне или каком-либо другом растворителе; в крайнем случае капли ОВ можно удалить сухим тампоном или водой с мылом. При попадании капель ОВ на одежду нужно обильно смачивать то место, куда попали капли, до тех пор, пока дегазирующая жидкость не пройдет насквозь через ткань.

Глаза промывают слабым раствором питьевой соды или кипяченой водой; носоглотку и рот прополаскивают также водой или раствором соды.

При поражениях органов дыхания и при отравлении нужна немедленная медицинская помощь.

**Отравляющие вещества удушающего действия** поражают легкие, поэтому первая помощь сводится к тому, чтобы облегчить дыхание и уменьшить потребность в кислороде. Прежде всего на пораженного надевают противогаз и выносят из зараженного района. Затем противогаз снимают, облегчают пострадавшему дыхание (расстегивают пояс, воротник) и предоставляют ему полный покой, так как любая физическая нагрузка (даже движение) ускоряет и значительно усложняет поражение и исход болезни. **Нельзя делать пораженному искусственное дыхание.** Хорошо дать горячий чай или кофе, согреть грелками или тепло укрыть.

**При поражении отравляющими веществами слезоточивого действия** надо надеть противогаз или выйти из зараженного района. Все болезненные явления проходят бесследно через 15—20 мин.

**В результате воздействия отравляющих веществ, раздражающих верхние дыхательные пути,** признаки поражения — чихание, кашель, боль в области груди и головная боль — проходят через 40—50 мин. после того, как будет надет противогаз или пораженный выйдет на чистый воздух.

**Меры первой помощи при поражении радиоактивными веществами** направлены на то, чтобы прекратить дальнейшее воздействие этих веществ на человека.

В первую очередь необходимо надеть противогаз

и средства защиты и немедленно принять все меры к выходу из зараженного района. Вне зараженного района на специально отведенной площадке следует сразу же произвести частичную санитарную обработку и обеззараживание одежды и обуви.

После частичной санитарной обработки все население, вышедшее из районов, подвергавшихся радиоактивному заражению, проходит дозиметрический контроль, с помощью которого определяют степень радиоактивного заражения. Если степень заражения превышает допустимый уровень, то пострадавших направляют на полную санитарную обработку на обмывочные и санитарные пункты, в бани и душевые установки.

**В случае применения противником каких-либо бактериальных средств** первая помощь заключается в том, чтобы защитить организм от возбудителей инфекционных заболеваний. С этой целью надевают противогазы, ватно-марлевые повязки, а в крайнем случае — респираторы. Нужно использовать также средства защиты ног, рук и защитную накидку. Все население, находившееся в районе бактериологического заражения, должно пройти санитарно-дезинфекционную обработку; одежду и обувь необходимо продезинфицировать; после этого населению делают предохранительные прививки.

## **2. ПРИЕМЫ ВЫНОСА И ПЕРЕНОСКИ ПОСТРАДАВШИХ**

Приемы выноса пострадавших очень разнообразны. Применение того или иного способа зависит от количества пострадавших, их состояния, количества санитаров и от ряда других условий.

Для выноса и переноски пострадавших используют главным образом стандартные носилки с ляжками или только ляжки, без носилок. Взамен носилок можно приспособить небольшие лестницы, жерди, палки, на которые надевают мешки, пальто и т. п.

При ранении в грудь пострадавшего кладут на носилки на спину, подложив под спину свернутую одежду для того, чтобы голова и туловище были немного приподняты. Раненого в спину кладут на правый бок; при ранении в живот пострадавшего укладывают на носилки на спину, слегка сгибают и разводят его колени и подкладывают

под них валик из одежды. В случае перелома позвоночника раненого кладут на носилки с твердой подкладкой (доской).

При переноске пострадавших на носилках санитары должны идти не в ногу, чтобы носилки не раскачивались.

Пострадавших можно переносить и на руках. Если,

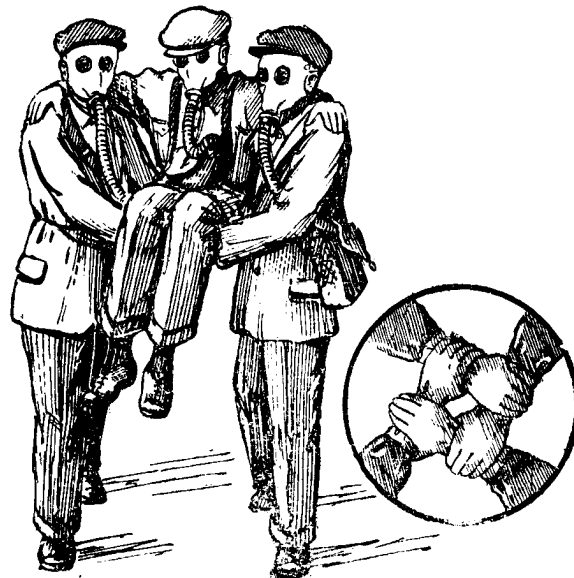


Рис. 29. Переноска пострадавшего с помощью сложного или четверного замка

например, пострадавший не потерял сознания и не имеет ранения рук, его можно переносить с помощью «сложного», или «четверного», замка (рис. 29). Если пострадавшего нужно поддерживать при переноске, то применяют «простой», или «тройной», замок. Пострадавшего, находящегося в бессознательном состоянии, можно переносить на руках (рис. 30).

Основные правила оказания помощи просты и требуют лишь практических навыков. Поэтому каждый гражданин может и должен научиться оказывать самопомощь и взаимопомощь.



Рис. 30. Переноска пострадавшего на руках

## Глава VII

### БОРЬБА С ЗАЖИГАТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Пожары приносят не только большие материальные убытки, но и нередко сопровождаются человеческими жертвами. Особенно опасны пожары в населенных пунктах или районах, застроенных деревянными домами. Здесь пламя легко перебрасывается на соседние дома, а в жаркую или ветреную погоду может уничтожить целые улицы и даже селения.

В мирное время большинство пожаров является следствием неосторожного обращения с огнем. Пожары могут возникнуть и по другим причинам: при неисправности дымоходов, печей, электропроводки, газовых сетей и пр.

В военное время опасность возникновения пожаров резко возрастает. В этом случае пожары могут начаться в результате применения противником зажигательных средств и действия светового излучения атомного взрыва, а также в результате разрушения и повреждения зда-

ний: от огня непотушенных печей, примусов, керосиной и других нагревательных приборов, от воспламенения газа при повреждении газопроводов и вследствие других причин.

Особенно большие размеры принимают пожары в результате атомного взрыва: мощная ударная волна разрушает здания, газопроводы и водопроводные сети, выбивает стекла и разрушает деревянные сооружения на значительном расстоянии от места взрыва, далеко разбрасывает горящие обломки, перекидывая их даже через водные преграды и негорящие кварталы.

В случае появления большого количества очагов пожара (особенно в результате атомного взрыва) специальные пожарные команды будут участвовать в тушении только наиболее крупных опасных пожаров. Основные же мероприятия по ликвидации огня будут осуществлять группы самозащиты и население.

Борьба с пожарами, возникшими в результате нападения с воздуха, будет значительно облегчена, если заблаговременно будут проведены определенные противопожарные предупредительные мероприятия.

### **1. КАК УМЕНЬШИТЬ ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА В ЖИЛОМ ДОМЕ**

С введением «Угрожаемого положения» все граждане должны тщательно проверить выполнение противопожарных предупредительных мероприятий в своем жилище, в доме и на работе.

Чтобы уменьшить опасность возникновения пожара на чердаках, нужно убрать все имеющиеся там легковоспламеняющиеся предметы. Если чердачное перекрытие для утепления засыпано слоем опилок, торфяной крошкой и т. п. легковоспламеняющимися материалами, то их нужно заменить песком, шлаком или размолотой глиной.

Двери и слуховые окна на чердаках должны быть застеклены или забиты фанерой и плотно закрыты, чтобы не было сквозняков. Внутренние и приставные лестницы, ведущие на чердак, должны содержаться в полной исправности. Деревянные конструкции чердачного помещения (стропила, обрешетки и пр.) необходимо покрыть огне-



упорной замазкой (глиной, смешанной с известью) или огнезащитной пропиткой.

Очень опасен пожар на лестничных клетках и в коридорах, так как в этих случаях будет затруднено спасение людей и имущества, а также тушение пожара. Учитывая эти обстоятельства, нельзя хранить в коридорах и лестничных клетках горючие или легковоспламеняющиеся материалы; нельзя загромождать коридоры и лестницы ящиками, корзинами, мебелью и другими домашними вещами; нельзя пользоваться керосиновыми нагревательными приборами в коридорах, проходах, передних и на лестничных клетках.

Керосин, бензин и другие горючие жидкости разрешается хранить только в металлической закрытой таре, в специально отведенном месте и в ограниченном количестве. Все осветительные и нагревательные приборы (примусы, керосинки, керогазы, утюги, чайники, кастрюли и т. п.) должны находиться под постоянным наблюдением. Уходя из дому, их необходимо выключать. Особое внимание следует обращать на исправность электропроводки.

Территория дворов и улиц вокруг домов должна быть тщательно очищена от досок, щепок и другого строительного мусора и легковоспламеняющихся материалов. Вблизи зданий запрещается хранить дрова, уголь, сено, солому.

Нельзя загромождать или заколачивать запасные выходы из квартир и зданий. Двери всех выходов должны открываться наружу. Ступеньки и лестницы необходимо очищать зимой от снега и льда.

Проходы и подъезды к внутренним пожарным кранам и городским пожарным гидрантам должны содержаться в полном порядке, особенно зимой. В качестве дополнительных источников пожарного водоснабжения в военное время следует создавать искусственные водоемы.

С объявлением «Угрожаемого положения» все указанные предупредительные противопожарные мероприятия проверяются и расширяются.

На чердаках, лестничных клетках, в коридорах, во дворах и других наиболее опасных в пожарном отношении местах устанавливают бочки с водой, в которых должны постоянно находиться швабры и метлы для тушения искр и зажигательных веществ типа напалма и пирогея.



Рис. 31. Пожарный пост на чердаке

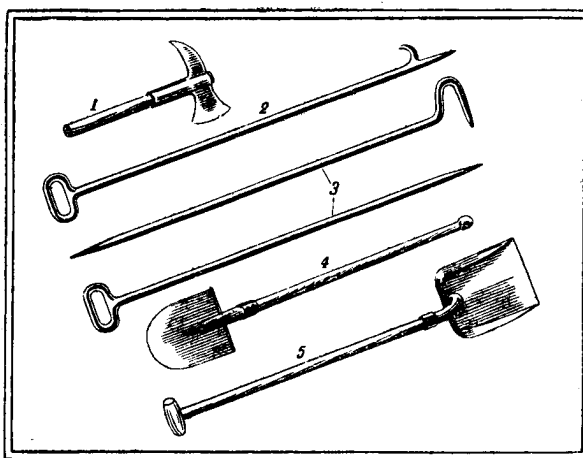


Рис. 32. Шанцевый инструмент:

1 — топор; 2 — багор; 3 — ломы; 4 — лопата; 5 — совковая лопата

Кроме того, должны быть один-два ящика с песком, лопаты для сбрасывания мелких зажигательных авиабомб, металлические скребки для удаления сгустков напалма и пирогеля, один-два огнетушителя.

На рис. 31 показано оборудование пожарного поста на чердаке. Пожарный пост начинает свою работу с момента объявления сигнала «Воздушная тревога».

Пожарные посты могут быть оборудованы также на лестничных клетках, в коридорах; для этого там устанавливают бочки с водой, ящики с песком и щит с пожарным (шанцевым) инструментом (рис. 32).

В жилых квартирах водой наполняют ванны, баки, корыта и другую тару, устанавливают ящики или ведра с песком, подготавливают лопаты, метлы и швабры. Легкозагорающиеся предметы (книги, одежду, одеяла, подушки, белье) рекомендуется хранить в ящиках, сундуках и шкафах.

Во дворах также оборудуют пожарные посты, а в специально отведенных местах размещают огнетушители, гидропульты, шанцевый инструмент.

## 2. СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ЗАГОРАНИЙ И ПОЖАРОВ

Наиболее распространенными средствами тушения загораний и пожаров являются вода, песок и огнегасительная пена огнетушителей.

**Вода** — самое лучшее и почти всегда имеющееся под руками средство пожаротушения. Она быстро охлаждает горящий предмет, прекращает доступ кислорода воздуха к горячей поверхности. Сильная струя воды сбивает и заглушает пламя.

Для подачи воды на горящий предмет применяют ручные насосы, гидропульт-ведро или гидропульт-костыль, ведро. Используют также внутренние пожарные краны. Пожарные команды имеют в своем распоряжении мощные насосы, подающие непрерывную струю воды на высоту в несколько десятков метров.

**Песок** изолирует горящую поверхность от кислорода воздуха, а также от окружающих предметов, — это предупреждает распространение пожара. Песок, используемый для тушения, должен быть сухим и чистым. Песок применяют главным образом для тушения горящих нефтепродуктов, зажигательных смесей типа напалма и пи-

пирогеля, термитных и электронно-термитных бомб малых калибров. Вместо песка можно применять сухую размолотую глину, землю, золу.

**Огнегасительную пену** можно получить с помощью различных пенообразующих приборов, например ручных пенных огнетушителей ОП-1 и ОП-3. Пенные огнетушители используют для тушения зажигательных авиабомб малых калибров, горючих смесей типа напалма и пирогеля, а главным образом горящих нефтепродуктов.

Шанцевый инструмент — ломы, багры, топоры, лопаты и др. — необходим для производства спасательных работ, растаскивания в стороны горящих предметов и в других случаях.

Метлы и швабры применяются для тушения искр и сгустков напалма и пирогеля.

Шанцевый инструмент, огнетушители, ведра размещают на пожарных щитах при оборудовании пожарных постов.

### **3. КАК БОРЬТЬСЯ С ЗАЖИГАТЕЛЬНЫМИ БОМБАМИ**

При своевременной подготовке населения и проведении мер противопожарной защиты действие зажигательных авиабомб (особенно малых калибров) может быть сведено на нет.

Во время Великой Отечественной войны советские люди смело боролись с зажигательными бомбами и умело ликвидировали возникавшие загорания и пожары. Известно, что 99 процентов всех загораний и пожаров было потушено населением без помощи пожарных команд.

Для успешной ликвидации загораний очень важно обнаружить зажигательные авиабомбы в момент их падения. Только что упавшую зажигательную бомбу (особенно малого калибра) можно легко ликвидировать, не допустив загорания.

Для ликвидации бомбы в момент падения применяют разнообразные приемы и используют различные средства: воду, песок, огнетушители, пожарный инструмент и т. д.

Действия населения по ликвидации зажигательных авиабомб и вызванных ими загораний, использование тех или иных приемов и средств тушения зависят от калибра бомбы, ее снаряжения, количества сброшенных бомб и характера места, на котором они обнаружены.

Электронно-термитные и термитные авиабомбы малых калибров тушить сравнительно нетрудно. Если в какое-либо помещение — на чердак, в комнату — попадет такая бомба или даже несколько бомб, надо немедленно подхватить ее лопатой или рукой, защищенной брезентовой рукавицей, и выбросить на улицу или во двор (рис. 33).

Если бомба застряла в крыше, стене или междуэтажном перекрытии, ее надо с помощью лома или топора вы-

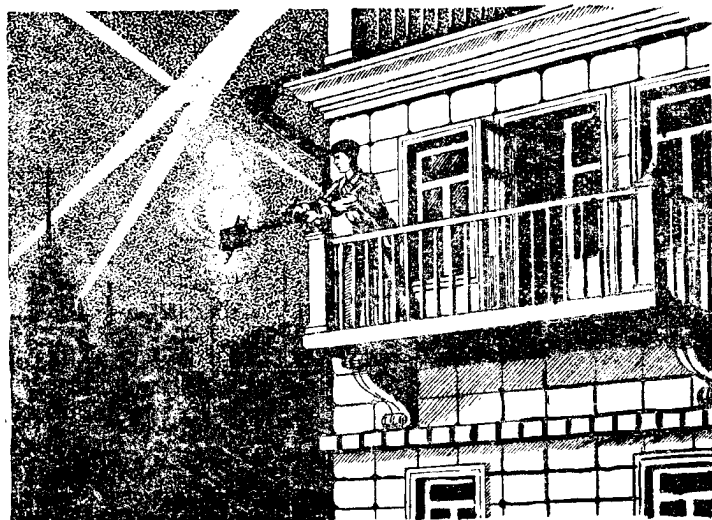


Рис. 33. Выбрасывание горячей авиабомбы

бить оттуда, а затем выбросить на улицу или во двор. Там бомбу следует потушить или дать ей догореть (в зависимости от обстановки и условий). Если выбросить зажигательную авиабомбу нельзя (например, в том случае, когда во дворе или на улице работают другие команды или расположены легковоспламеняющиеся материалы), то ее надо тушить на месте падения водой, песком или с помощью огнетушителя. Все эти действия нужно выполнять быстро и энергично, чтобы не дать бомбе разгореться.

При тушении водой из рукава внутреннего пожарного крана или из гидропульты надо подавать сплошную и сильную струю прямо на горящую бомбу (рис. 34), так как при недостаточном количестве воды брызги расплав-

ленного шлака будут разлетаться в стороны, расширяя очаг пожара и вызывая поражения людей.

Термитные и электронно-термитные бомбы малых калибров можно бросать в бочки, ведра, ванны с водой (рис. 35). На дно бочки, чтобы оно не прогорало, предварительно должен быть насыпан слой песка толщиной 10—15 см.

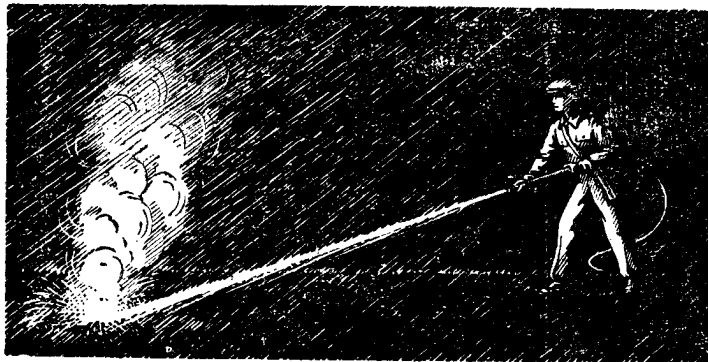


Рис. 34. Тушение горячей зажигательной бомбы сильной струей воды



Рис. 35. Тушение бомбы в бочке с водой

Чтобы потушить загоревшуюся бомбу песком, надо быстро перебросить ее лопатой или защищенными руками на «песочную подушку» (слой песка толщиной 10—15 см) и сверху засыпать песком. Если вблизи от места падения бомбы имеется ящик с песком, то бомбу можно бросить в него, а сверху засыпать песком. После догорания бомбы в песке (песок не прекращает горения, а лишь ограничивает распространение пламени) остается шлак, который также может вызвать загорание. Чтобы

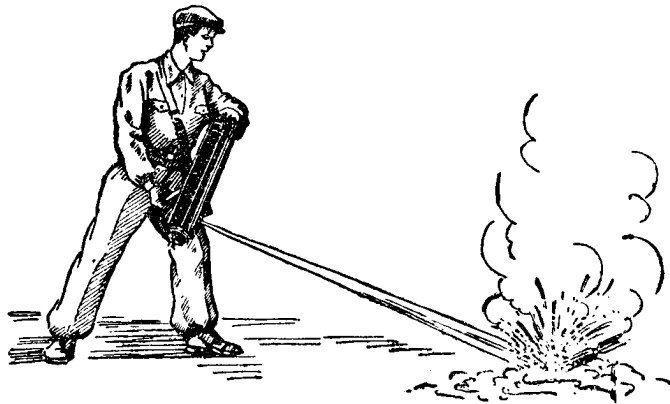


Рис. 36. Тушение бомбы с помощью огнетушителя

предупредить подобные последствия, шлак надо собрать в ведро и вынести в безопасное место.

При тушении бомбы с помощью огнетушителя струю пены направляют снизу вверх так, чтобы сбить пламя, сплошь покрывая пеной всю горящую поверхность бомбы (рис. 36).

При падении напалмовых или пирогелевых бомб малых калибров отдельные сгустки горячей смеси разбрасываются на большой площади и прилипают ко всем окружающим предметам. Это создает некоторые трудности при тушении загораний. Каждый сгусток напалма или пирогеля надо потушить струей воды, забросать песком, землей или покрыть пеной из огнетушителя; после прекращения горения сгустки тщательно счищают железной лопатой, скребком, мокрой метлой или шваброй. Все остатки напалма или пирогеля, а также корпус бомбы,

после того как прекратится горение, надо обязательно собрать в любую металлическую тару, вынести в безопасное место и там сжечь или зарыть в землю на глубину не менее одного метра. После тушения следует внимательно осмотреть место падения бомбы, а также свою одежду и обувь, тщательно сняв с них все капли напалма или пирогеля.

Потушить пожар и загорания от крупных зажигательных авиабомб трудно. Для этого нужны более мощные средства пожаротушения, чем те, которыми располагают группы самозащиты и население. При возникновении больших пожаров все усилия должны быть направлены на то, чтобы не допустить дальнейшего распространения огня. Для этого нужно направлять струи воды из рукавов внутренних пожарных кранов и из гидропультов на загоревшиеся и незагоревшиеся предметы, находящиеся вблизи от места падения бомбы. Незагоревшую мебель и предметы домашнего обихода следует немедленно вынести в безопасное место.

#### **4. ЧТО НАДО ДЕЛАТЬ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА**

При появлении огня нужно вызвать пожарную команду, а до ее прибытия немедленно приступить к тушению своими силами, используя для этого воду, песок, огнетушители<sup>1</sup>.

Загоревшиеся тряпки, скатерти, бумагу, выпавшие из печки горящие поленья или угли заливают водой. В случае загорания электроприборов, радиоприемников их выключают и тушат. При загорании электропроводов нужно сначала выключить ток, вывернуть предохранительные пробки или перерезать провода, а затем потушить их. Чтобы перерезать провода, надо обмотать руку сухой тряпкой, взять нож или ножницы, встать на сухой стул или стол, перерезать и отогнуть сначала один провод, а затем другой, причем второй провод отгибают в противоположную сторону.

---

<sup>1</sup> Чтобы привести огнетушитель в действие, его берут правой рукой за верхнюю ручку, а левой — за нижнюю, переворачивают и ударяют кнопкой ударника о стену, пол или о землю. Продолжая держать огнетушитель в перевернутом состоянии, струю пены направляют на горящий предмет.



При воспламенении керосина, при взрыве керосинки или примуса огонь надо тушить песком, с помощью огнетушителя или набросить на огонь одеяло, ковер, пальто и т. п. **Керосин и другие нефтепродукты ни в коем случае нельзя тушить водой**, так как эти горючие жидкости всплывают на поверхность воды и растекаются вместе с ней, увеличивая очаг пожара.

Если в загоревшемся доме или квартире остались люди, надо принять все меры к их спасению. В первую очередь выводят детей, стариков и инвалидов. Прежде чем приступить к спасательным работам, необходимо предварительно проверить, не охвачены ли огнем коридор или лестничная клетка.

При входе в помещение, где могут находиться люди, их надо окликнуть. Если помещение отрезано огнем, то продвигаться через огонь следует как можно быстрее, накрывшись с головой одеялом, брезентом, мешком и т. п., обильно смоченными водой.

Во время тушения пожара нужно действовать спокойно и энергично.

Успех борьбы с зажигательными авиабомбами и вызванными ими загораниями в значительной мере зависит от находчивости, смелости, мужества и выдержки, проявленных населением в условиях нападения с воздуха.

## Глава VIII

### **КАК ОБНАРУЖИТЬ В ВОЗДУХЕ И НА МЕСТНОСТИ ОТРАВЛЯЮЩИЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ИЛИ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА**

Очень важно своевременно обнаружить и определить применение противником отравляющих веществ, так как это позволяет вовремя подать сигнал «Химическое нападение» и принять меры противохимической защиты, а также быстро и правильно оказать необходимую помощь всем отравленным и пораженным.

Самым надежным и безопасным способом является обнаружение отравляющих веществ в воздухе и на местности с помощью специальных приборов, имеющихся в группах самозащиты и других формированиях МПВО. В группах самозащиты имеется упрощенный прибор инди-

кации (индикация обозначает обнаружение), который позволяет быстро и безошибочно обнаружить наличие ОВ и определить, какое ОВ было применено в данном случае.

Но в некоторых случаях применение противником отравляющих веществ может быть обнаружено по внешним признакам, а также по характеру разрывов авиационных химических бомб. Правда, эти признаки, как правило, легко заметить только в момент боевого применения ОВ, например при разрывах авиабомб, при выливании ОВ с самолетов или же спустя короткое время после химического нападения. Но все же эти признаки следует знать и иметь о них представление.

Разрыв химической авиабомбы ударного действия со стойкими ОВ (типа зарин, иприт) сопровождается глухим звуком. Над местом разрыва образуется небольшое, иногда окрашенное облачко, быстро рассеивающееся ветром. В грунте остается небольшая воронка, в ней или вблизи от нее могут находиться остатки корпуса авиабомбы. При разрыве такой авиабомбы ОВ разбрызгивается во все стороны, поэтому вокруг воронки создается небольшой участок заражения. При отсутствии ветра этот участок имеет очертания почти правильного круга. При наличии ветра участок заражения вытягивается в сторону ветра. Размер капель и их количество заметно уменьшаются по мере удаления от воронки. Если разрыв авиабомбы произошел недалеко от здания, забора или деревьев, то капли ОВ будут видны на стенах здания, заборе и стволах деревьев.

Разрыв химической авиабомбы дистанционного действия со стойкими ОВ происходит в воздухе и сопровождается более громким звуком. В этом случае ОВ разбрызгиваются на большей площади и капли будут видны не только на поверхности мостовых, тротуаров и почвы, но и на крышах, стенах зданий и на других предметах.

Химическая авиабомба с нестойкими ОВ (типа фосген, хлорциан, синильная кислота) разрывается при ударе о землю; при этом образуется небольшая воронка, в которой видны остатки корпуса бомбы. Над местом разрыва такой авиабомбы появляется довольно заметное облако, которое постепенно рассеивается и перемещается ветром.

Разрыв осколочно-химической авиабомбы с ОВ раздражающего действия сопровождается сильным резким звуком. Над местом разрыва бомбы образуется неболь-

шое, слегка окрашенное облачко ядовитого дыма. Если авиабомба была снаряжена адамситом, то цвет облачка зеленоватый; если хлорацетофеноном, цвет облачка голубоватый. На зданиях, заборах, деревьях видны следы действия осколков.

При выливании стойких ОВ с самолетов из выливных авиационных приборов на земле, крышах, а с подветренной стороны — на стенах зданий и других предметах, видны капли ОВ. В момент выливания ОВ за самолетом образуется темная полоса, относимая в сторону ветром.

Есть и другие внешние признаки, которые позволяют установить наличие ОВ на местности. Так, например, в первые часы после заражения капли ОВ хорошо заметны на листьях деревьев, траве, мостовой, тротуарах и грунте, на поверхности различных предметов. На поверхности водоемов (озера, пруда, бассейна, реки) в первые часы после заражения видна тонкая радужная маслянистая пленка.

При попадании капель иприта на зеленую растительность в течение первых суток зелень приобретает бурожелтую окраску и увядает. Зеленые листья, трава и другая растительность, на которые попали капли люизита, через несколько минут после заражения свертываются и засыхают, приобретая при этом красно-бурый или бурый оттенок.

На пыльной мостовой, тротуарах и на грунте, особенно в сухую погоду, капли стойких ОВ образуют пыльные шарики и оставляют темные пятна.

Если человек не успел надеть противогаз, то присутствие ОВ в воздухе можно определить по запаху.

Для быстрой ликвидации последствий химического нападения и восстановления нормальной жизни в городах, населенных пунктах и на различных объектах народного хозяйства местная противовоздушная оборона организует и проводит мероприятия по дегазации.

Дегазацией называют комплекс мероприятий (организационного и технического характера), которые обеспечивают удаление или полное обезвреживание ОВ на зараженной территории, зданиях, транспорте, оборудовании и т. п.

**В результате выпадения радиоактивной пыли из облака после атомного взрыва или применения боевых радиоактивных веществ могут быть заражены воздух, террито-**

**рия города, здания и сооружения, транспорт, различные предметы и т. п.** Люди могут получить поражения при вдыхании зараженного воздуха или при попадании радиоактивных веществ на одежду и обувь, а также при употреблении в пищу зараженных продуктов питания и воды. Опасность поражения радиоактивными веществами возрастает в связи с тем, что эти вещества не имеют никаких внешних признаков (цвета, запаха и т. п.) и могут быть обнаружены только специальными приборами — индикаторами (определителями) радиоактивности, рентгенометрами и другими. Эти приборы имеются только в специальных командах и других формированиях МПВО.

С помощью указанных приборов разведка МПВО устанавливает степень радиоактивного заражения местности, зданий и т. п., определяет и обозначает предупредительными знаками границы зараженного района. На таких предупредительных знаках обычно указан уровень (мощность) радиации.

В пределах зараженного района местность, здания и сооружения, транспорт, мебель, различные предметы, одежда и т. п. должны быть обезврежены в самый кратчайший срок. Все мероприятия, направленные на удаление радиоактивных веществ с зараженных территорий, зданий и предметов с целью их обезвреживания получили название **д е з а к т и в а ц и и**.

После окончания работ по дезактивации все население, принимавшее участие в этих работах, проходит дозиметрический контроль (с помощью которого устанавливают, есть ли заражение, и степень зараженности) и при необходимости направляется на полную санитарную обработку.

**В условиях бактериологической войны особенно важно установить начало бактериологического нападения**, так как обнаруженные вовремя бактериальные средства (то есть болезнетворные микробы и токсины, используемые противником в качестве бактериологического оружия), зараженные насекомые и грызуны имеют способность быстро распространяться на значительной территории и могут вызвать вспышки инфекционных заболеваний.

Если для обнаружения отравляющих и радиоактивных веществ имеются специальные приборы, которые позволяют немедленно установить наличие этих веществ в воздухе и на местности, то для обнаружения бактериальных

средств непосредственно в момент их применения приборов пока не существует. Чтобы установить факт бактериального заражения и границы зараженного района и определить, возбудители каких инфекционных заболеваний применил противник, необходимо произвести лабораторные анализы зараженного воздуха, почвы, воды, продуктов питания и т. п., на что требуется довольно длительное время.

Начало применения противником бактериальных средств можно установить по некоторым внешним признакам, которые должно знать население. Только в этом случае будет обеспечена своевременность обнаружения бактериологического нападения.

Особенностями действия бактериальных авиационных бомб является глухой звук взрыва; некоторые бомбы и контейнеры, снаряжаемые зараженными насекомыми, раскрываются без всякого звука. Это обстоятельство создает трудности при определении места падения бактериальных бомб или контейнеров, так как сам факт сбрасывания таких бомб может остаться незамеченным.

После разрыва бактериальной авиабомбы в грунте остается небольшая воронка; в воронке или вблизи нее видны остатки корпуса бомбы или остатки бомбы необычной конструкции (например, с распыливающими устройствами). На почве, стенах и крышах зданий, на различных предметах могут быть заметны порошкообразные или студнеобразные вещества или капли жидкости. В момент разрыва бактериальной бомбы у поверхности земли в месте ее падения появляется небольшое облачко дыма или тумана.

Применение зараженных насекомых, клещей, грызунов может быть установлено по остаткам сброшенных с самолетов специальных контейнеров, бомб, пакетов, мешков. В местах их падения могут быть обнаружены значительные количества насекомых и клещей. Наличие необычных скоплений насекомых, клещей и грызунов или появление таких видов насекомых, которых не было в данной местности, также является признаком бактериологического нападения.

При обнаружении зараженных насекомых, клещей или грызунов надо срочно сообщить в штаб МПВО, медицинским работникам или органам милиции; одновременно

следует немедленно принять все меры для их уничтожения или изоляции.

Признаком того, что противник применил бактериологическое оружие, служит внезапный падеж домашних и диких животных или появление среди них массовых заболеваний. Это может иметь место при заражении водопоя или пастбищ.

Сразу же, как только будет установлен факт бактериологического нападения, штабы местной противовоздушной обороны организуют бактериологическую разведку, которая определяет границы очага заражения и виды примененных возбудителей. В очаге заражения вводится режимное мероприятие — карантин.

Для обеззараживания городской территории, зданий, сооружений и транспорта дегазационные и другие команды и формирования МПВО производят д е з и н ф е к ц и ю.

Во время работ по дегазации, дезактивации и дезинфекции необходимо соблюдать правила предосторожности: не курить, не принимать пищи и не пить воды; не садиться и не ложиться на зараженную поверхность; не снимать противогаза и других средств защиты на зараженном участке; строго выполнять все указания работников МПВО и медицинской службы.

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Глава I. Современные средства нападения и поражения . . . . .	5
Глава II. Основные сведения о ПВО, МПВО и ДОСААФ . . . . .	24
Глава III. Обязанности и правила поведения населения с введением «Угрожаемого положения» и по сигналам МПВО . . . . .	29
Глава IV. Средства защиты населения при нападении с воздуха . . . . .	37
Глава V. Светомаскировка и ее назначение . . . . .	59
Глава VI. Первая помощь пострадавшим . . . . .	69
Глава VII. Борьба с зажигательными средствами . . . . .	80
Глава VIII. Как обнаружить в воздухе и на местности отравляющие и радиоактивные вещества или бактериальные средства . . . . .	90

Иосиф Иосифович САВИЦКИЙ  
**ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
ОТ ПОРАЖЕНИЯ С ВОЗДУХА**

Редактор *М. Д. Каневская*  
Технич. редактор *Г. Блаженкова*  
Художествен. редактор *Б. А. Васильев*  
Корректор *М. М. Островская*

---

Подписано к печати 22/VII-57 г. Бумага 84×108<sup>1/2</sup> мм. 3 физ. п. л.=4,920  
усл. п. л. Уч.-изд. л. 4,77. Г-30363. Тираж 200 000 экз. Изд. № 2/108.  
Цена 1 р. 50 к. Зак. 2855.  
Издательство ДОСААФ, Москва, В-66, Ново-Рязанская ул., 26.

---

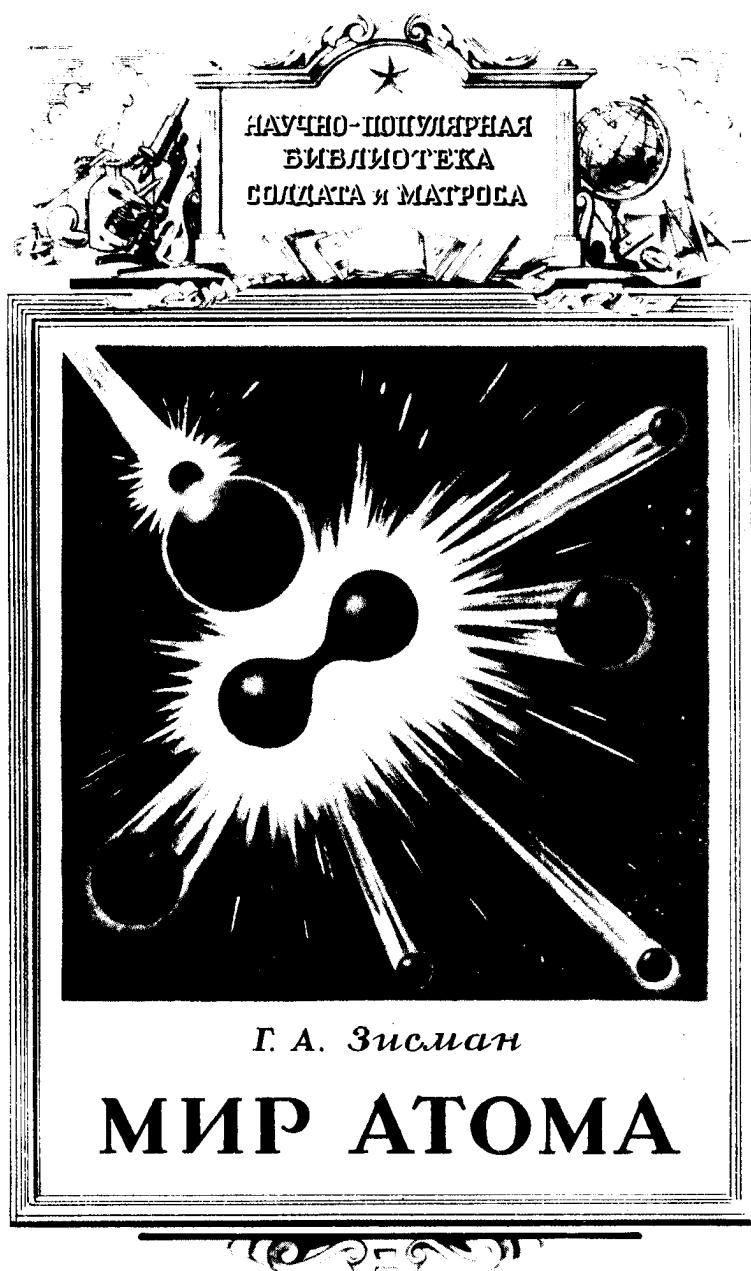
Типография «Известий Советов депутатов трудящихся СССР»  
имени И. И. Скворцова-Степанова, Москва, пл. Пушкина, д. 5.

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

**Цена 1 руб. 50 коп.**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9





Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА  
СОЛДАТА И МАТРОСА

---

---

Г. А. ЗИСМАН  
КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

# МИР АТОМА

— ◀ ○ ▶ —

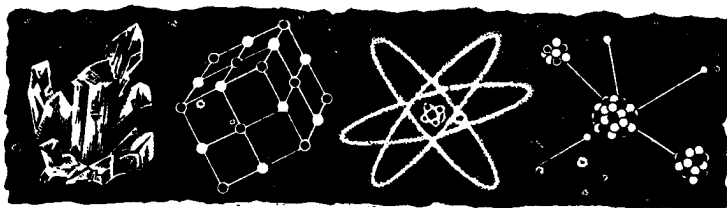
*Издание пятое,  
переработанное и дополненное*

---

---

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
*Москва — 1956*

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9



## ВВЕДЕНИЕ

**К**оммунистическая партия, организуя массы на выполнение великих задач по дальнейшему мощному подъёму экономики и культуры нашей страны, поставленных XX съездом КПСС, уделяет огромное внимание делу коммунистического воспитания советских людей. Она ведёт неустанную борьбу против всяких пережитков буржуазной идеологии, в том числе против религиозных предрассудков и суеверий, имеющих у некоторой части советских людей.

Большое значение в деле борьбы с религиозными пережитками имеет распространение правильного, научного представления об устройстве окружающего нас мира.

В противоположность религии, распространяющей и поддерживающей вымышленные представления о жизни природы и человека, об окружающем нас мире, наука даёт нам правильное представление об устройстве мира, раскрывает объективные законы развития природы. Всё более глубокое проникновение в тайны строения вещества, в мир атома и других мельчайших частиц материи не только даёт нам возможность использовать громадные количества атомной энергии, но и очень важно для всего нашего мировоззрения, для наших представлений об устройстве мира.

Идеалисты различных направлений утверждают, что наука якобы бессильна познать законы природы, что она никогда не будет в состоянии узнать, как устроены мельчайшие частицы материи, что законы, которым они подчиняются, останутся навсегда скрытыми от нас. Некоторые из буржуазных учёных договариваются до того, что мель-

чайшие частицы вещества могут поступать, «как им вздумается», обладают «свободой воли». Так учёные-идеалисты пытаются примирить науку с религией.

В нашей стране, строящей коммунизм, могучим оружием идеологического воспитания народа, путеводной звездой для всех наук является марксизм-ленинизм. В отличие от всех реакционных учений мировоззрение коммунизма — оно называется *диалектическим материализмом* — учит, что природа, материя, существует объективно, то есть независимо от человеческого сознания, что материя не есть «произведение человеческого духа», природа не создаётся духом, а лишь познаётся им и что это познание не имеет границ.

Всё развитие науки подтверждает правильность нашего мировоззрения. Особенно наглядно это подтверждается развитием учения об атомах и молекулах.

Ещё в прошлом веке представление об атомах, мысль о том, что все тела состоят из мельчайших невидимых частиц, являлась до некоторой степени лишь догадкой, предположением. Никто не видел воочию атомов и молекул. Их существование доказывалось лишь косвенным путём. Поэтому находились буржуазные учёные, которые утверждали, что атомы и молекулы никогда не могут быть нами познаны и, следовательно, нельзя говорить о том, что они существуют. Так, даже в начале XX века немецкий химик Оствальд утверждал, что атомы и молекулы являются лишь созданием нашего воображения, что в действительности они не существуют и не могут быть нами познаны.

Успехи науки за последние десятилетия полностью опровергли подобные реакционные, антинаучные утверждения.

Реальное, независимое от нас существование атомов и молекул, возможность их познания были доказаны с полной определённой. Учёные не только подробно изучили строение этих мельчайших частиц, они научились получать из атомов невиданные количества энергии. Более того, в наше время в технике работают сотни сложнейших приборов, в которых основную работу совершают электроны — частицы, во много раз меньшие атома, входящие в атом как его составная часть.

С полной уверенностью мы можем говорить о том, что наши знания об атомах и других мельчайших частицах ве-

щества дают нам истинную, объективную картину строения материи; наши знания проверены опытом.

В настоящей книге мы подробно расскажем о строении атомов, об электронах, протонах и других частицах, входящих в состав атомов или образующихся в них. Мы расскажем о том, как учёные проникли в мир атома, его центральную часть — атомное ядро. Наконец, мы расскажем о значении атомной энергии во вселенной, о способах получения атомной энергии, а также о других применениях превращений атомных ядер.

## Глава I

### МОЛЕКУЛЫ И АТОМЫ

#### 1. Молекулы

Всем хорошо известно, что вода может находиться в трёх состояниях — в твёрдом (лёд), жидком и газообразном (водяной пар). Почему при повышении температуры вода испаряется, а при понижении температуры замерзает? Ответ на этот вопрос дал великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов.

Ломоносов утверждал, что *все вещества — камни, вода, дерево, воздух — состоят из мельчайших невидимых частиц — «зёрен вещества»*. Эти частицы беспрестанно движутся. От скорости движения частиц и зависит температура тела: чем быстрее движутся частицы вещества, тем выше температура тела. Теперь мы знаем, что Ломоносов был прав. Каждое тело действительно состоит из множества невидимых частиц — *молекул*.

Движение молекул различно у разных тел. В твёрдых телах эти частицы вещества колеблются, оставаясь на своих местах так, как если бы они были скреплены между собой пружинками. Молекулы расположены близко друг к другу; между ними действуют особые молекулярные силы (действие которых мы только что сравнили с действием пружинки), удерживающие одну молекулу около другой. Поэтому твёрдые тела сохраняют свою форму.

Начнём нагревать твёрдое тело, например лёд. Скорость колебания молекул при этом будет возрастать. Наступит момент, когда силы притяжения между молекулами не смогут удерживать их на прежних местах — «пружин-

ки порвутся». Молекулы начнут перемещаться, как бы колеблясь и скользя одна около другой. Однако при этом они не будут удаляться друг от друга, поэтому объём, занимаемый веществом, почти не изменится. Но вещество, молекулы которого могут перемещаться, уже не сможет сохранять свою форму — оно становится жидким, текучим. Лёд тает, превращаясь в воду.

Если продолжать нагревание, то наступит момент, когда скорость движения молекул возрастёт настолько, что они смогут преодолеть силы, удерживающие их друг около друга. Отдельные молекулы начнут отрываться от поверхности жидкости и улетать прочь. Жидкость — вода — начнёт превращаться в газ — водяной пар.

Газ не способен сохранять ни свою форму, ни свой объём, так как молекулы его движутся свободно и могут удаляться на любые расстояния друг от друга.

Движением молекул объясняется ряд разнообразнейших явлений.

Например, давление, оказываемое газом на стенки сосуда, в который он заключён, объясняется ударами о стенки быстро движущихся молекул (это объяснение принадлежит Ломоносову). Увеличивая количество газа в сосуде, мы увеличиваем число ударяющихся в стенку молекул, то есть увеличиваем давление. Это мы наглядно видим, например, при накачивании воздухом автомобильной шины.

Давление газа можно увеличить и другим путём — повышая скорость молекул, а значит, и силу их удара о стенки. Для этого газ нужно нагреть. Таким путем, за счет сгорания бензина и происходящего при этом разогревания газа достигается высокое давление в цилиндрах автомобильного двигателя.

Какова величина молекул?

При обычных условиях (температуре 0° Цельсия и нормальном давлении) в каждом кубическом миллиметре воздуха содержится 26 870 000 000 000 000 молекул. И всё же молекулы движутся достаточно свободно, проходя между двумя столкновениями путь, примерно в 200 раз превышающий их размеры. Чтобы целиком заполнить кубический миллиметр пространства, потребовалось бы ещё в тысячи раз больше молекул.

Сто миллионов молекул, уложенных в ряд, образуют цепочку длиной всего 2—3 сантиметра,

Так малы молекулы.

## 2. Атомы

Наряду с изменениями состояния вещества, которые происходят при изменениях его температуры, мы повседневно сталкиваемся с гораздо более сложными превращениями, когда меняется само вещество — разрушаются старые и образуются новые молекулы. Так, например, железо, не защищённое от соприкосновения с воздухом, постепенно превращается в новое вещество — ржавчину.

Мельчайшие частицы — молекулы ржавчины — образуются путём соединения частиц железа с частицами кислорода — газа, содержащегося в воздухе.

Частицы, из которых строятся молекулы, называются *атомами*.

Ржавчина — вещество *сложное*, а железо и кислород — вещества *простые*.

Простое вещество не может быть получено соединением каких-либо других веществ, так как состоит из одинаковых атомов. Сложные же вещества получаются при соединении различных простых веществ, то есть атомов разных сортов. Существуют такие молекулы, в которых содержатся тысячи атомов.

Итак, любое простое вещество состоит из одинаковых атомов. Однако построено оно может быть по-разному. У многих простых веществ — газов кислорода, азота, водорода и других — атомы соединяются по два в молекулы. В твёрдых простых веществах атомы не группируются в молекулы, но зато располагаются в строгом порядке. Интересно то, что одни и те же атомы, располагаясь по-разному, образуют вещества с совершенно различными свойствами. Так, например, мягкий графит, из которого делают сердечники для карандашей, и очень твёрдый драгоценный камень алмаз состоят из одинаковых атомов, но расположенных различно (их расположение в обоих случаях показано схематически на рис. 1).

Алмаз и графит — разные простые вещества, хотя и состоят из одинаковых атомов. В дальнейшем такие различия нас интересовать не будут. Нам будет важен только *сорт* атомов, из которого состоит вещество. Поэтому мы будем говорить не о простом веществе (например, графите или алмазе), а о *химическом элементе* (в данном случае углеводе), атомы которого могут образовывать различные

простые и, вместе с атомами других сортов, сложные вещества.

Все превращения вещества, при которых его молекулы перестраиваются — одни разрушаются, другие строятся из атомов разрушающихся молекул, называются *химическими превращениями* вещества.

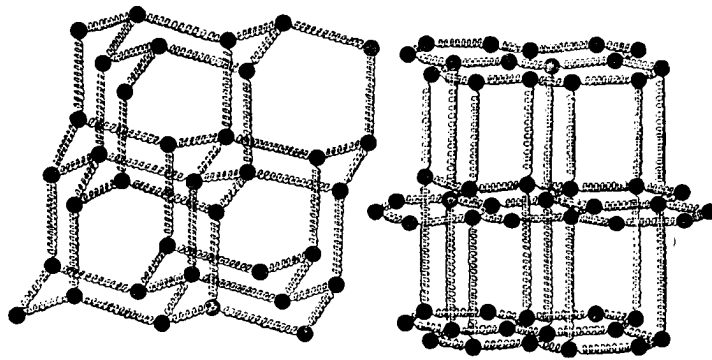


Рис. 1. Расположение атомов углерода в алмазе (слева) и в графите (справа). Силы, действующие между атомами, показаны условно пружинками

Каковы размеры и вес атомов?

Атомы очень малы. Диаметр водородного атома равен одной стомиллионной доле сантиметра. Другие атомы по своим размерам не отличаются сильно от водородного атома. Зато по весу различные атомы очень отличаются друг от друга. Так, например, атом металла урана примерно в 236 раз тяжелее самого лёгкого атома — атома газа водорода. Но и вес тяжёлого атома урана равен всего 0,000 000 000 000 000 000 000 392 грамма.

В этой записи прочесть приведённое число невозможно и даже сравнить его с другим, в десять или сто раз большим, неудобно. Поэтому для очень больших и очень малых чисел пользуются такой записью.

Сто равно  $10 \cdot 10$ , или десять в квадрате:

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2,$$

или десять во второй степени.

Тысяча:

$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3,$$



или десять в третьей степени, и так далее, так что миллиард запишется коротко:

$$1\,000\,000\,000 = 10^9,$$

или десять в девятой степени, а сто миллиардов миллиардов:

$$100\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{20},$$

или десять в двадцатой степени.

Огромные числа, не имеющие специальных названий, не только легко записываются и произносятся, но и легко сравниваются. Сразу видно, что  $10^{22}$  в сто раз больше, чем  $10^{20}$ :

$$10^{22} = 10^{20} \cdot 10^2,$$

в то время как определить это отношение, глядя на  $10\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$  и  $100\,000\,000\,000\,000\,000\,000$  не просто: нужно считать число нулей (прямо указанных в новой записи).

Малые числа записывают так:

$$0,001 = \frac{1}{1000} = \frac{1}{10^3},$$

а вместо  $\frac{1}{10^3}$  пишут  $10^{-3}$ ; знак минус означает, что  $10^3$  стоит не в числителе, а в знаменателе дроби. Значит, 0,001 — одна тысячная — читается ещё так:  $10^{-3}$ , то есть десять в минус третьей степени.

Точно так же одна миллиардная:

$$0,000\,000\,001 = \frac{1}{1\,000\,000\,000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9},$$

читается в новой записи — десять в минус девятой степени, и так далее.

В этой записи, которой мы будем в дальнейшем пользоваться, число молекул в кубическом миллиметре воздуха запишется так:

$$26\,870\,000\,000\,000\,000 = 2,687 \cdot 10^{16},$$

а вес одного атома урана

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,392 = 3,92 \cdot 10^{-22} \text{ грамма.}$$

Ещё задолго до того, как измерили массы атомов («взвесили» их), учёные сумели определить, во сколько

раз одни атомы тяжелее или легче других. Так, например, установили, что атом кислорода примерно в 16 раз тяжелее атома водорода, а атом азота тяжелее атома водорода примерно в 14 раз. Для удобства сравнения масс атомов ввели новую единицу — *атомную единицу массы*, равную  $1/16$  массы атома кислорода. В новых атомных единицах вес самого лёгкого атома — атома водорода — становится равным 1,00813, а самого тяжёлого — урана — 238,07.

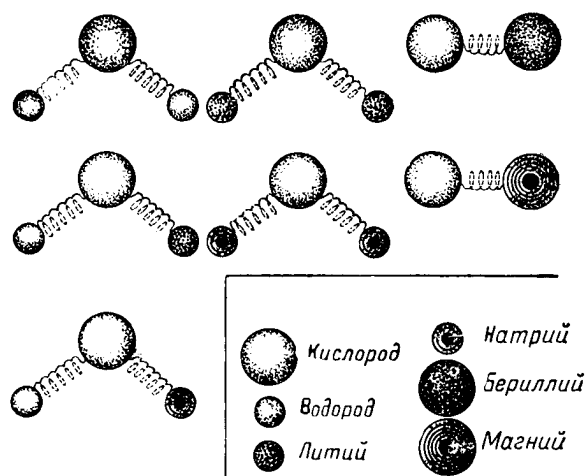


Рис. 2. Схематическое изображение молекул, образуемых кислородом с различными элементами. Рисунок показывает сходство химических свойств водорода, лития и натрия и их отличие от бериллия и магния, сходных между собой

В наши дни вес атомной единицы массы (сокращённо *аеи*) хорошо измерен. Вот чему он равен:

$$1 \text{ аеи} = 1,66035 \cdot 10^{-24} \text{ грамма.}$$

Сколько же атомов различных сортов существует в мире? Иными словами, сколько существует различных химических элементов? Есть ли какая-нибудь связь между весами атомов и их химическими свойствами?

На эти вопросы ответил великий русский учёный Дмитрий Иванович Менделеев ещё во второй половине прошлого века.

Изучая свойства химических элементов и зависимость этих свойств от веса атомов, Менделеев заметил, что по мере увеличения веса атомов химические свойства элементов периодически повторяются.

Так, например, очень похожи по своим свойствам газ водород и металлы — литий, натрий, калий, рубидий, цезий. Вес атома водорода в атомных единицах массы, о которых мы говорили выше, равен примерно 1, лития — 7, натрия — 23, калия — 39 и так далее. Атомы этих элементов могут заменять друг друга в любых молекулах, как это показано на рис. 2.

Так же схожи между собой бериллий, магний, кальций и некоторые другие элементы.

Обнаружив это, Менделеев решил выписать названия элементов в таблицу. Каждая клетка таблицы имела свой номер. В каждую клетку учёный поместил по одному элементу. При этом Менделеев расположил все известные в его время химические элементы так, что они следовали друг за другом по мере возрастания атомных весов, и так, чтобы элементы с близкими химическими свойствами оказались в одном столбце таблицы. Таким образом, водород с номером 1, литий — 3, натрий — 11 и др. составили один столбец таблицы. Бериллий — 4, магний — 12, кальций — 20 и другие составили следующий столбец и так далее (рис. 3). Эти цифры — номера элементов в таблице Менделеева — получили название *атомных номеров*.

Некоторые клетки таблицы оказались пустыми, так как элементы с нужными свойствами ещё не были открыты. Великий учёный предсказал, какими должны быть эти новые элементы и в каких соединениях нужно их искать. Дальнейшие открытия химических элементов подтвердили правильность предсказаний Менделеева. Это было большим торжеством науки.

	1 Водород 1,008	—
2 Гелий 4,00	3 Литий 6,94	4 Бериллий 9,02
10 Неон 20,18	11 Натрий 23,00	12 Магний 24,32

Рис. 3. Левый верхний угол таблицы Менделеева. Верхние цифры обозначают атомный номер, нижние — атомный вес

В таблице оказалось от первой клетки, занятой водородом, и до последней, занятой ураном, 92 клетки. Отсюда Менделеев заключил, что всего до урана включительно в природе должно существовать 92 различных химических элемента.

Существуют ли элементы тяжелее урана? О том, как учёные ответили на этот вопрос, читатель узнает, прочтя четвёртую главу. Пока укажем только, что элементы с атомным номером, значительно большим 120, существовать не могут.

## Глава II

### СТРОЕНИЕ АТОМОВ

**В** каких бы условиях ни возникали одни молекулы из других, всегда получается вещество, молекулы которого построены из *целого* числа атомов. Так, например, в зависимости от доступа воздуха к горящему углю получаются молекулы газа, в состав которых входит либо один атом углерода и один атом кислорода (окись углерода), либо один атом углерода и два атома кислорода (углекислый газ). Но никогда нельзя получить молекул, в состав которых вошёл бы атом углерода и полтора атома кислорода.

*При любых химических превращениях веществ ни один атом не исчезает и не превращается в атом другого элемента.*

Всё это заставляло учёных думать, что атомы — наименьшие неделимые частицы. Само название отражало эту мысль («атом» — греческое слово, означающее в переводе «неделимое»).

Однако на самом деле это не так. Оказывается, атом можно разложить на ещё более мелкие частицы, да и в молекулу атом не входит как неизменная частица — внешние его части всегда «перестраиваются».

#### 1. Составные части атомов

Встречаемся ли мы в жизни с составными частями атомов? Да, мы пользуемся услугами атомных частиц на каждом шагу.

Частицы атомов, двигаясь по металлическим проводам, передают энергию, вырабатываемую на электростанциях,

по всем уголкам страны; они разогревают тоненькую спиральку электрической лампочки, заставляя её ярко светиться, они приводят в движение электромоторы.

Движение атомных частиц в радиолампах позволяет с помощью радиоволн передавать человеческую речь, музыку и даже изображение движущихся тел на большие расстояния.

Налетая с огромной скоростью на металлическую поверхность, атомные частицы рождают рентгеновы лучи, позволяющие заглянуть внутрь человеческого организма.

Электронный микроскоп, дающий увеличение в сотни тысяч раз, и телевизионные трубки, воспроизводящие изображения, передаваемые по радио, — и здесь основная работа совершается частицами атомов. Без их помощи невозможна работа заводов-автоматов, создание которых — важный этап развития советской техники.

Трудно в наши дни назвать все полезные применения атомных частиц. Эти атомные частицы являются *электрическими частицами*.

О свойствах этих мельчайших частиц вещества мы и расскажем сейчас подробнее. Для этого напомним коротко основные сведения об электрических зарядах.

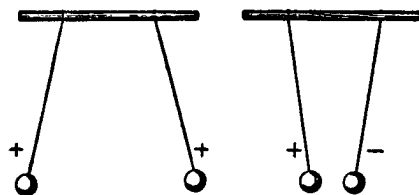


Рис. 4. Заряженные шарики. Слева шарики заряжены одноимёнными, справа — разноимёнными электрическими зарядами

Существует два рода электричества. Они названы *положительным* и *отрицательным* электричеством. Электрические заряды одинакового рода, как говорят, «одноимённые» заряды, отталкиваются друг от друга, «разноимённые» — притягиваются (рис. 4).

Если соединить одинаковые количества разноимённых зарядов, то они погасят друг друга. Тело, которому были переданы оба заряда, окажется незаряженным, или, как говорят, «нейтральным», как будто на нём никакого заряда и не было.

Силы, действующие между электрическими зарядами, зависят от расстояния между зарядами, знака зарядов и от их величины. Если увеличить расстояние между зарядами, находящимися на двух маленьких шариках, в два

раза, то силы уменьшаются в четыре раза, если увеличить расстояние в три раза, то силы уменьшаются в девять раз и т. д.

От величины зарядов сила, действующая между ними, зависит так, как это показано на рис. 5. На нём изобра-

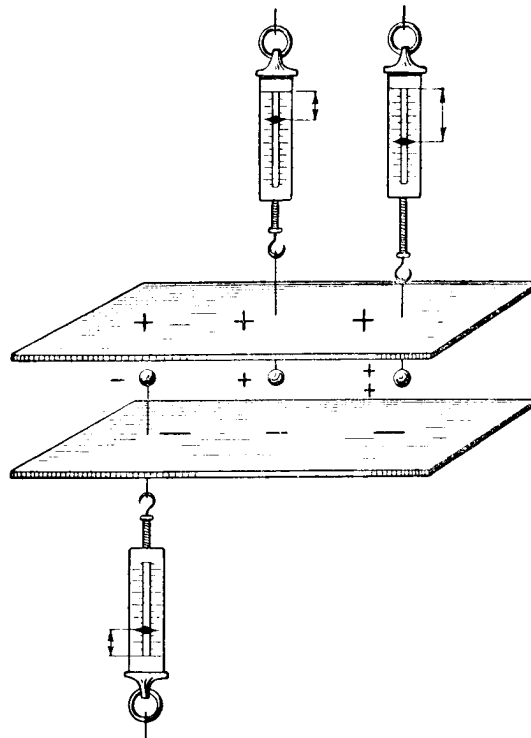


Рис. 5. Сила, действующая на различные заряды между заряженными пластинками. Величина правого, положительного заряда вдвое больше среднего. Величина силы показана условно натяжением пружинных весов

жены две пластинки. Верхняя заряжена положительным электричеством, нижняя — таким же количеством отрицательного электричества. Между пластинками находятся шарики, обладающие зарядами различной величины и знака. Первый шарик слева обладает отрицательным заря-

дом, он отталкивается от одноимённо заряженной нижней пластинки и притягивается к верхней. Средний обладает зарядом такой же величины, но положительным; электрическая сила тянет его вниз. Правый заряжен тоже положительно, но заряд его по величине вдвое больше и сила, действующая на него, тоже вдвое больше. Сила, действующая на заряженные шарики, изображена условно натяжением пружинных весов.

Почему же возникают силы между телами, которые не соприкасаются, между которыми нет никаких ниточек, пружинок и т. д.?

Может быть, они действуют друг на друга без всякого передатчика действия, «через пустоту»? Нет, действия на расстоянии, через пустоту, быть не может.

Может быть, действие между заряженными телами передаётся через воздух? Нет. Опыт в безвоздушном пространстве приведёт к тем же самым результатам — заряды точно так же будут притягиваться или отталкиваться.

Объяснение состоит в том, что пространство вокруг зарядов не является «пустым»: вокруг каждого заряда существует связанное с ним *электрическое поле*.

*Электрическое поле* — один из видов материи, правда, очень отличающийся от привычного нам вещества.

На рис. 4 правый шарик находится в электрическом поле, связанном с левым шариком, и испытывает со стороны этого поля действие силы. Точно так же левый шарик испытывает действие силы со стороны электрического поля правого шарика. Следовательно, *силы, которые возникают между заряженными телами, обязаны своим происхождением материальному электрическому полю, занимающему пространство вокруг этих заряженных тел.*

В повседневной жизни нам приходится гораздо чаще сталкиваться не с неподвижными электрическими зарядами, а с так называемым *электрическим током*, то есть с зарядами, движущимися по металлическим проводам.

Сделаем кольцо из куска проволоки и присоединим его к батарейке от карманного фонарика (рис. 6). По проволоке потечёт электрический ток — поток множества отрицательно заряженных частиц. Легко проверить, что проволока останется при этом электрически нейтральной: заряженный шарик, куда бы его ни поместили, останется неподвижным. Проволока останется нейтральной, потому что количество отрицательных зарядов, содержащихся в

её веществе, не изменилось — сколько зарядов попадёт в неё с одного конца, столько же уйдёт с другого. Так, количество воды в водопроводной трубе не меняется от того, движется вода в ней или стоит.

Но если мы поместим в центре кольца магнитную стрелку (стрелку компаса), то обнаружим удивительное явление. Пока по проволоке ток не течёт, концы стрелки направлены одни на север, другой на юг. Но вот по проволоке пущен ток.

Стрелка дёрнется и, чуть поколебавшись, повернётся вдоль оси кольца, как это показано на рисунке.

Будем поворачивать кольцо. Стрелка будет поворачиваться вместе с ним, как привязанная. И она, действительно, «привязана» магнитными силами, действующими между электрическим током и магнитной стрелкой. Это происходит потому, что *электрический ток создаёт вокруг себя в пространстве материальное магнитное поле.* Магнитное поле, связанное с током, оказывает

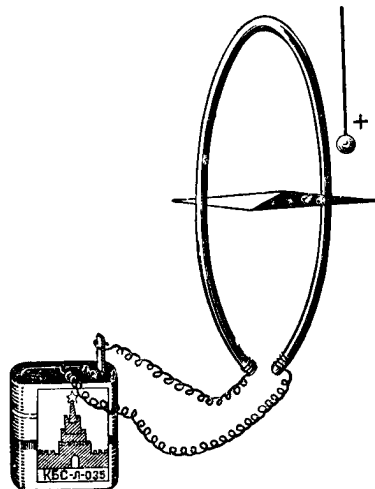


Рис. 6. Действие электрического тока на магнитную стрелку и неподвижный заряд

своё действие на магнитную стрелку, «погружённую» в это магнитное поле.

Иногда магнитное поле можно получить и без источника тока. Так, например, сама магнитная стрелка создаёт магнитное поле. В действительности и это магнитное поле порождается токами, которых мы только не замечаем; в самом веществе намагниченного железа всё время текут круговые токи, которые и создают магнитное поле, окружающее магнит.

Итак, с электрическими зарядами связано окружающее их электрическое поле, с электрическими токами — магнитное поле.



Для дальнейшего нам очень важно знать, как действует магнитное поле на электрические заряды.

Магнитное поле действует на магнитную стрелку, но не действует на заряженный шарик, если этот шарик неподвижен. Если же заряженный шарик движется в магнитном поле, то на него будут действовать силы. На рис. 7 показано, как действует магнитное поле на движущиеся заряды разных знаков. Заряды, движущиеся между полюсами магнитов, отклоняются. Положительные заряды отклоняются в одну сторону, отрицательные — в другую. При этом скорость зарядов не меняется, меняется только направление их движения. Отклонение зарядов в магнитном поле тем больше, чем меньше скорость зарядов и чем меньше их масса.

Этих кратких сведений об электричестве нам достаточно для того, чтобы разобратся в дальнейшем.

## 2. Электрон

Мы упоминали уже о частицах атомов, движущихся по проводам, внутри радиоламп, рентгеновских трубок и многих других приборов. Эти частицы, получившие название *электронов*, являются мельчайшими материальными частицами, обладающими отрицательными электрическими зарядами.

В отличие от атомов химических элементов электрон является *элементарной частицей*. Это значит, что электрон на части не делится, и не известны явления, в которых принимали бы участие половинки или четвертушки электрона.

Все электроны совершенно одинаковы независимо от того, какому атому они принадлежали или принадлежат.

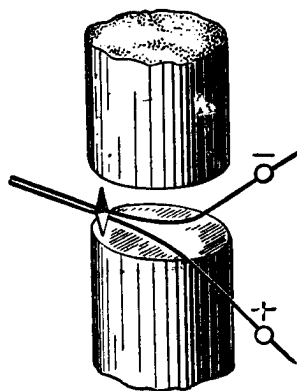


Рис. 7. Действие магнитного поля между полюсами магнитов на движущиеся заряды и магнитную стрелку. Пути заряженных частиц между полюсами магнитов показаны линиями

Масса электрона в 1837,6 раза меньше массы легчайшего (водородного) атома и равна  $9,1066 \cdot 10^{-28}$  грамма.

Электрический заряд одного электрона также чрезвычайно мал. Через нить горящей двадцативаттной лампочки (при городском напряжении в сети) каждую секунду проходит миллиард миллиардов электронов; все они весят менее одной миллиардной доли грамма.

Невольно напрашивается вопрос, как были определены с такой точностью заряд и масса электрона?

Чтобы измерить заряд и массу электрона, нужно прежде всего получить свободные, не связанные с веществом электроны. Для этого существует множество способов.

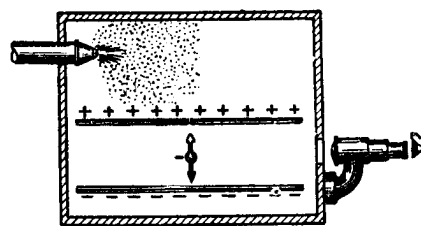


Рис. 8. Схематическое изображение прибора (изображён в разрезе) для определения заряда электрона. Размер капельки между пластинками сильно увеличен. Белая стрелка — электрическая сила, тянущая заряд капельки вверх, чёрная стрелка — сила тяжести

Электроны вырываются как из твёрдого вещества, так и из молекул и атомов газа при сильном нагревании, в некоторых случаях при освещении светом, в особенности невидимыми ультрафиолетовыми лучами и, ещё лучше, рентгеновыми лучами. Особенно легко можно вырывать электроны из металлов, в кото-

рых они свободно перемещаются (в этом отличие металлов от непроводников — изоляторов, в которых электроны «крепко связаны»).

Итак, мы имеем свободные электроны. Можно ли непосредственно на весах взвесить один электрон? Очевидно, это невозможно, он слишком мал. Но оказалось возможным определить заряд электрона, а затем косвенным путём найти и его массу.

Представьте себе крошечную капельку масла, медленно падающую между двумя металлическими пластинками под действием силы тяжести (рис. 8). Создадим на капельке электрический заряд. Тогда падение капельки можно будет приостановить, зарядив пластинки, между которыми движется капелька, так, чтобы верхняя пластинка притягивала заряд капельки, а нижняя отталкивала

его. Капелька остановится, если электрическая сила, тянущая вверх заряд капельки, окажется в точности равной силе тяжести, которая тянет капельку вниз.

Таким образом, мы сможем определить действующую на капельку электрическую силу, а значит, и её заряд; необходимо только точно знать силу тяжести, действующую на капельку, а для этого нужно знать её массу. Массу капельки удалось определить, определив скорость её свободного падения (без действия электрических сил): чем тяжелее капелька, тем быстрее падает она, преодолевая сопротивление воздуха.

Этим способом был определён заряд электрона.

Опыт проводился так. Пульверизатор, расположенный над пластинками, распылял немного масла. Нужно было подождать, пока какая-либо из капелек масла не попадёт между пластинками через крошечное, специально для этого сделанное отверстие в верхней пластинке. При помощи специального микроскопа очень точно определялась скорость падения капельки. После этого на короткое время зажигалась рентгеновская лампа. Рентгеновы лучи, проходя между пластинками, вырывали из молекул воздуха множество электронов. Очень скоро один или несколько электронов или положительно заряженных молекул оседало на капельку, которая приобретала необходимый заряд. Затем пластинкам сообщался заряд такой величины, чтобы капелька повисла неподвижно.

Определив наименьший из зарядов, который могла нести капелька, нашли заряд одного электрона. Все другие получившиеся заряды были больше найденного наименьшего в два, в три, в четыре и в большее целое число раз, что соответствовало двум, трём, четырём и более электронам, осевшим на капельку. При положительном заряде капельки это отвечало одному, двум, трём и т. д. электронам, сорванным с капельки.

Теперь нужно определить массу электрона, не взвешивая его.

Для того чтобы понять способ определения массы электрона, рассмотрим возможную конструкцию веялки. На рис. 9 приведено её схематическое изображение. Из щели подаются сверху зёрна. Слева направо дует ветер, создаваемый специальным вентилятором. Как отклонятся тяжёлые зёрна и лёгкие, пустые? Если зёрна имеют одинаковую форму, то и сила, с которой будет действо-

вать на них ветер, одинакова. Но тяжёлое, полное зерно отклонится меньше, чем лёгкое, пустое. При желании можно рассчитать, как зависит отклонение зерна от его массы, если отклоняющие их силы (сила ветра) одинаковы, и по отклонению найти массу зерна.

Точно так же определяется и масса электрона. Силу ветра заменяет электрическая сила.

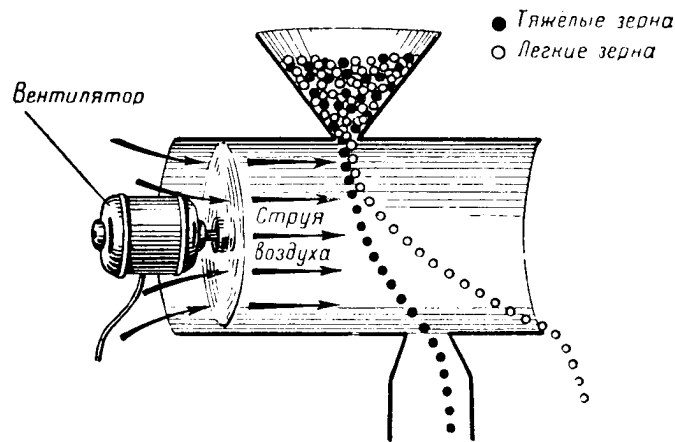


Рис. 9. Возможный способ разделения тяжёлых и лёгких зёрен

Эта сила, действующая на электрон, пролетающий между заряженными пластинками, известна, так как известен его заряд (рис. 10). Отклонение от прямолинейного пути под действием электрической силы будет тем больше, чем меньше масса электрона. Можно подсчитать, как зависит отклонение электрона от его массы. Измерив это отклонение, на опыте вычисляют (и притом очень точно) массу электрона. Величину отклонения электронов измеряют, поставив на их пути стеклянную пластинку, покрытую сернистым цинком, или обычную фотопластинку, как это показано на рис. 10.

Сернистый цинк светится от ударов заряженных частиц, а на фотопластинку заряженные частицы действуют так же, как и лучи света. Мы видим по маленькой светящейся точке на экране (или чёрной точке на фотопластинке), как отклонились частицы, и по отклонению вычисляем их массу.

На самом деле прибор, конечно, оказывается гораздо более сложным, чем изображённый на рисунке, так как между заряженными пластинками должны пролетать электроны одинаковой и притом хорошо известной скорости. Отбор электронов нужной скорости достигается применением и электрических, и магнитных полей, но мы не будем останавливаться на описании этой сложной части прибора.

Определив массу электрона, мы убеждаемся в том, что эти мельчайшие отрицательно заряженные частицы обладают массой, во много раз меньшей массы любого атома.

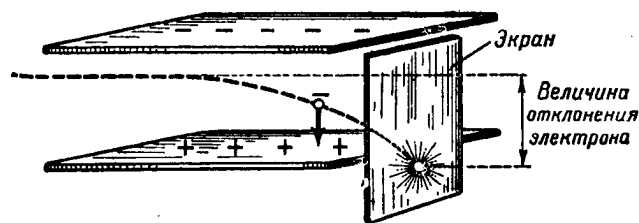


Рис. 10. Отклонение летящего электрона под действием электрических сил позволяет определить массу электрона, если известны его скорость и действующая на него сила

Кроме того, масса электрона возрастает с увеличением его скорости. Возрастание это становится заметным при больших скоростях — от десятков тысяч километров в секунду. Массой в  $9,1066 \cdot 10^{-28}$  грамма обладают неподвижные электроны. Это так называемая «масса покоя» электрона.

### 3. «Атомная артиллерия»

Теперь мы можем попытаться представить себе, как построен атом. Первая «модель» атома, предложенная английским физиком Д. Д. Томсоном, выглядела так. Атом представлялся в виде положительно заряженной капельки вещества в форме шарика. Внутри этой капельки «плавают» электроны. Отрицательный заряд электронов в точности равен по величине положительному заряду шарика, так что атом в целом нейтрален (если только он по каким-либо причинам не лишился одного или нескольких электронов).

Это была догадка, требовавшая проверки. Но как это можно было сделать? Каким инструментом «прощупать»

внутреннее строение атома? Ведь все тончайшие инструменты, которыми пользуются учёные, сами состоят из множества атомов.

На помощь пришли сами атомы.

В конце прошлого века в результате работ многих физиков, в особенности Беккереля, Марии Склодовской-Кюри и её мужа Пьера Кюри, было открыто замечательное явление, получившее название *радиоактивности*. Было установлено, что некоторые тяжёлые атомы, например, атомы химических элементов урана, тория, а особенно сильно атомы химических элементов *радия* и *полония*, открытых Кюри («полоний» — в честь родины Марии Кюри — Польши), выбрасывают из своих недр особые лучи. Когда учёные пропустили тонкий пучок этих лучей между полюсами больших магнитов, пучок разделился: одна его часть отклонилась в одну сторону, другая — в другую, а часть не отклонилась совсем (рис. 11).

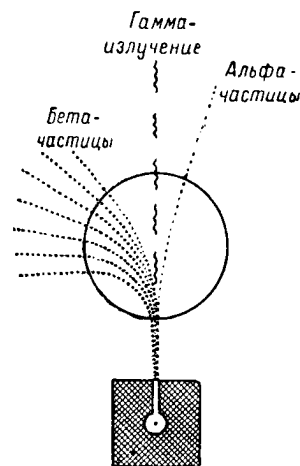


Рис. 11. Излучение радия под действием магнитных сил

Читатель, вспомнив, как действует магнитное поле на движущиеся заряды, может сам сообразить, в чём здесь дело. Излучение радия состоит из положительно заряженных частиц, получивших название *альфа-частиц* (на рисунке они отклоняются вправо), отрицательно заряженных *бета-частиц* (отклоняются влево) и излучения, не несущего никакого заряда и, как это было выявлено позднее, по своей природе подобного видимому свету (магнитными силами не отклоняется); оно получило название *гамма-излучения*.

Много труда затратили учёные, выясняя свойства альфа-, бета- и гамма-излучений. И вот что было установлено супругами Кюри и Резерфордом.

Альфа-лучи — это поток выбрасываемых радиоактивным элементом атомов химического элемента гелия, лишённых двух электронов. Другими словами, альфа-части-

ца есть атом гелия, обладающий положительным зарядом, равным по величине (но не по знаку) двум зарядам электрона. Все вылетающие из одинаковых атомов альфа-частицы имеют в точности одну и ту же скорость. Для разных атомов эта скорость колеблется в пределах от 10 до 20 тысяч километров в секунду.

Бета-частицы оказались обычными электронами. Скорости их различны. Большая часть их оказалась обладающей скоростями, ещё большими, чем скорости альфа-частиц. Некоторые из них достигают скоростей, близких к скорости света (скорость света — 300 тысяч километров в секунду). Однако энергия бета-частиц меньше энергии альфа-частиц, так как их масса примерно в 7 300 раз меньше массы альфа-частиц. Кроме того, в отличие от альфа-частиц, вылетая из одинаковых атомов, бета-частицы обладают самыми разными скоростями.

Заметим тут же, что альфа-, бета- и гамма-частицы не выбрасываются атомом сразу. Они выбрасываются поочередно. Подробнее об этом мы расскажем ниже.

Итак, природа сама предоставляет нам в виде альфа- и бета-частиц прекрасные «снаряды», с помощью которых можно попробовать прощупать недра атомов, пробить броню, скрывающую от нас тайны строения вещества.

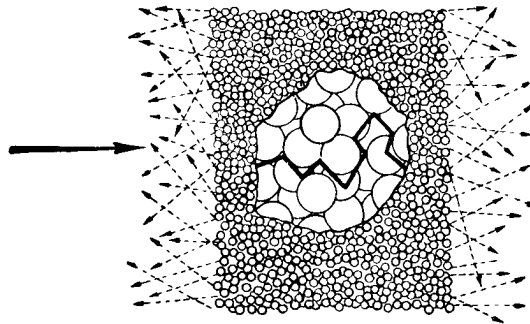
Чтобы правильно истолковать результаты опытов, надо умело выбрать «снаряды» для обстрела атомов.

Бета-частицы обладают наибольшей скоростью, но пользоваться ими в качестве «снарядов» неудобно: энергия и масса бета-частиц, как мы уже указывали, много меньше энергии и массы альфа-частиц.

А нам важно воспользоваться частицами с большой массой. Ведь если мы хотим разведать, как распределено в атоме тяжёлое, положительно заряженное вещество, мы должны прощупать атом с помощью частиц, которые не будут отклоняться при столкновениях с множеством заключённых в атоме электронов. Способны ли на это бета-частицы? Конечно, нет. Ведь они сами не что иное, как электроны. А если так, то, столкнувшись с любым электроном в атоме, они могут сильно отклониться — точно так, как это бывает при столкновении бильiardных шаров. Совсем другое дело альфа-частица. Электроны никак не заставят свернуть её с пути. Она пронесётся сквозь них так же легко, как майский жук сквозь комариный рой.

Итак, для «обстрела» атомов были взяты альфа-частицы.

И первые же опыты дали совершенно неожиданный результат. Но прежде чем говорить об этом результате, предложим читателю самому подумать над таким вопросом. Вот перед вами тоненький листик металла, на который направлен узкий пучок альфа-частиц (так именно и ставились первые опыты «обстрела» атомов); спрашивается, чего следует ожидать, если считать, что атом



*Рис. 12.* Так рассеивались бы альфа-частицы, если бы атомы были сплошными шариками. Стрелка слева показывает поток падающих на листик альфа-частиц. Маленькие стрелки — пути отдельных, вылетающих из листка альфа-частиц. В центре показан путь одной альфа-частицы (при ещё большем увеличении)

является сплошным шариком? Будут ли альфа-частицы «пробираться» между атомами или они будут «простреливать» их?

Примем для начала, что альфа-частица не простреливает атомов, что тогда получится? На рис. 12 вы видите разрез тончайшего металлического листика, каким он выглядел бы при увеличении в несколько миллионов раз, если бы металл состоял из атомов-шариков. Совершенно очевидно, что те альфа-частицы, которые протолкаются сквозь эту гущу атомов и не «увязнут» в них, испытают множество столкновений с атомами, следовательно, много раз изменят направление своего движения. Альфа-частицы будут вылетать из листика под самыми различными направлениями. Проверить это очень легко, доста-



точно поставить в нужном месте экран, покрытый сернистым цинком. Каждая прилетевшая на экран частица будет отмечена вспыхнувшей на мгновение звёздочкой.

Однако опыты показали совершенно другое. Большая часть альфа-частиц пронеслась сквозь металлический листик, практически почти не отклонившись, так, как если бы путь этих частиц лежал в пустоте. Альфа-частицы образовывали на экране яркую звёздочку в том же самом месте, в которое они попадали бы, если бы на их пути не было никакой преграды. Звёздочка лишь немного расширялась.

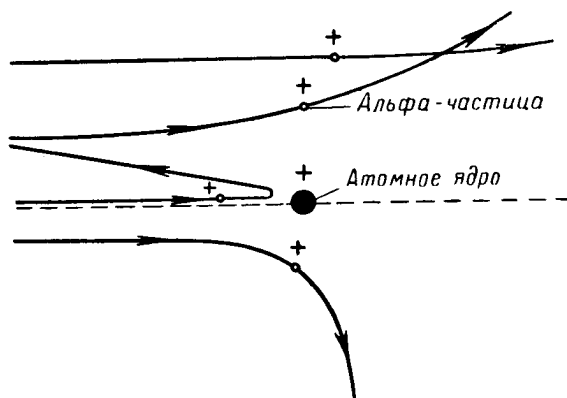


Рис. 13. Так происходит рассеяние альфа-частиц в веществе. Удар альфа-частицы о ядро происходит очень редко. Проходящие близко от ядра альфа-частицы отталкиваются одноимённо заряженным ядром и отклоняются. Но и этих частиц немного

Значит, думать, что атомы — просто упругие шарики, с которыми альфа-частица сталкивается, как дробинка с миллиардными шарами, неверно.

Может быть, атомы совсем не твёрдые и пробиваются альфа-частицами без труда? Допустим, что атомы — «мягкие шарики». Но тогда не будет никаких причин, которые могли бы сильно отклонить движущиеся альфа-частицы. Так, например, пуля, угодившая в ящик с помидорами, либо пройдёт его, либо застрянет в нём, но уж никак не свернёт вправо или влево, и тем более не повернёт вспять. Если бы атом был таким, мы должны были бы

увидеть ярко светящуюся в центре экрана звёздочку, *и только.*

Но ведь при опытах наблюдаются и сильные отклонения альфа-частиц. Где бы ни был поставлен экран, даже в то место, куда могли попасть только альфа-частицы, повернувшие назад после столкновения, всюду на экране вспыхивали звёздочки, показывая, что и сюда летят отдельные, хотя и редкие альфа-частицы.

Результаты этих опытов можно объяснить следующим образом.

Большая часть альфа-частиц проходит через листик металла, то есть сквозь множество его атомов, *не отклонившись*. Значит, большая часть объёма атома не заполнена веществом, способным помешать движению альфа-частиц.

Сильные отклонения некоторых альфа-частиц, свидетельствуют об их столкновении с большой массой. Значит, основная масса атома, несущая, как мы уже знаем, положительный заряд, сосредоточена в очень малом объёме — ядре атома (рис. 13).

#### 4. Строение атома

Вот строение атома по современным представлениям. Вокруг крошечного ядра атома, заряженного положительно и обладающего большой массой (по сравнению с массой электронов), движутся лёгкие, отрицательно заряженные электроны. Они не улетают от ядра, так как притягиваются к нему электрическими силами, действующими между положительно заряженным ядром и отрицательно заряженными электронами.

Изучение опытов по рассеянию альфа-частиц в веществе дало возможность определить заряд ядра.

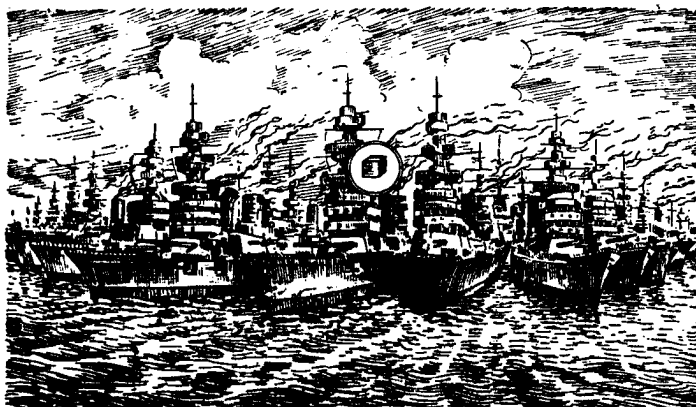
Оказалось, что число положительных зарядов в атомном ядре, равных по величине (но обратных по знаку) заряду электрона, в точности равно номеру, который имеет атом в таблице Менделеева. А так как атом нейтрален, то, значит, и число электронов, вращающихся вокруг ядра, равно номеру атома в таблице Менделеева.

Из опытов по рассеянию альфа-частиц оказалось возможным сделать также заключения и о размерах атомных ядер. Вычисления показали, что диаметры атомных ядер в десятки тысяч раз меньше диаметров атомов.

Если атом увеличить в тысячу миллиардов раз, то при этом его ядро увеличится до размера булавочной головки. Электроны же будут вращаться вокруг него на расстояниях в сто метров и больше.

Таково строение атома, который в течение долгих веков представлялся учёным непроницаемым и неделимым.

Практически вся масса атома сосредоточена в ядре, которое в тысячи раз тяжелее принадлежащих атому электронов.



*Рис. 14.* Если бы кубик, изображённый в белом круге (в натуральную величину), был наполнен ядерным веществом, он весил бы столько же, сколько весят сто крейсеров (один миллион тонн)

Это значит, что плотность вещества в ядре чрезвычайно велика.

Если бы можно было наполнить один кубический сантиметр ядерным веществом, то вес его составил бы около ста двадцати миллионов тонн. Кубик с ребром в два миллиметра, наполненный ядерным веществом, весил бы столько же, сколько весят сто крейсеров (рис. 14).

Мы никогда не имеем дела с такими плотностями. Тяжёлая ядерная материя распылена на крохотные ядра, удалённые друг от друга на очень большие расстояния по сравнению с размерами ядер.

Мы уже говорили о том, что элементов с атомным номером, значительно превышающим 120, быть не может. Это как раз и означает, что невозможны ядра с зарядом,

превышающим заряд электрона (по величине) много больше, чем в 120 раз. Почему ядра не могут быть большими, мы расскажем ниже.

Электроны, вращающиеся вокруг ядра, довольно легко отнять от атома. Это можно сделать множеством способов, например, как было уже сказано раньше, освещая газ ультрафиолетовыми или рентгеновыми лучами, разогревая вещество или пропуская через газ электрический ток.

Всё это не значит, однако, что утверждения учёных прошлых веков об огромной устойчивости атомов и непревращаемости элементов лишены всякого смысла.

Атом может потерять электрон, но ядро его останется неприкосновенным. Пройдёт больше или меньше времени, и лишённый электрона, т. е. положительно заряженный, атом притянет какой-либо свободный электрон, присоединит его к себе и снова превратится в обычный нейтральный атом — ведь все электроны в точности одинаковы и замена одного другим никак не скажется на атоме.

Когда атомы вступают в соприкосновение друг с другом, сталкиваясь и разлетаясь или образуя прочные, устойчиво связанные молекулы, изменения в своём движении испытывают только наружные, наиболее удалённые от ядра электроны. В движении других электронов, находящихся ближе к ядру, никаких существенных изменений не происходит. Таким образом, химические свойства атомов зависят от наружных электронов. «Хранителем» же химических свойств атома является ядро, от которого зависит, сколько электронов будет у атома. Превращение атомов одного сорта в атомы другого сорта, другими словами, превращение химических элементов связано поэтому с превращением атомных ядер. А добраться до ядра не так-то просто. Именно поэтому в течение многих веков предшественники химиков — алхимики — не могли решить задачу превращения одних элементов в другие. Только в наше время — и не химическими, а физическими способами — после того как было разгадано строение атомов, была решена эта задача. Но об этом мы расскажем ниже. Сейчас же нам предстоит познакомиться подробнее со строением атома.

Итак, «обстрел» атомов дал возможность определить размеры и положение основной массы атома — его ядра. Но важнейшие свойства атома определяются окружаю-

щими ядро электронами, или, как принято говорить, *электронной оболочкой* атома.

Откуда же можно получить более подробные сведения о строении электронной оболочки атома? Как узнать, на каких расстояниях движутся электроны вокруг ядра? Какова энергия этих электронов? Что происходит при изменении их движения?

Оказывается, об этом очень подробно «рассказывает» сам атом. Нужно только научиться понимать его красочный «язык», то есть научиться разбираться в свете, излучаемом атомом. Но для этого нам раньше нужно познакомиться с тем, что такое свет.

## 5. Что такое свет

Каждый из вас может проделать такой опыт. Завесьте получше окно, на которое падают яркие солнечные лучи, оставив только одну узенькую щёлочку. Поставьте на пути проходящей через щёлочку полоски света треугольную стеклянную призму. Вы увидите на стене разноцветную полоску. Эта полоска называется *спектром* солнечного света. Значит, белый солнечный свет неоднороден, он состоит из света различных цветов. Стеклянная призма разделила их.

Световой луч, проходящий через призму, отклоняется в сторону её основания. Для световых лучей различных цветов это отклонение различно. Меньше всего отклоняются красные лучи, немного больше — оранжевые, ещё больше — жёлтые, затем зелёные, голубые, синие и фиолетовые. Поэтому, когда на призму падает луч не одного определённого цвета, а состоящий из лучей различных цветов, они, отклонившись по-разному, разделяются.

Этим свойством призмы воспользовались для построения специального прибора — *спектроскопа*, с помощью которого исследуют состав света. Спектроскоп имеет не только научное, но и большое практическое значение. Так, например, было установлено, что с увеличением температуры всё большая часть излучения приходится на долю фиолетовых лучей, меньшая — на долю красных. Это дало возможность, исследуя состав света, быстро определять температуру светящегося тела. Таким способом можно определять температуру расплавленного металла, температуру поверхности Солнца, звёзд и т. д.

Свет распространяется в пространстве с огромной скоростью —  $2,99776 \cdot 10^{10}$  сантиметров в секунду. Это самая большая скорость из всех, какие только возможны в природе. С достаточной для нас точностью можно сказать, что скорость света в пустом пространстве равна 300 000 километров в секунду. Допускаемая при этом ошибка меньше 0,1%.

Но не только свет распространяется с этой скоростью. С такой же скоростью передаются радиосигналы, распространяются рентгеновы лучи, гамма-излучение атомов. Теперь установлено, что все эти лучи обладают одинаковой природой. Какова же природа излучения? Разберёмся в этом на примере радиоволн.

Чтобы послать в пространство радиосигнал, необходимо пропустить через металлический провод — антенну — переменный электрический ток большой частоты, то есть ток, меняющий своё направление очень много раз в секунду.

Мы знаем уже, что электрические заряды создают вокруг себя в пространстве электрические поля, а движущиеся заряды создают, кроме того, и магнитные поля. Эти «электромагнитные поля» будут меняться в соответствии с изменениями движения зарядов в антенне. Таким образом, электромагнитные поля в любом месте пространства изменяются столько же раз в секунду, то есть с такой же частотой, с какой изменяется движение зарядов в антенне. Сразу ли во всём пространстве происходят эти изменения? Нет. Раньше всего эти изменения происходят в непосредственной близости от антенны и затем распространяются всё дальше и дальше со скоростью света.

Радиосигнал — это и есть изменения, или колебания, электромагнитного поля, распространяющегося от антенны во все стороны со скоростью света. Это электромагнитное поле, отрывающееся от порождающих его зарядов и токов и уносящееся в пространство со скоростью 300 000 километров в секунду, называется *электромагнитным излучением*.

Электромагнитное излучение можно характеризовать не только его частотой, но и длиной волны. Представим себе волны на поверхности воды, разбегающиеся от колеблющегося поплавка (рис. 15). Количество колебаний в секунду, совершаемых щепочкой, колеблемой проходящей волной, равно количеству колебаний поплавка, вызы-

вающего волны, и есть частота волны. Длина волны равна расстоянию между двумя её ближайшими гребнями. Чем больше частота волны, тем гуще расположены её гребни, тем меньше длина волны. Точно так же связаны частота и длина волны электромагнитного излучения — радиосигналов, видимого света, рентгеновых лучей, гамма-лучей.

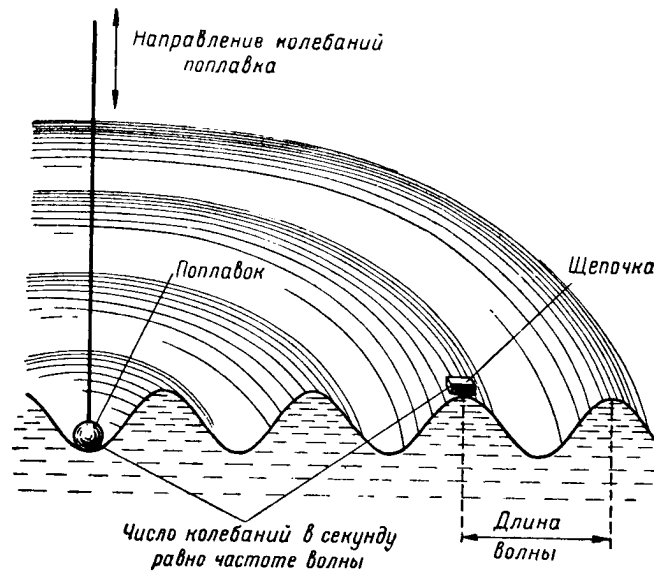


Рис. 15. Круговые волны на воде (разрез)

Электромагнитные излучения отличаются друг от друга своей частотой (или длиной волны), определяемой, как мы выяснили, частотой колебания излучающих зарядов. Так, электромагнитное излучение с частотой, равной 100 000 в секунду, обладает длиной волны в 3 километра. При частоте  $10^{10}$  в секунду длина волны равна 3 сантиметрам. Это — радиоизлучение, или радиоволны.

Излучению с частотой  $4 \cdot 10^{14}$  в секунду, то есть с длиной волны  $7,5 \cdot 10^{-5}$  сантиметра (то есть три четверти от тысячной доли миллиметра), отвечает красный свет. Частоте  $6 \cdot 10^{14}$  в секунду, то есть длине волны  $5 \cdot 10^{-5}$  сантиметра, отвечает зелёный свет, частоте  $7,5 \cdot 10^{13}$  в секунду,

то есть длине волны  $4 \cdot 10^{-5}$  сантиметров, — фиолетовый свет. Рентгеновскому излучению, которым пользуются для просвечивания больных, отвечают частоты от  $3 \cdot 10^{18}$  до  $3 \cdot 10^{19}$  и длины волн от  $10^{-8}$  до  $10^{-9}$  сантиметров. Ещё короче длина волны (больше частота) у гамма-лучей.

Не только в случае невидимого излучения, но и в случае обычного видимого света учёные предпочитают говорить о его частоте, а не о цвете. Причина этого очень проста. В спектре глаз различает только небольшое число различных цветов, не различая бесчисленного множества оттенков. А учёные, измеряя частоту, могут разбить спектр на десятки миллионов полосок — линий различных «оттенков», отличающихся частотой, но глазом совершенно неразличимых.

Электромагнитное излучение, или, как мы будем в дальнейшем говорить для краткости, просто излучение, обладает одной очень важной особенностью. Эта особенность была открыта после того, как учёные установили, что падающий на металл свет может вырывать из него электроны. Особенно большие заслуги в изучении этого явления принадлежат известному русскому физiku А. Г. Столетову.

Электроны в металлах, как мы уже знаем, могут легко двигаться. Однако вырваться из металла они сами не могут — для этого у них не хватает энергии.

Электронам можно передать недостающую энергию, освещая металл. Электроны будут поглощать энергию световых лучей и начнут вырываться из металла.

Казалось бы, не всё ли равно, какова частота излучения, которым мы пользуемся для освещения металла? Было бы оно только достаточно мощным. Однако опыт показывает другое. Самый яркий свет от лампы красного цвета не способен вырвать из многих металлов ни одного электрона, а свет от едва заметной крохотной лампы фиолетового цвета мгновенно начинает их вырывать.

Опыты показали, что энергия каждого вырванного из металла электрона никак не зависит от мощности источника света. Эта энергия определяется только частотой падающего света. Измеряется энергия электрона так.

Свет от источника света (рис. 16) проходит через «фильтр» — цветное стекло, пропускающее свет только определённого цвета (определённой частоты). Чем боль-



ше частота света, тем больше оказываются скорость и энергия вырываемых из металла электронов. Электрические силы заряженных пластинок стремятся вернуть электрон обратно на нижнюю пластинку. Чем больше энергия вырываемых электронов, тем больший заряд должен быть на пластинках для того, чтобы ни один из электронов с нижней пластинки не добрался до верхней. Измеряя, при каких зарядах на пластинках прекращается электрический ток в приборе, то есть электроны с нижней пластинки перестают достигать верхней, находим энергию (и ско-

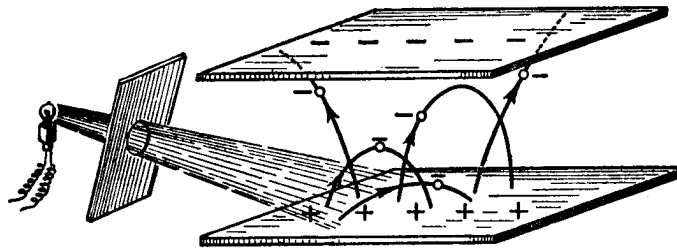


Рис. 16. Измерение энергии электронов, вырываемых светом из металла. Между лампочкой и пластинками установлен фильтр. Пути вырванных светом электронов изображены чёрными линиями

рость) электронов, вырываемых из металла светом выделенной частоты. Особенно точные опыты такого рода были проведены советским учёным академиком П. И. Лукирским.

Если частота света достаточна, чтобы вырвать электроны из металла, то мощность источника света будет определять число вырываемых в секунду электронов, и только. В сто раз более сильный поток света вырвет за секунду ровно в сто раз больше электронов той же самой энергии.

Чем можно объяснить эти закономерности?

Этот вопрос долго не мог быть решён. Зависимость энергии вылетающих из металла электронов от частоты света была не понятна. Решение задачи было дано в 1905 г. физиком А. Эйнштейном. Вот это решение: *свет может поглощаться и излучаться лишь определёнными порциями*. Энергия каждой такой порции, или, как её называют, *кванта света*, или *фотона*, тем больше, чем боль-

ше частота света. Так, например, энергия кванта фиолетового света, обладающего частотой  $8 \cdot 10^{14}$  в секунду, вдвое больше энергии кванта красного света, обладающего частотой  $4 \cdot 10^{14}$  в секунду. Электрон в металле не может принять у излучения любую энергию. Он не может поглотить половину фотона, или два, или три фотона сразу.

Электрон в металле может поглотить сразу только один фотон. Если энергия этого фотона достаточна, чтобы вырвать электрон из металла, то он может вырваться; если энергия недостаточна — электрон вырваться не может. Энергия вырванного электрона определяется только энергией поглощённого им фотона. Понятно, что она не зависит от числа других фотонов, падающих на металл.

Мощность источника света определяет только число падающих на металл фотонов, а значит, и число вырванных из металла электронов, но не их энергию. Всё сказанное относится, конечно, не только к видимому свету, но и к любому излучению. Ультрафиолетовые и рентгеновские кванты, обладая большей энергией, вырывают электроны из вещества гораздо лучше, чем кванты видимого света. Но есть сплавы металлов, у которых даже невидимые инфракрасные лучи (испускаемые слабо нагретыми телами), фотоны которых обладают меньшей энергией, чем фотоны видимого света, вырывают электроны.

Таким образом, «зернистым» строением обладает не только кажущееся нам сплошным вещество, но и свет.

Это открытие, поразительное само по себе, привело к изменению представлений о природе света, а затем и о всех известных частицах материи (электронах и других, знакомство с которыми нам ещё предстоит).

В XVII веке были выдвинуты две теории света. Ньютон считал, что свет представляет поток крохотных частиц вещества — «корпускул» света (корпускулой и мы будем называть маленькие комочки — дробинки, пылинки вещества). Гюйгенс считал свет волнами особой материи — «мирового эфира», якобы заполняющего всё пространство.

Обе теории оказались неверными: свет есть и волны, и корпускулы одновременно. Его природа двойственна. Представить себе это очень трудно: это одна из основных трудностей физики наших дней.

Электромагнитное излучение — радиоволны, свет и т. д. — движется в пространстве по законам движения волн. Однако природа излучения и волн на воде различна. Когда по поверхности озера бежит волна, вода не течёт с волной. Отдельные частицы воды лишь колеблются вверх и вниз: вещество воды, материя, не движется вместе с волной.

Но когда радиосигнал отрывается от антенны передающей радиостанции или луч света покидает породившую его звезду, тогда от передатчика к приёмнику, от далёкой звезды к нам несётся электромагнитное излучение — материя.

*Излучение — один из видов материи*, так же как и связанное с электрическими зарядами электрическое поле или магнитное поле вокруг токов.

Какими же свойствами корпускул обладает излучение, свет?

При стрельбе из пулемёта из его дула может вылететь одна пуля («корпускула»), либо 7, либо 53, но никогда не  $7\frac{1}{2}$  или  $53\frac{3}{4}$ . Число корпускул — пуль — может быть только целым. Такими же свойствами обладает и свет.

Свет, излучение, может испускаться и поглощаться только целыми порциями: число порождённых или поглощённых квантов излучения, или фотонов, может быть только целым.

Итак, согласно современным представлениям свет (любое электромагнитное излучение вообще) есть поток элементарных частиц — фотонов, обладающих волновыми свойствами. Каждый фотон обладает определённой энергией (в зависимости от своей частоты), массой, падая на тела, оказывает на них давление и т. д. (давление света впервые обнаружил на опыте в 1900 году и измерил русский физик П. Н. Лебедев).

На стр. 36 дана таблица, в которой сведены данные о некоторых фотонах, отвечающих различным частотам.

Любопытно, что при длине волны фотона в одну стомиллиардную долю сантиметра (случай, приведённый в таблице) его масса в 24 раза превышает массу покоя электрона.

Теперь мы достаточно хорошо знакомы со светом, чтобы попытаться по свету, испускаемому атомами, сделать заключение об их строении.

Частота колебаний в секунду	Длина волны в сантиметрах	Масса фотона в граммах	Энергия фотона в электрон-вольтах <sup>1</sup>	Характер излучения
$6 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,35 \cdot 10^{-33}$	2,47	Свет (зелёный)
$3 \cdot 10^{19}$	$10^{-9}$	$2,18 \cdot 10^{-28}$	123000	Рентгеновские лучи
$3 \cdot 10^{21}$	$10^{-11}$	$2,18 \cdot 10^{-26}$	12,3 миллиона	Гамма-лучи

### 6. Линейчатые спектры

Изучить свет отдельных атомов можно, если заставить их излучать независимо друг от друга. Это можно сделать, разогревая газ или пропуская через него электрический ток. В этих условиях молекулы, как правило, будут распадаться на атомы, и каждый атом будет светиться сам по себе независимо от других.

Если посмотреть на спектр, то есть на состав света, излучаемый при этом атомами, то сразу обнаружится его резкое отличие от спектра, излучаемого твёрдыми телами.

Спектр твёрдого тела — *сплошной*, непрерывный. В нём нет разрывов, цвета постепенно переходят один в другой. Спектр атомов состоит из отдельных, очень тонких линий, разделённых промежутками. Каждая линия имеет определённую окраску, отличающуюся от окраски других линий. Этот спектр имеет такой вид, как если бы картинку, изображающую непрерывный спектр, закрасили почти всю, за исключением тоненьких полосок, чёр-

<sup>1</sup> Электрон-вольт (сокращённо *эв*) — это энергия, которую приобретает электрон, ускоренный электрическим напряжением в 1 вольт. Величину этой энергии можно оценить из такого примера. Электрическая лампочка в 1 ватт (карманный фонарик) потребляет в секунду  $6,25 \cdot 10^{18}$  *эв*. Шесть с четвертью миллиардов миллиардов электрон-вольт в секунду! Однако в атомном мире электрон-вольт не малая величина: электрон, обладающий энергией в 1 *эв*, имеет скорость 593 километра в секунду.

ной тушью. Естественно было назвать этот спектр *линейчатым*.

Отдельные цвета для краткости называют *линиями спектра*. Так, например, вместо того чтобы сказать «жёлтые цвета», излучаемые натрием, говорят о жёлтых линиях натриевого спектра. Если линии близки, то отличие в их окраске совершенно незаметно для глаза. Но мы можем с большой точностью определять частоту, соответствующую каждой линии (цвету) спектра.

Итак, свет, излучаемый атомами, разделяется спектроскопом на ряд отдельных тонких линий. Каждая линия принадлежит свету строго определённой частоты. Значит, свет, излучаемый атомами, состоит из набора излучений определённых частот. Но ведь каждой частоте света соответствует порция света определённой энергии.

Отсюда следует, что *атом способен выбрасывать порции света — фотоны — не любых, а строго определённых энергий*.

Как же излучается атомами свет? Почему атом не может излучать фотоны любых энергий?

## 7. Как происходит излучение света

Рассмотрим подробнее, как устроен атом — тяжёлое, положительно заряженное ядро, вокруг которого быстро вращаются лёгкие, отрицательно заряженные электроны. Быстро вращающиеся электроны должны, казалось бы, создавать вокруг себя быстро меняющееся электромагнитное поле, подобно тому как это делают в антенне колеблющиеся электрические заряды. Значит, электрон в атоме должен испускать электромагнитные излучения только гораздо большей частоты, чем радиоволны.

Ну что же, подумает читатель, это верно: ведь атомы действительно излучают свет.

Да, но ведь, излучая свет, электрон отдаёт ему свою энергию. Для того чтобы отдать таким образом всю свою энергию, электрону понадобились бы... миллионные доли секунды! А отдав свою энергию, электрон должен неминуемо упасть на ядро. Получается, что атом, обладающий таким строением, существовать не может.

В действительности же атом очень устойчив и излучает редко, хотя его ядерное строение, как показывают опыты, несомненно.

Что же происходит в атоме на самом деле? Ответ на этот вопрос даёт новая наука, возникшая в результате изучения атома, — *квантовая механика*.

Вот как квантовая механика рисует движение электронов в атоме.

Вращаясь вокруг ядра по своей орбите, электрон ничего не излучает. При этом представлять себе электрон крошечной «твёрдой» частицей неверно. Электрон как бы распределяется вдоль всей орбиты, так что ядро оказывается окружённым «электронным облачком».

Электроны могут двигаться около ядра не по любым, а только по вполне определённым, или, как их принято называть, «разрешённым» орбитам. Каждой разрешённой орбите соответствует вполне определённая энергия находящегося на этой орбите электрона. Поэтому электрон в атоме не может обладать любой энергией. Он может иметь только ряд вполне определённых энергий, соответствующих его движениям по разрешённым орбитам.

Орбиты находятся на разных расстояниях от ядра. Ближе всего к ядру расположены две орбиты. Они образуют первый слой электронных орбит вокруг ядра. У атома водорода радиус этих орбит чуть превышает половину стомиллионной доли сантиметра. Далее у атома водорода идут орбиты, радиус которых в 4 раза больше радиуса орбит первого слоя. Этих орбит насчитывается восемь.

Радиус орбит следующего, третьего, слоя в 9 раз больше радиуса орбит первого слоя, четвёртого слоя — в 16 раз, пятого — в 25 раз больше и так далее.

На рис. 17 изображены радиусы первых пяти слоёв разрешённых орбит атома водорода при увеличении в срок миллионов раз. Номера слоёв отмечены цифрами. Ядро должно находиться в центре орбит, но оно не видно, так как при этом увеличении его размер оказывается равным одной стотысячной доле сантиметра.

Что касается других атомов, то число орбит в каждом слое будет точно таким же, как и в атоме водорода. Радиус же слоёв будет зависеть от заряда ядра. Радиус первого слоя какого-либо атома во столько раз меньше радиуса первого слоя атома водорода, во сколько раз заряд атомного ядра превышает заряд ядра атома водорода. Так, радиус орбит первого слоя у атома гелия в 2 раза меньше, чем у атома водорода, в 11 раз меньше, чем у

атома натрия, и т. д. Для следующих орбит зависимость более сложная, и на ней мы останавливаться не будем.

Всё это, конечно, не значит, что на каждой орбите имеются электроны. «Разрешённые» орбиты—это просто пути, по которым *могут* двигаться электроны в отличие от всех других путей, по которым движение электронов невозможно. Каждый из имеющихся в атоме электронов будет находиться на одной из ближайших к ядру «разрешённых» орбит. Остальные орбиты будут пустовать.

Они лишь на короткое время занимаются электронами, находящимися постоянно на ближайших к ядру орбитах.

Установлено, что энергия электрона в атоме тем больше, чем дальше от ядра находится его орбита. Точно так же энергия поднятого над землёй камня тем больше, чем выше он поднят над поверхностью земли.

Электрон устойчиво движется по разрешённой орбите, но это не значит, что он навсегда «прикован» к ней. Электрон может «перепрыгивать» с одной орбиты на другую. При этом энергия его, конечно, меняется. При «прыжке» с более удалённой орбиты на более близкую энергия электрона в атоме уменьшается. Излишек энергии в этом случае и отдаётся в виде одного излучаемого фотона. Частота этого фотона определяется его энергией по соотношению, о котором мы рассказали выше.

Значит, каждому скачку электрона в атоме с одной из удалённых орбит на более близкую соответствует своя

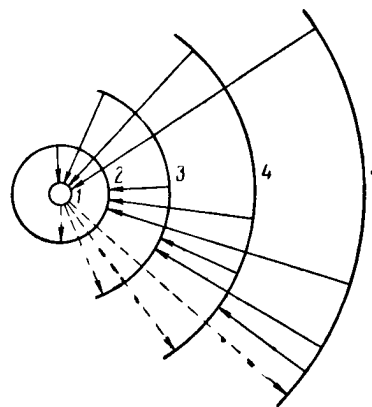


Рис. 17. Радиусы первых пяти слоёв орбит атома водорода при увеличении в 40 миллионов раз. Сплошные стрелки показывают прыжки электрона с удалённых орбит на более близкие. Стрелки, изображённые пунктиром, — прыжки на удалённые орбиты («подъём»). Эти стрелки начинаются только с орбит первого слоя, с которого практически всегда начинается подъём, так как электрон почти всё время находится в первом слое

определённая линия в спектре излучения. Измеряя частоту этой линии, мы сразу же находим и энергию фотона. Таким образом, мы узнаём, насколько отличается энергия электрона, находившегося на какой-либо удалённой орбите, от его энергии на более близкой орбите, на которую он «перепрыгнул».

Поясним это тем же рис. 17. На любую орбиту, принадлежащую, например, слою *З*, может самопроизвольно «перепрыгнуть» электрон, находящийся на любой другой, более удалённой орбите, например, слоя *Б*. Этот скачок сопровождается излучением фотона. Энергия этого фотона равна разнице в энергиях электрона на орбите пятого и третьего слоёв, а частота, как мы уже знаем, определяется энергией. Определяя частоту этой линии спектра, мы определяем энергию фотонов и узнаём, на какую величину отличается энергия электрона, когда он находится на орбите слоя *З*, от энергии электрона, когда он находится на орбите слоя *Б*. Этот же переход с пятой на третью орбиту электрон может совершить и в два приёма. Он может перепрыгнуть сначала на орбиту слоя *4*, излучив фотон, а затем отсюда перепрыгнуть на орбиту слоя *З*, излучив ещё один фотон. По тому или иному пути, большим или меньшим числом прыжков, от одной разрешённой орбиты к другой электрон в атоме водорода опустится на ближайшую разрешённую орбиту. Такой «спуск» к ядру происходит за ничтожные доли секунды, так что электрон почти всё время находится на ближайшей к ядру орбите.

В атомах, более сложных чем водород, электрон может спуститься и не на ближайшую орбиту, а задержаться на более удалённой. Дело в том, что, как было твёрдо установлено, на каждой орбите в атоме может находиться *только один электрон*. Значит, электрон, спускающийся на нижние орбиты, остановится на ближайшей *свободной* орбите. Так, например, в атоме лития три электрона. Два из них находятся на орбитах первого слоя, третий же может находиться постоянно только во втором слое. Такой атом можно возбудить, подняв электрон из второго слоя на один из более удалённых слоёв. Он вернётся во второй слой. Но атом можно возбудить, подняв во второй или более удалённый слой и один из электронов первого слоя. При этом появится свободная орбита в первом слое. На неё может опуститься либо электрон из второго слоя, либо поднятый электрон.



Так, изучая поочерёдно все линии атомного спектра, мы получаем самые точные и подробные сведения о возможных энергиях электрона в атоме, а значит, и о возможных скоростях электрона, о его расстояниях от ядра и так далее.

До сих пор мы говорили только о «скачках» электронов с более далёких орбит на более близкие, сопровождающихся излучением фотонов. Скачки электрона в обратном направлении самопроизвольно произойти не могут — они должны сопровождаться не отдачей, а поглощением энергии. Так, лежащий на высоте камень может скатиться вниз «без посторонней помощи». При этом он отдаёт запас своей энергии, производя разрушения по пути или обращая её в тепло.

Но подняться обратно сам по себе камень не может. Ему надо сообщить необходимую для этого энергию: бросить или поднять вверх.

Для того чтобы подъём электрона мог произойти, электрон в атоме должен либо поглотить извне фотон соответствующей энергии, либо получить эту энергию от столкновения с каким-либо атомом, электроном или ионом.

Теперь мы можем легко понять, почему, например, светятся раскалённые газы или газы, через которые пропускается сильный электрический ток. В результате столкновений атомов газа между собой (в первом случае) и с летящими электронами (во втором случае) электроны в атомах, получив необходимую энергию, «перескакивают» на одну из удалённых орбит. Как принято говорить, «атом возбуждается». Затем через очень короткий промежуток времени, измеряемый стотысячными долями секунды, электроны возвращаются на более близкие орбиты, излучая характерный для атомов данного рода спектр.

Атомы различных элементов отличаются друг от друга массой, зарядом ядра, энергией электронов на разрешённых орбитах, числом принадлежащих атому электронов. Ясно поэтому, что нет двух элементов, спектры которых совпадали бы. Изучив спектр какого-либо элемента, мы можем с помощью спектроскопа обнаружить затем его присутствие в самых различных смесях или химических соединениях.

Можно сказать, что спектр атома — это его «паспорт». Исследуя свечение раскалённых газов в спектроскопе, можно обнаружить ничтожнейшие примеси любого эле-

мента, столь малые, что никакими другими способами обнаружить их нельзя. Кроме того, такой, как говорят, «спектральный анализ» позволяет делать заключение о наличии примесей элементов в очень короткие сроки, гораздо быстрее, чем это можно сделать любым другим путём.

Поэтому спектральный анализ имеет большое значение в науке и технике и в ряде случаев незаменим.

Ещё в прошлом веке были учёные, утверждавшие, что люди никогда не узнают, из чего состоят звёзды. Но вот был открыт спектральный анализ, позволяющий делать это так же уверенно, как если бы звёзды находились «в наших руках». Больше того, инертный газ гелий был сначала открыт на Солнце, а уже потом на Земле.

На этом примере мы ещё раз убеждаемся в том, что нет границ для нашего познания.

Возможность движения электрона только по разрешённым орбитам делает атом устойчивым, сообщает ему «твёрдость».

Вот атом получил удар от соседнего атома или электрона. Он начинает двигаться. Но если энергия, переданная ему при ударе, меньше энергии, необходимой для возбуждения атома, то есть для подъёма одного из электронов на ближайшую свободную удалённую орбиту, то все электроны останутся на своих орбитах.

Совсем иначе вёл бы себя атом, если бы любые пути для электрона были возможны. Самый лёгкий толчок, хотя незначительно, но менял бы орбиты электронов. Атом был бы «мягким», то есть легко менял бы своё строение от любого слабого толчка.

В действительности атом не меняет своего строения до тех пор, пока не получит достаточно сильного удара. Слабые удары «не оставляют на нём следов». Атом ведёт себя, как твёрдая частица.

Таким образом, существование разграниченного ряда разрешённых орбит обеспечивает «твёрдость» атома.

Насколько «твёрд», казалось бы, очень хрупкий атом, можно видеть из того, что при обычных температурах атомы газа, сталкиваясь, не возбуждаются. А вы помните, как велики скорости движения частиц газа.

Представьте себе столкновение двух стальных ядер, несущихся навстречу друг другу со скоростью в несколько сотен метров в секунду. Что будет с ними после удара?

Они разобьются вдребезги. Атомы с их тончайшей электронной оболочкой оказываются «крепче» стальных ядер. Поэтому представление о газе, как о множестве твёрдых частиц, вплоть до значительных температур газа, правильно.

Однако при дальнейшем повышении температуры скорость частиц настолько увеличивается, что энергии, передаваемой ими друг другу при столкновении, становится достаточно для возбуждения. Возбуждённые частицы отдают приобретённый ими избыток энергии в виде фотонов — газ начинает светиться.

Так происходит в газе превращение энергии теплового движения молекул в световую энергию. Точно так же происходит превращение электрической энергии в световую, когда через газ проходит электрический ток; только в этом случае возбуждение атомов производится ударами быстрых электронов.

#### **8. Электронная оболочка и периодический закон Менделеева**

Выше мы уже говорили о том, что на каждой орбите в атоме может находиться при любых условиях только один электрон.

Зная это, можно уже разобраться в том, как строится электронная оболочка, состоящая из многих электронов, и дать объяснение периодичности химических свойств, открытой Д. И. Менделеевым.

Каково строение электронных оболочек у невозбуждённых атомов? Сколько электронов содержат они в наружном слое, определяющем химические свойства атомов?

Атом водорода содержит всего один электрон, который находится на одной из орбит первого слоя.

Атом гелия обладает двумя электронами, находящимися на двух орбитах первого слоя. Таким образом, у атома гелия первый слой целиком заполнен. Этот факт очень важен. Как оказалось, атомы, у которых занятые слои полностью «застроены», являются химически неактивными: они не только не способны соединяться с атомами других сортов, но и не соединяются даже друг с другом в молекулы, как атомы других газов. Это инертные газы — гелий, неон и др.

Следующий по порядку за гелием атом лития обладает тремя электронами. Два из них занимают первый слой, а третий располагается на орбите, принадлежащей уже второму слою. Спуститься на первый слой он не может, для него там уже нет места.

Вплоть до десятого номера таблицы Менделеева идёт постепенное увеличение числа электронов второго слоя, заканчивающееся у неона. Оба слоя атома инертного газа неона целиком укомплектованы.

Идущий за неоном элемент натрий удерживает свой одиннадцатый электрон уже на орбите третьего слоя.

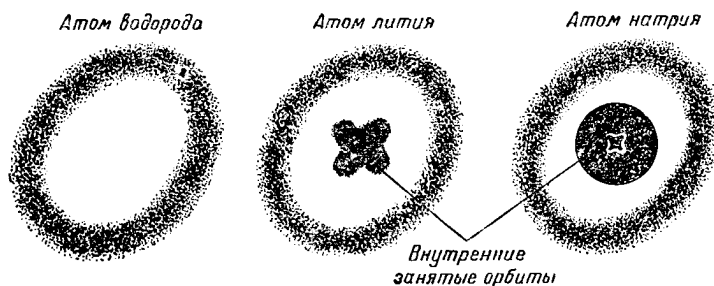


Рис. 18. Схематическое изображение атомов водорода, лития и натрия. Ядра не видны, так как они при этом увеличении слишком малы. У всех этих атомов в наружном слое находится один электрон. Это объясняет их химическое сходство (см. рис. 2)

Посмотрите теперь на рис. 18, на котором схематически изображены атомы водорода, лития и натрия. В этих атомах *наружный* покров представлен одним электроном. Именно поэтому химические свойства этих атомов так близки между собой. Это первые элементы из тех, которые входят в первый столбец таблицы Менделеева.

Атомы бериллия содержат два электрона во втором слое; атомы магния — два электрона в третьем слое. Это первые из элементов, составляющих второй столбец таблицы Менделеева. Их химические свойства также весьма близки. То же самое наблюдается и дальше: химические свойства элементов, имеющих одинаковое число электронов в наружной оболочке, близки.

### *Глава III*

#### **АТОМНОЕ ЯДРО**

**Р**адиоактивные явления не только дали в руки физиков оружие, пригодное для исследования атомных недр. Они позволили также решить задачу искусственного превращения химических элементов.

##### **1. Радиоактивные превращения**

Как уже говорилось, радиоактивные атомы выбрасывают из своих недр альфа-частицы, бета-частицы и высоко-частотное электромагнитное гамма-излучение. Было установлено, что всё это выбрасывается ядром атома; в электронных оболочках ни одно из перечисленных излучений зародиться не может.

Что же происходит при этом с атомом?

Альфа-частица обладает массой 4 и зарядом 2. (Мы можем теперь, между прочим, точнее определить, что такое альфа-частица. Гелий имеет в таблице Менделеева порядковый номер два. Следовательно, атом гелия состоит из ядра, несущего двойной положительный заряд, и из двух вращающихся вокруг ядра электронов. Альфа-частица, как было указано выше, — дважды положительно заряженный атом гелия, то есть ядро атома гелия.) Выбрасывая альфа-частицу, радиоактивное ядро лишается этой массы и заряда. Следовательно, ядро исходного элемента превращается при альфа-излучении, или, как говорят, при альфа-распаде, в ядро другого элемента, обладающего меньшим на четыре единицы атомным весом и меньшим на две единицы атомным номером. А так как атомный номер определяет положение элемента в таблице Менделеева, то новый элемент окажется сдвинутым в таблице на две клетки назад. Конечно, новое ядро не может сохранить прежнего количества электронов и их расположения в атоме. Электронная оболочка перестраивается, теряя два лишних электрона.

При бета-распаде ядро теряет отрицательный заряд, так как при этом из ядра (именно из ядра, а не из электронной оболочки) вылетает один электрон. Следовательно, положительный заряд ядра увеличивается на единицу. И в этом случае оболочка атома перестраивается, причём

атом при первой возможности захватывает недостающий ему теперь электрон. Новый атом готов. Его место в таблице Менделеева смещается на одну клетку вперёд, хотя его атомный вес не изменился.

В результате распада атомов, переходящих в другие клетки таблицы Менделеева, радиоактивное вещество всегда состоит из различных сортов атомов.

При гамма-излучении заряд ядра не меняется, а масса ядра меняется на очень малую величину. Ядро отдаёт излишек энергии, оставшийся в нём после альфа- или бета-распада, в виде кванта электромагнитного излучения очень большой частоты, или, как образно выражаются физики, в виде «жёсткого» кванта. Место атома в таблице Менделеева не меняется.

О чём свидетельствуют эти факты?

Ядра могут выбрасывать из своих недр заряженные частицы. Значит, *сами ядра не являются простыми, неделимыми частицами.*

Ядра одних атомов могут превращаться в ядра других атомов. Значит, *в природе существуют превращения, при которых одни элементы превращаются в другие элементы.*

При бета-распаде вес атома практически не меняется, но атом переходит в другую клетку таблицы Менделеева. Значит, *существуют атомы, занимающие различные места в таблице Менделеева, но обладающие одинаковым атомным весом.*

## 2. Изотопы и изобары

Существование атомов *различных* элементов, обладающих *одинаковым* атомным весом, наводило на мысль о том, что среди атомов одного и того же элемента должны существовать атомы различного веса. Эти атомы, очевидно, должны обладать одинаковым зарядом ядра, но иметь различный атомный вес.

Чтобы проверить справедливость этого предположения, необходимо было попробовать отделить такие атомы друг от друга. Но как это можно сделать? Ведь у атомов, ядра которых обладают одинаковым зарядом, электронные оболочки совершенно одинаковы. Значит, и химические свойства их также одинаковы и разделить такие атомы химическими способами очень трудно.

Разделить различные атомы и определить их массы можно примерно таким же способом, каким определили

массу электрона. Для того чтобы измерить массу атома этим способом, нужно, во-первых, зарядить атом. Ведь электрически незаряженный атом не отклоняется в электрических и магнитных полях. Для того чтобы зарядить атом, достаточно оторвать у него один или два электрона. Атом превратится в положительный *ион* (ионом называется заряженный атом; теряя электрон, атом превращается в положительно заряженный ион—коротко—положительный ион; присоединяя к себе лишний электрон, атом превращается в отрицательный ион). Заряд иона нам будет известен: он будет равен по величине (но не по знаку) заряду одного или двух электронов.

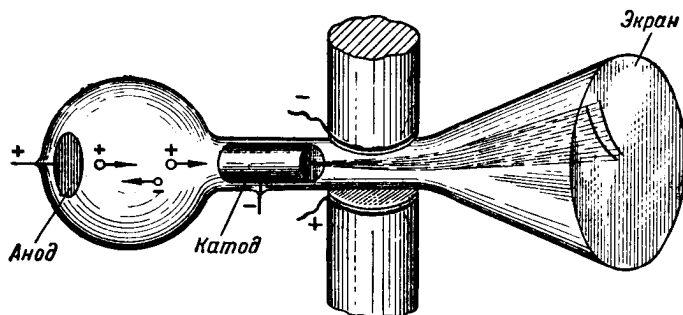


Рис. 19. Упрощённая схема прибора для определения массы атомов неона

Опыт можно облегчить, если взять вещество, у которого атомы свободны, не связаны в молекулы. Кроме того, интересно изучить вещество, у которого атомный вес сильно отличается от целочисленного<sup>1</sup>. Очень подходящим элементом поэтому оказывается инертный газ неон (атомный вес 20,2), который и был исследован первым.

Вот упрощённое изображение прибора, с помощью которого Д. Д. Томсоном был исследован неон (рис. 19). Неон помещался под небольшим давлением в специальный сосуд. В газе по многим причинам всегда существуют свободные электроны. Если очень сильно зарядить анод и катод (см. рисунок), то эти свободные электроны, отталки-

<sup>1</sup> О малых отклонениях атомного веса от целочисленного (на доли процента) мы пока говорить не будем. Такие отклонения связаны с запасом энергии в атомном ядре. Этот вопрос мы рассмотрим ниже (в главе IV).

ваясь от катода и устремляясь к аноду, будут по дороге сталкиваться с атомами неона и отрывать у них электроны. Положительно заряженные ионы неона устремятся в обратном направлении — от анода к катоду. Но сквозь отверстие в катоде пройдут не все ионы — длинный тонкий канал в катоде пропустит только те ионы, которые движутся в одном и том же направлении — вдоль оси прибора.

Вылетев из катода, ионы подвергаются действию больших электрических и магнитных сил. Это делается при помощи сильного магнита. К полюсам его прикреплены металлические пластинки, защищённые от соприкосновения с железом магнита прокладками из изолятора. Металлические пластинки заряжаются разноимёнными зарядами. Под действием электрических сил ионы отклоняются вверх, а магнитные силы отклоняют их вправо.

Если бы все ионы, обладающие одинаковой массой и зарядом, имели одну и ту же скорость, все они пришли бы в одну и ту же точку экрана. Но ионы зарождаются в самых различных местах трубки и подвергаются действию электрических сил разное время. Они получают в результате самые различные скорости и поэтому отклоняются по-разному. На экране ионы расположатся вдоль особой кривой линии, форму которой можно рассчитать. Быстрые ионы отклонятся меньше и окажутся ближе к оси трубки, медленные отклонятся сильнее.

Ионы различных масс и зарядов располагаются на различных кривых. Ионы с большой массой под действием тех же сил будут отклоняться меньше. По форме полученных кривых были определены массы ионов. Оказалось, что неон состоит из смеси атомов, часть которых имеет атомный вес 20, а часть 22. Более точные опыты позволили обнаружить ещё весьма небольшое количество атомов неона с массой 21.

Конечно, кроме ионов, обладающих разными массами, в приборе окажутся ещё ионы, обладающие разными зарядами; ведь у некоторых атомов могут оказаться оторванными не один, а два электрона. Эти ионы будут отклоняться электрическими и магнитными силами гораздо сильнее. Они будут размещаться на экране на отдельных кривых.

Так было доказано, что *атомный вес химического элемента есть в действительности средний вес различных по массе атомов.*



Атомы одного и того же химического элемента, занимающие одно и то же место в таблице Менделеева, но различные по массе, были названы *изотопами*.

Позднее были построены гораздо более совершенные приборы. Электрические и магнитные силы в них действуют так, что все ионы одинаковой массы независимо от их скорости собираются в одну короткую и очень тонкую черточку. В таких приборах не ускользают от наблюдения атомы, содержащиеся даже в очень малом количестве. Кроме того, массы атомов удается измерить с весьма большой точностью, доходящей до миллионных долей процента. Приборы эти называются *масс-спектрографами*. Все известные химические элементы исследованы теперь с их помощью. Оказалось, что почти все элементы обладают несколькими изотопами. Таким образом, почти в каждой клетке менделеевской таблицы оказывается несколько различных сортов атомов.

На рис. 20 мы приводим тот же уголок таблицы, что и на рис. 3, но так, как его следует писать в наши дни. Верхняя цифра здесь попрежнему атомный номер, показывающий заряд ядра и число электронов в атоме. Цифры, стоящие под названием элемента, — округлённые атомные веса изотопов. Так, например, для гелия вместо атомного веса 4,0039 мы пишем целое число 4. Эти целые числа мы будем называть «массовыми числами» изотопов (округление числа сделано здесь не просто для удобства, физический смысл этих чисел выяснится ниже).

Рядом с массовыми числами в скобках указано процентное содержание изотопов в обычном встречающемся в природе веществе. Так, изотопа неона с массовым числом 20 в природном неоне содержится 90 процентов, изотопа с массовым числом 21 — 0,27 процента и изотопа с массовым числом 22 — 9,73 процента.

	1 Водород 1-(99,98) 2-(0,02)	
2 Гелий 3-( <i>мало</i> ) 4 (~100)	3 Литий 6-(7,5) 7-(92,5)	4 Бериллий 8-( <i>мало</i> ) 9 (~100)
10 Неон 20-(90,0) 21-(0,27) 22-(9,73)	11 Натрий 23-(100)	12 Магний 24-(77,4) 25-(11,5) 26-(11,1)

Рис. 20. Левый верхний угол таблицы Менделеева. Показаны устойчивые изотопы

Сразу же оговоримся, в клетках этой таблицы указаны только устойчивые, то есть нерадиоактивные изотопы. Существуют в них ещё «временные жильцы» — неустойчивые изотопы, которые распадаются и перебираются «на постоянное жительство» в другие клетки. О них мы расскажем ниже.

Вы видите, что даже водород и тот обладает двумя устойчивыми изотопами с атомными весами 1 и 2. Более тяжёлый изотоп водорода, получивший особое название «дейтерий», в соединении с кислородом даёт так называемую «тяжёлую воду». По своим свойствам она заметно отличается от обычной воды: тяжелее, замерзает при четырёх градусах тепла и т. д.

Простейшее из всех существующих ядер — ядро изотопа водорода 1 — получило название *протон* (отсюда — иногда встречающееся название для чистого изотопа водорода 1 — «протий»). Протон обладает зарядом, равным по величине заряду электрона, но обратным по знаку.

Часто один из изотопов значительно преобладает над другими. При этом средний атомный вес будет очень мало отличаться от веса преобладающего изотопа.

Так, кислород содержит 99,76 процента изотопа с массовым числом 16; 0,04 процента изотопа с массовым числом 17; 0,20 процента изотопа с массовым числом 18.

Мы уже знаем, что в качестве атомной единицы массы учёные приняли  $\frac{1}{16}$  от массы атома кислорода. При этом считали, что все кислородные атомы имеют одинаковую массу. Но ведь атомы кислорода могут обладать разными массами, поэтому и единица массы может быть различной. Можно определить среднюю массу природной смеси изотопов кислорода и  $\frac{1}{16}$  от этой средней массы принять за единицу. Этой единицей пользуются химики, имеющие дело чаще всего с природной смесью изотопов. Физики же условились считать единицей массы  $\frac{1}{16}$  от массы изотопа кислорода с массовым числом 16, так как они определяют массы отдельных изотопов. Различие между химической и физической атомными единицами массы очень мало, так как в кислороде изотопа 16 много больше, чем других, и сводится к следующему.

Атомная единица массы в химических единицах была уже приведена выше:

$$1 \text{ аем} = 1,66035 \cdot 10^{-24} \text{ грамма,}$$

физическая же единица:

$$1 \text{ аем} = 1,6599 \cdot 10^{-24} \text{ грамма.}$$

Столь малое различие для нас совершенно несущественно.

Всем известное олово, средний атомный вес которого равен 118,7, состоит из десяти изотопов с массовым числом от 112 до 124. Больше всего в нём изотопа с массовым числом 120, а именно, 28,5 процента.

Как мы уже заключили из факта бета-распада, должны существовать также атомы различных элементов, обладающие одинаковым массовым числом. Действительно, существуют атомы калия с массовым числом 40 и кальция с массовым числом 40, кадмия — 112, 114, 116 и олова — 112, 114, 116 и т. д.

Атомы различных элементов, обладающие одинаковым массовым числом, называются *изобарами*.

Таким образом, таблица Менделеева гораздо богаче различными атомами, чем это представлялось раньше.

В наши дни известны 280 различных сортов атомов, имеющих в природе. Дальше мы расскажем об искусственно получаемых атомах, число которых не меньше. Все искусственно получаемые атомы, если они отличаются от атомов, встречающихся между естественными изотопами, радиоактивны. Через сравнительно небольшой промежуток времени — от долей секунды и до нескольких дней, очень редко дольше — они превращаются в атомы обычных, устойчивых изотопов.

### 3. Цепочки радиоактивных превращений

Какие же атомы обладают радиоактивностью? Если не говорить об искусственно полученных атомах, то это — наиболее тяжёлые атомы последних клеток таблицы Менделеева.

Устойчивые, нераспадающиеся атомы кончаются на 82 и 83 клетках таблицы. Клетка 82 содержит (не считая неустойчивых) четыре устойчивых изотопа свинца с массовыми числами 204, 206, 207 и 208. Клетка 83 содержит (не считая неустойчивых) один устойчивый изотоп висмута с массовым числом 209.

Все атомы с атомным номером, большим чем 83, радиоактивны. Более тяжёлые превращаются в более лёгкие в результате ряда радиоактивных превращений.

На рис. 21 показано «путешествие» по таблице Менделеева атома тория с массовым числом 232. Оно начинается с клетки 90 и кончается в клетке 82 изотопом свинца с атомным весом 208.

Распад тория (заряд 90, массовое число 232) начинается с выбрасывания альфа-частицы. Новый атом, обладающий массовым числом  $232 - 4 = 228$ , переходит в клетку 88. Затем следуют два бета-распада, в результате которых атом, не меняя практически своего массового числа, возвращается в клетку 90. Следующий далее альфа-распад уменьшает массовое число атома до 224 и переводит

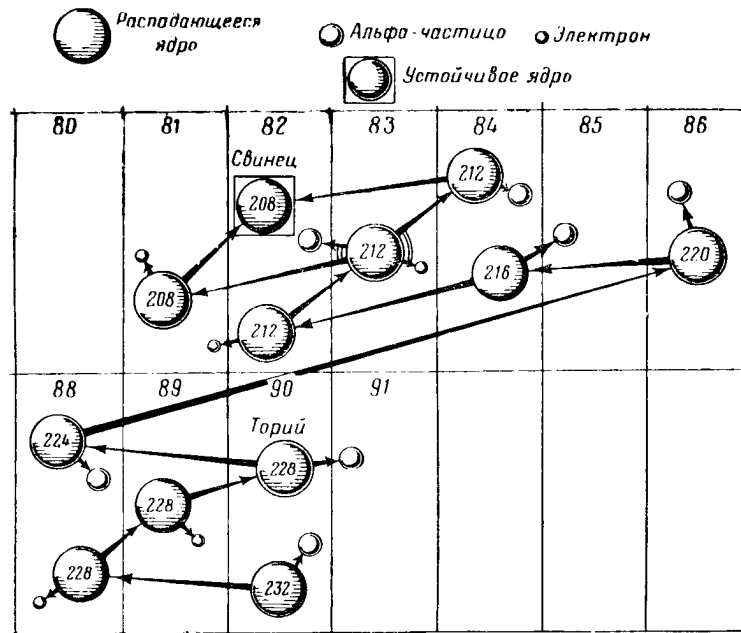


Рис. 21. Превращение тория в свинец. Атомы элемента 83 распадаются двумя путями

его опять в клетку 88. Затем после трёх альфа-распадов подряд получается радиоактивный изотоп свинца с массовым числом 212 (устойчивые изотопы свинца имеют массовые числа 204, 206, 207 и 208). Этот изотоп после бета-распада превращается в радиоактивный изотоп висмута (обычный висмут состоит целиком из одного изото-

па с массовым числом 209). Часть радиоактивных атомов висмута выбрасывает раньше альфа-частицу, переходя в клетку 81, а часть выбрасывает бета-частицу, переходя в клетку 84, как это показано на рисунке. Окончательный результат, однако, один — устойчивый изотоп свинца с массовым числом 208. Так как одни атомы распадаются раньше, другие позже, то в радиоактивном тории всегда содержатся все 12 сортов атомов, показанных на рисунке: два радиоактивных изотопа тория (номер 90, массовые числа 232 и 228), один изотоп актиния (номер 89), два изотопа радия (номер 88) и т. д.

В наши дни известны четыре такие независимые различные «цепочки» превращений радиоактивных элементов. Одну из них мы показали на рис. 21. Другая начинается с изотопа урана (номер 92, массовое число 235) или изотопа искусственного элемента плутония (номер 94, массовое число 239) и кончается изотопом свинца (номер 82, массовое число 207). Третья начинается с изотопа урана (номер 92, массовое число 238) и кончается изотопом свинца (номер 82, массовое число 206). И, наконец, последняя, недавно открытая цепочка превращений начинается с изотопа плутония (номер 94, массовое число 241) и кончается висмутом (номер 83, массовое число 209).

Распад радиоактивных атомов происходит *самопроизвольно*, без всякого воздействия извне.

Предположим, что в нашем распоряжении имеется один грамм какого-нибудь чистого изотопа (без примеси других изотопов), например урана 238. Каждую секунду некоторое число его ядер будет испытывать альфа-распад. Почему же различные ядра кусочка урана распадаются в разное время? Может быть, они чем-либо отличаются друг от друга? Нет. Все его ядра одинаковы. И если выделить одно из них, то нет никакой возможности указать, когда оно распадётся. Распад его может произойти через несколько секунд, на наших глазах, но может также произойти через миллиарды лет. Распад каждого отдельно взятого ядра случаен. Закон распада ядер каждого изотопа может быть получен лишь для огромного количества ядер. Можно, например, совершенно точно определить промежуток времени, за который распадётся половина наличных ядер (когда их много). Нерушимая закономерность распада большого числа ядер вскрывается через случайность распада каждого, в отдельности взятого ядра.

Итак, мы можем оценивать «продолжительность жизни» радиоактивных атомов до их распада по времени, необходимому для распада половины всех наличных атомов. Это время называется *периодом полураспада*. Для изотопа урана с массовым числом 238 период полураспада равен четырём с половиной миллиардам лет, для радия — 1590 годам. Это значит, что, имея, например, один грамм радия, мы должны ждать 1590 лет, пока распадётся половина грамма. Половина от оставшейся половины, то есть четверть грамма, распадётся также в течение 1590 лет и т. д. Если имеется килограмм радия, то через 1590 лет останется  $\frac{1}{2}$  килограмма, через 3180 лет —  $\frac{1}{4}$  килограмма, через — 4770 лет —  $\frac{1}{8}$  килограмма и так далее.

Зная период полураспада, можно подсчитать, сколько распадается в секунду ядер в имеющемся кусочке радиоактивного вещества.

Так, например, в одном грамме изотопа урана с массовым числом 238 каждую секунду альфа-распад происходит с 12 100 атомами. Изотоп урана с массовым числом 235 распадается быстрее: его период полураспада «всего» 707 миллионов лет, так что в одном грамме этого изотопа в секунду взрывается 78 200 атомов. Для одного грамма быстро распадающегося радия имеем соответственно 36,2 миллиарда атомов, распадающихся в каждом грамме в одну секунду.

Насколько облегчилось бы исследование радиоактивных превращений, если бы можно было видеть распад каждого отдельного ядра! Такое, казалось бы, совершенно неосуществимое желание оказалось легко выполнимым.

#### 4. Как можно видеть радиоактивный распад

Давно было известно, что имеющийся в воздухе водяной пар легко конденсируется, то есть собирается в крошечные капельки тумана на заряженных пылинках, а также на ионах. Происходит это вот по какой причине. Когда молекула воды подвергается действию электрических сил какого-нибудь заряда, например иона, то заряженные частицы, из которых состоит сама молекула, слегка смещаются от своих обычных положений. Заряды, одноимённые с зарядом иона, отталкиваются от него, разноимённые — притягиваются. В результате заряды частиц молекулы воды, обладающие другим знаком, чем заряд иона, смеща-

ются к иону, одноимённые, наоборот, отодвигаются от иона. Силы притяжения молекулы к иону оказываются большими, чем силы отталкивания от него — молекула притягивается к иону и прилипает к нему. Получившаяся частица попрежнему оказывается заряженной — ведь к иону присоединилась нейтральная молекула, не способная уничтожить заряд иона. Поэтому к частице будут прилипать новые и новые молекулы — все, расположенные поблизости, как это изображено на рис. 22.

Что произойдёт, если в сосуде с воздухом, насыщенным водяным паром, пронесётся быстрая заряженная частица, например альфа- или бета-частица? Сталкиваясь, она будет срывать у встречающихся ей молекул электроны, образуя таким образом вдоль всего своего пути множество заряженных атомов — ионов. Эти ионы не успеют «разбежаться», как к ним прилипнет множество молекул воды. Образовавшаяся крошечная капелька воды останется там, где от удара пролетевшей частицы образовался ион. В результате путь быстрой заряженной частицы окажется отмеченным тоненькой белой ниточкой тумана, состоящей из капелек воды. Эта ниточка прекрасно видна и легко может быть сфотографирована.

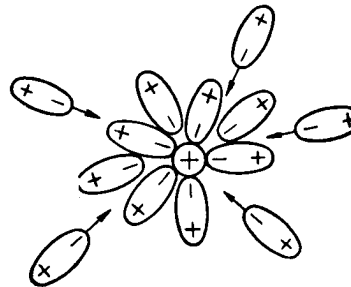


Рис. 22. Схема образования капельки воды на ионе

На этом принципе построен прибор, носящий название камеры Вильсона. С её помощью учёные могут видеть во всех подробностях путь частицы, размеры которой не превышают тысячемиллиардных долей миллиметра, — путь, проходимый в миллиардные доли секунды со скоростью в десятки и сотни тысяч километров в секунду (до 300 000 километров в секунду).

По длине следа в камере Вильсона можно определить также с достаточной точностью энергию и скорость, которыми обладала частица в момент попадания в камеру. Ведь частица, производя ионы на своем пути, тормозится, теряет свою скорость. Её скорость уменьшается до тех пор, пока разрушение встречных молекул будет ей уже не под силу. В этот момент след частицы оборвётся, и о том, что

произойдёт в ней в дальнейшем, мы можем только догадываться. Чем больше скорость, а значит, и энергия влетевшей в камеру частицы, тем большую работу она сможет произвести, то есть тем длиннее будет её след. В воздухе или камере Вильсона путь этот достигает десятков сантиметров. В твёрдом теле и жидкости атомы расположены гораздо плотнее, чем в газе, и несущаяся частица на каждом отрезке пути испытывает гораздо больше столкновений, чем в газе.

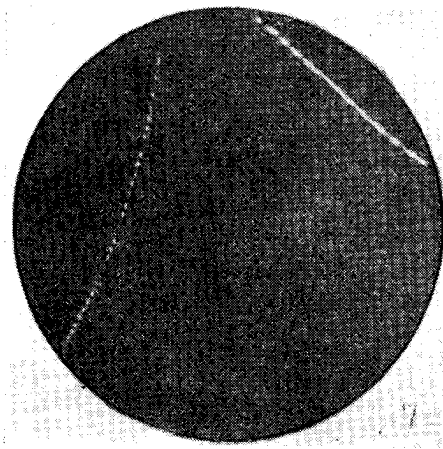


Рис. 23. Следы альфа- и бета-частиц в камере Вильсона

Поэтому и путь частицы в твёрдом теле в сотни раз короче, чем в газе.

Значительно улучшил камеру Вильсона академик Д. В. Скобельцын, поместивший её в магнитное поле. В магнитном поле заряженные частицы разных знаков заряда отклоняются в разные стороны. По изогнутости пути частиц можно очень точно определить их скорость и энергию.

На рис. 23 приведена полученная таким способом фотография путей альфа- и бета-частиц. По самому их виду учёные легко определяют, какой частице принадлежит, как принято говорить, «след»: тяжёлые альфа-частицы с двойным зарядом производят гораздо больше разрушений на своём пути, и следы, оставаемые ими, гораздо «жирнее», чем следы бета-частиц.

Кроме камеры Вильсона, физикам удалось

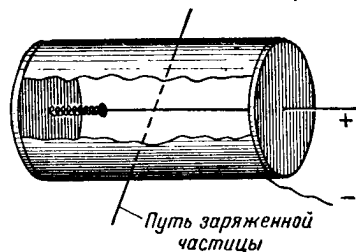


Рис. 24. Схематическое изображение счетчика Гейгера-Мюллера



построить прибор, позволяющий считать число пролетающих частиц. Он очень прост. Это так называемый счетчик Гейгера-Мюллера, схематически изображенный на рис. 24. Счетчик состоит из тонкой металлической трубочки, по оси которой протянута тонкая проволочка. И в этом приборе основная работа выпадает на долю ионов, создаваемых частицей внутри трубочки, но роль их при этом совсем другая. Стенки трубочки и нить очень сильно заряжаются. Но всё же эти заряды немного меньше, чем нужно для того, чтобы действием создаваемых ими электрических сил начали образовываться в достаточном количестве свободные электроны и ионы. Значит, электрический ток между нитью и трубочкой через газ пойти не может.

Что произойдет, если сквозь такую трубочку, пронзив её тонкие стенки, пронесётся быстрая заряженная частица? На своём пути она будет, как и в камере Вильсона, создавать множество зарядов — ионов и электронов. Эти заряды, разгоняясь электрическими силами, действующими между нитью и стенками трубочки, будут создавать в свою очередь всё новые и новые заряды. Электроны понесутся к положительно заряженной нити, положительные ионы — к отрицательно заряженной трубочке. Мгновенно через трубочку потечёт сильный ток. Быстрая частица играет здесь ту же роль, что и камень, обрушивающий лавину в горах; она «обрушивает» электрическую лавину. Обычно заряды на трубочку подаются с помощью особого устройства, позволяющего току течь через трубочку только ничтожные доли секунды. Когда ток прекратится, атомы, потерявшие электроны, и свободные электроны соединяются, и трубочка будет готова к действию опять.

Таким образом, каждая пролетающая сквозь трубочку частица вызывает в ней короткий «толчок» тока. Его можно усилить и использовать для управления каким-либо автоматом, например, считающим эти толчки тока. Так автоматически пересчитываются частицы, пролетающие сквозь трубочку-счётчик.

Счетчик Гейгера-Мюллера очень часто объединяют с камерой Вильсона, так что частица проходит через оба прибора. Толчок тока в счётчике используется для управления фотографическим аппаратом, производящим фотографию следа в камере. Таким образом, автоматически фотографируются пути всех частиц, проходящих через приборы.

Весьма универсален и все шире применяется способ изучения всех явлений, происходящих при прохождении быстрых заряженных частиц через вещество, естественном распаде атомов и любом искусственном их превращении, предложенный советскими учёными Л. В. Мысовским и А. П. Ждановым. Они воспользовались тем, что быстрые заряженные частицы, как мы уже знаем, действуют на фотографическую пластинку так же, как и лучи света. Если проявить пластинку, сквозь которую пронеслась такая частица, то мы увидим в микроскопе тоненькую чёрную ниточку вдоль её пути. В твёрдом веществе путь частицы много короче, чем в газе. Поэтому при достаточно толстом слое светочувствительного вещества (эмульсии) этот путь можно проследить целиком. Если, например, в самое вещество эмульсии ввести радиоактивные атомы, то распад атома окажется «сфотографированным» во всех

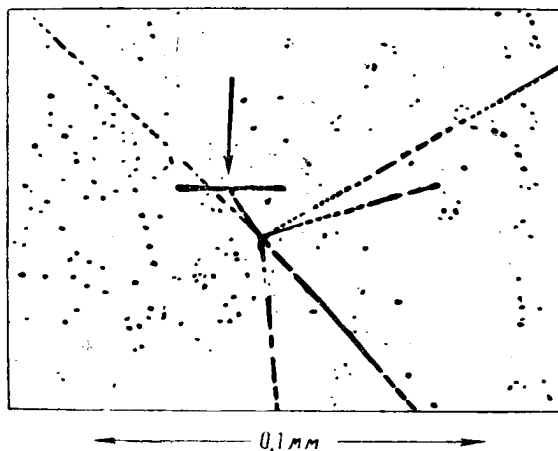


Рис. 25. Взрыв ядра под ударом очень быстрой частицы. Видно, что один из осколков распадается на две альфа-частицы («молотообразный» след)

подробностях. Можно измерить длину путей вылетающих из атома заряженных частиц и установить направления их движения. По действию частиц на эмульсию (густоте почернения) и длине следа определяют их энергию и массу.

На рис. 25 показана «фотография» распада ядра под ударом очень быстрой частицы.

В точке, показанной стрелкой, один из осколков ядра взрывается, распадаясь на два равных по величине осколка, разлетающихся в разные стороны.

Огромными энергиями обладают частицы так называемого космического излучения. Это главным образом протоны, ядра гелия и, в много меньшем количестве — ядра других элементов. Двигаясь в космическом пространстве между облаков космической пыли и газа ничтожной плотности, они не испытывают столкновений, значит, не теряют энергии. Более того, под действием слабых магнитных полей, связанных с этими облаками, они непрерывно ускоряются (согласно теории итальянского физика Э. Ферми).

В результате частицы космического излучения приобретают энергию в многие миллиарды электрон-вольт (до  $10^{18}$  электрон-вольт). Прилетая на землю, эти частицы сталкиваются с ядрами атомов, не только расщепляют их, но и порождают при столкновении множество новых различных частиц (более лёгких, чем протоны — мезонов и более тяжёлых — гиперонов). Изучение этих частиц и связанных с ними явлений необходимо для создания теории ядерных сил, для правильного понимания природы самих ядерных частиц.

Но для изучения частиц сверхвысоких энергий один слой эмульсии уже недостаточен (очень толстую фотоэмульсию применять нельзя, её невозможно было бы проявить). Сейчас широко применяют пачки эмульсий, объёмом до нескольких кубических дециметров. Такая пачка поднимается с помощью специальных воздушных шаров на большую высоту, где она подвергается воздействию космических частиц весьма большой энергии. Затем пачка разнимается, проявляется и исследуется. Пути быстрых частиц, проходящие из одной плёнки эмульсии в другую, прослеживаются на всём протяжении, хотя они и достигают часто нескольких сантиметров в длину. Это очень кропотливая работа, но она принесла уже науке открытие ряда новых сортов частиц вещества.

Все способы, о которых мы рассказали, делают изучение ядер гораздо более наглядным, чем исследование в десятки тысяч раз больших по размерам атомов. Они помогли осуществить давнишнюю мечту учёных — искусственное превращение элементов — и, больше того, воочию наблюдать такое превращение.

### 5. Искусственное превращение элементов

Если ядра атомов — составные частицы, то нельзя ли их расщеплять, получать таким образом искусственно новые ядра по нашей воле? Можно.

Какие «снаряды» пригодны для этого? Во-первых, те же альфа-частицы, которые уже были применены с таким успехом для исследования строения атома.

Первое ядерное превращение наблюдал в 1919 году Резерфорд. Вот как был произведён опыт. В камеру, которую можно было заполнить любым газом, по выбору, помещался источник альфа-частиц. Оказалось, что когда в камере был азот, то под ударами альфа-частиц в нём

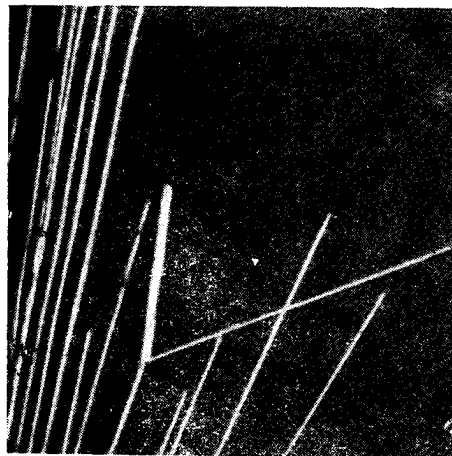


Рис. 26. Превращение азота в кислород в камере Вильсона. Левый зубец вилки — след ядра, поглотившего альфа-частицу; правый — след вылетевшего из ядра протона

возникали новые, очень быстрые заряженные частицы. По ряду признаков учёные сделали заключение, что эти частицы — ядра водородных атомов — протоны. Протоны могли появиться только в результате столкновений быстрых альфа-частиц с ядрами атомов азота. Но что при этом происходит с альфа-частицей и ядром азота?

Сливаются ли они при столкновении в одно ядро или, столкнувшись, разлетаются в стороны?

Это удалось установить с помощью камеры Вильсона.

Однако этот путь оказался нелёгким: удачный удар альфа-частицы — случай настолько редкий, что пришлось сделать 400 000 снимков путей частиц в камере. Лишь на восьми из них были обнаружены превращения ядер.

На рис. 26 приведён такой удачный снимок. Из него учёные заключили, что при ударе альфа-частица *погло-*

щается ядром, выбрасывающим при этом один протон. Действительно, посмотрите на рисунок.

Начало получившегося раздвоенного следа — «вилки» — это путь альфа-частицы до столкновения с ядром. В точке столкновения этот след обрывается — альфа-частица не отскакивает, а поглощается ядром. Толстый короткий зубец вилки — получившееся новое ядро с массовым числом 17 (массовое число азота 14 + массовое число гелия 4 — массовое число водорода 1 = 17) и зарядом 8 (заряд ядра азота 7 + заряд ядра гелия 2 — заряд ядра водорода 1 = 8), то есть ядро изотона кислорода. Тонкий длинный зубец — протон, выброшенный в момент удара.

Таким образом, ядра азота и гелия, столкнувшись, превратились в ядра кислорода и водорода.

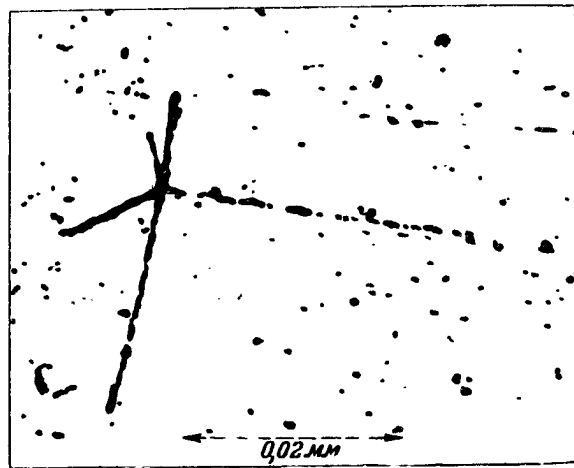


Рис. 27. Распад ядра азота, поглотившего быстрый дейтрон (правый след), на четыре альфа-частицы. Ядра азота и тяжелого водорода превращаются в четыре гелиевых ядра

В наши дни физики насчитывают уже сотни искусственно осуществлённых ядерных превращений — превращений одних элементов в другие. На рис. 27 мы приводим «фотографию» такого превращения, полученную по способу Мысовского и Жданова.

После первых опытов, в 1919 году, превращение элементов перестало быть мечтой, оно превратилось в быль. Однако до практического использования этих успехов было ещё далеко — количества вещества, испытавшего превращения, были ничтожно малы. Что же мешало дальнейшим успехам?

Альфа-частицы и искусственно получаемые в специальных приборах очень быстрые протоны, ядра тяжёлого водорода дейтерия — «дейтроны» — и ядра гелия как орудия ядерных превращений не очень хороши. В самом деле, вряд ли, например, артиллериста устроили бы снаряды, из всех сил отталкивающиеся от цели. Но альфа-частицы, дейтроны и протоны как раз и обладают этим свойством. Они, как и ядро, несут положительный заряд и поэтому отталкиваются от ядра тем сильнее, чем ближе к нему подлетают. Благодаря этому положительно заряженная частица может попасть в ядро только в редких случаях.

Добиться превращения больших количеств вещества этими способами невозможно.

Таким было положение до 1932 года, когда два открытия коренным образом изменили представления учёных об атомном ядре и дали им в руки новое мощное средство превращения ядер — превращения химических элементов.

## 6. Нейтрон

Исследуя излучение, выбрасываемое элементом бериллием под действием альфа-частиц, учёные натолкнулись на совершенно непонятное явление.

Поглощая альфа-частицы, бериллий испускает удивительные лучи. В камере Вильсона эти лучи не дают видимых следов, значит, не ионизируют атомов по пути, не отрывают у них электронов. Но если поместить их источник около камеры, в ней начинают появляться то здесь, то там коротенькие жирные следы (рис. 28). Они возникают в самой камере и имеют самые различные направления. Значит, новые лучи не обладают зарядом, но иногда сталкиваются с ядрами атомов газа в камере. Эти полчиные удар ядра и оставляют короткие жирные следы. Может быть, это гамма-лучи? Нет. Новые лучи легко проходят большую толщину свинца, непреодолимую даже для самых «жестких» гамма-лучей. Кроме того, они выбивают из парафина ядра содержащегося в нём в большом коли-

честве водорода — протоны, чего гамма-лучи сделать вообще не могут.

После многих опытов учёные установили, что новые лучи представляют собой поток тяжёлых незаряженных частиц. Масса этих частиц оказалась чуть большей, чем масса атома водорода.

Новая частица получила название *нейтрон*.

В атомных единицах массы масса нейтрона равна 1,00895 (в то время как масса атома водорода равна 1,00813).

Нейтроны могут проходить сквозь вещество, не разрушая оболочек атомов на своём пути, как это делают заряженные частицы, и не теряя на это своей энергии. Поэтому они могут проходить через большие толщи вещества. Они отдают свою энергию, только сталкиваясь с ядрами.

Нейтроны оказались очень удобными «снарядами» для обстрела ядер. Они не растрачивают своей энергии до прямого столкновения с ядром. Они не отталкиваются от ядер электрическими силами. Поэтому они могут проникнуть в ядро, даже не обладая большой скоростью. С помощью нейтронов и производятся превращения больших количеств вещества, в том числе и для получения ядерной энергии, или, как принято называть эту энергию, «атомной энергии». К этому вопросу мы ещё вернёмся.

А теперь посмотрим, из каких же частиц состоят ядра атомов.



Рис. 28. След в камере Вильсона, образованный ядром, испытавшим удар нейтрона. Сам нейтрон, не обладая зарядом, следа не даёт

### 7. Из чего построены ядра атомов

Начнём с самого лёгкого из существующих ядер—ядра изотопа водорода с массовым числом 1 — *протона*. Протон, как и электрон, является элементарной частицей.

Более тяжёлые ядра, обладающие к тому же большим зарядом, содержат, очевидно, несколько протонов. Но ведь протоны обладают одинаковыми зарядами, что же может удержать их вместе и не позволяет разлететься? Может быть, это могут сделать заряды другого знака — электроны? Эта мысль, казалось, убедительнейшим образом подтверждалась фактом бета-распада. Действительно, если из ядер вылетают бета-частицы, то есть быстрые электроны, то, значит, они имеются в ядрах.

Долгое время учёные так и думали. Ядро представлялось состоящим из протонов и электронов.

Однако теория строения ядра из протонов и электронов приводила к противоречию с опытом.

Наличие электронов в ядре должно было бы сказаться на некоторых деталях спектров атомов. А это не было обнаружено.

Когда был открыт нейтрон, советский учёный Д. Д. Иваненко первый высказал мысль о том, что ядро состоит из нейтронов и протонов. Эта мысль оказалась правильной.

Оказалось, что изотопы содержат одинаковое число протонов, но различное число нейтронов, что и приводит к различию в атомном весе. Так, например, устойчивые, нерadioактивные изотопы водорода имеют ядра, состоящие из одного протона и из протона и нейтрона. Изотопы лития имеют ядра, состоящие из трёх протонов и трёх нейтронов и из трёх протонов и четырёх нейтронов.

Изобары содержат равное число ядерных частиц, благодаря этому их массы очень близки, а, значит, массовые числа одинаковы. Теперь можно придать больший смысл «массовому числу» — округлённый атомный вес даёт в точности число частиц (протонов и нейтронов) в ядре. Так, одинаковое массовое число 40 имеют изобары аргона (18 протонов и 22 нейтрона), калия (19 протонов и 21 нейтрон) и кальция (20 протонов и 20 нейтронов).

Почему же ядра, не содержащие разноимённых зарядов, оказываются устойчивыми? Ведь протоны в ядре отталкиваются друг от друга с огромной силой!



Между ядерными частицами действуют особые *ядерные силы притяжения*. Эти силы отличаются тем, что на очень малых расстояниях, не превышающих нескольких тысячемиллиардных долей миллиметра, они чрезвычайно велики, а на больших — совершенно незаметны. Ядерные силы притяжения преодолевают силы отталкивания между одноимённо заряженными протонами.

Очень важно запомнить следующее: на расстояниях, меньших чем  $3 \cdot 10^{-13}$  сантиметров, притягиваются друг к другу не только нейтроны и нейтроны, нейтроны и протоны, но даже протоны и протоны. На малых расстояниях ядерное притяжение между протонами преодолевает их электрическое отталкивание. На больших расстояниях ядерные силы не действуют и сказывается только электрическое отталкивание.

Итак, примем, что ядра атомов состоят из протонов и нейтронов. Но тогда нам нужно объяснить: во-первых, почему масса ядра меньше суммы масс, входящих в него протонов и нейтронов<sup>1</sup>, и, во-вторых, если в ядре нет электронов, то откуда же они берутся при бета-распаде?

Ответы на эти вопросы читатель найдёт в следующей главе.

#### Глава IV

### ЯДЕРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

#### 1. Обозначение и массы изотопов

Для обозначения состава атомов принята очень удобная запись. У названия изотопа справа сверху пишут массовое число (то есть число всех частиц в ядре). Под массовым числом пишут порядковый номер атома, то есть число протонов в его ядре (а значит, и число его электронов).

Так, например, у атома кислорода в ядре 8 протонов. Изотоп кислорода, содержащий 17 частиц в ядре, будет обозначаться так: кислород  $^{17}_8$ , а при пользовании химическими символами он будет обозначаться  $O^{17}_8$ .

<sup>1</sup> Например, в ядро атома кислорода 16 входят 8 протонов с массой 1,00758 каждый, 8 нейтронов с массой 1,00895. Сложив эти массы, получим 16,13224, в то время как ядро кислорода 16 имеет массу 15,99562 (вес атома кислорода 16,00000 минус вес восьми электронов).

В этой записи легко найти не выписанное явно число нейтронов в ядре атома: если из полного числа частиц (17) вычесть число протонов (8), то получится число нейтронов:

$$17 - 8 = 9.$$

Нам ещё придётся неоднократно убеждаться в удобстве этой записи: двумя числами сказано всё, что только можно сказать о числе и сорте частиц, входящих в состав атома и его ядра (8 протонов, значит 8 электронов,  $17 - 8 = 9$  нейтронов).

Кроме приведённой нами записи, применяется и другая запись, когда массовое число пишется также справа сверху, а порядковый номер атома пишется слева снизу. При этой записи рассмотренный нами изотоп кислорода обозначается так:  ${}^8\text{кислород}^{17}$ , или  ${}^8\text{O}^{17}$ . Мы в этой книге будем применять первый из указанных нами способов записи.

Приведём теперь таблицу, в которой сведены результаты точных измерений атомных весов некоторых частиц и изотопов.

Элемент	Атомный номер	Массовое число	Масса
Электрон	--	0	0,00054862
Водород	1	1	1,00813
		2	2,01473
Гелий	2	3	3,01699
		4	4,00386
Литий	3	6	6,01692
		7	7,01816
Бериллий	4	9	9,01496
Бор	5	10	10,01617
		11	11,01290
Углерод	6	12	12,00388
		13	13,00756
Азот	7	14	14,00753
		15	15,00487
Кислород	8	16	16,000000
		17	17,00450
		18	18,00485

Эта таблица послужит нам для интереснейших вычислений, в том числе для расчётов атомной энергии при различных превращениях атомных ядер.

## 2. Масса и энергия

До 1905 года физики считали, что масса тел не зависит от их энергии. Это положение оказалось неверным.

Эйнштейн в созданной им теории, носящей название «теории относительности», показал, что масса и энергия тел находятся во взаимной связи. С увеличением энергии тела растёт его масса, с уменьшением энергии — масса убывает. Поэтому о запасе энергии любого тела можно судить по его массе.

Почему же мы не замечаем в обыденной жизни увеличения массы (а значит, и веса) тел с увеличением их энергии? Да просто потому, что это увеличение очень мало. Вот несколько примеров.

Килограмм воды, нагретой на 100 градусов Цельсия, становится тяжелее (за счёт приобретённой им при нагревании энергии) на 4,7 миллиардных доли грамма. Обнаружить эту прибавку массы практически невозможно.

Артиллерийский снаряд сверхтяжёлого орудия при весе в 720 килограмм и скорости 500 метров в секунду приобретает за счёт энергии движения добавочную массу, равную одной миллионной доле грамма.

Эти примеры показывают, почему мы не замечаем изменения массы тел при изменении их энергии. Но в атомном мире это уже не так. Скорость бета-частиц — электронов, вылетающих из ядер атомов, достигает 200 000 километров в секунду (примерно в 250 000 раз быстрее пули). При такой скорости энергия электрона столь велика, что масса его возрастает очень заметно: в 1,34 раза, то есть на треть. Энергия движения этих электронов составляет около 173 000 электрон-вольт.

При превращениях атомных ядер изменения энергии так велики, что массы ядер меняются очень заметно. Очень легко запомнить количество энергии, отвечающее изменению массы в один грамм (это число следует запомнить):

$$1 \text{ грамм} \rightarrow 25\,000\,000 \text{ киловатт-часов}^1.$$

<sup>1</sup> Это, конечно, слегка округлённое значение; точное соотношение: 1 грамм  $\rightarrow 2,4962 \cdot 10^7$  киловатт-часов.

Для того чтобы масса тела изменилась на 1 грамм, запас его энергии должен измениться на 25 миллионов киловатт-часов. Это значит, что если бы всю энергию, которую выработает Куйбышевская ГЭС за год, сообщить одному телу, то оно стало бы тяжелее на 400 граммов.

Однако к этим огромным числам мы должны прийти за счёт превращений крохотных атомных ядер. А для них нам будет удобнее связь других величин: для массы — атомной единицы массы и для энергии — электрон-вольта<sup>1</sup>:

$$1 \text{ аем} = 9,3172 \cdot 10^8 \text{ эв.}$$

Теперь мы можем разобраться в том, почему масса ядра атома меньше суммы масс вошедших в него протонов и нейтронов.

### 3. Дефект массы. Атомная энергия

Огромные силы притяжения, действующие между частицами ядра — ядерные силы, обеспечивают устойчивость, прочность ядра. Трудно отделить друг от друга два шара, связанных жёсткой пружиной. Для этого надо произвести большую работу против «сил притяжения» между шарами, затратить большую энергию. Точно так же нужно потратить большую энергию, чтобы удалить притягивающиеся друг к другу частицы ядра, чтобы разделить ядро на части. Но так как энергия никогда не может бесследно исчезнуть, она будет возвращена, если частицам ядра позволить вновь соединиться друг с другом. *При соединении ядерных частиц ядерные силы производят работу — выделяется энергия.* Обычно она отдаётся в виде гамма-квантов большой частоты (энергии).

Но коль скоро отдаётся энергия, то отдаётся и масса — масса порождаемых гамма-квантов. Убыль массы протонов и нейтронов при их соединении в ядро и получила название *дефекта массы*.

«Взвесив» образовавшееся ядро и определив дефект массы, можно сразу же определить, сколько всего энергии выделилось при образовании ядра из протонов и нейтронов.

---

<sup>1</sup> Переход от одних величин к другим можно произвести, зная, что 1 грамм =  $6,0245 \cdot 10^{23}$  аем, а 1 киловатт-час =  $2,2453 \cdot 10^{25}$  эв.

Чтобы получить представление о том, с какими количествами энергии здесь приходится сталкиваться, найдём, например, сколько выделяется энергии при образовании ядра гелия<sup>4</sup> из двух протонов и двух нейтронов. С помощью приведённой выше таблицы можно произвести этот расчёт. Хотя масса ядра гелия<sup>4</sup> и не приведена, но её можно найти, вычтя из массы атома гелия массу двух электронов. Однако вычисления можно упростить, взяв вместо масс ядер просто массы атомов. Почему это так, видно из рис. 29.

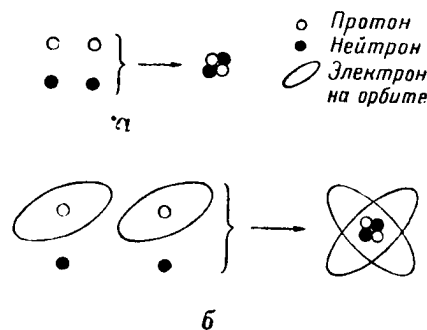


Рис. 29. В обоих случаях а и б убыль массы связана с соединением протонов и нейтронов в ядро. Добавка двух электронов слева и справа в б результата не меняет

На рис. 29, а слева изображены соединяющиеся частицы, справа — получаемое ядро. На рис. 29, б слева изображены уже нейтроны и атомы водорода<sup>1</sup>, справа — атом гелия<sup>4</sup>. Но рис. 29, б отличается тем, что и слева, и справа к соединяемым частицам прибавлено по 2 электрона. А так как число электронов не меняется, то их масса никак не скажется на изменении массы при превращении: изменение массы связано только с изменением массы ядра. Вот почему для всех вычислений можно пользоваться измеренными массами атомов и не тратить труда на вычисление массы ядер.

Итак, искомый дефект массы равен:

$$\text{дефект массы} = (2 \times \text{масса нейтрона}_0^1 + 2 \times \text{масса водорода}_1^1) - (\text{масса гелия}_2^4).$$

Подставляя эти величины из таблицы, найдём (читатель при желании легко проверит наш результат): дефект массы равен 0,03030 аеи. Значит, количество выделившейся энергии равно

$$0,03030 \cdot 9,3172 \cdot 10^8 = 28,23 \cdot 10^6 \text{ эв.}$$

Двадцать восемь с четвертью миллионов электрон-вольт энергии выделяется при образовании одного атома (ядра) гелия<sub>2</sub><sup>4</sup> из двух нейтронов<sub>0</sub><sup>1</sup> и двух атомов (ядер) водорода<sub>1</sub><sup>1</sup>. Но это число всё же ещё ничего не говорит нашему воображению. Много это или мало?

Чтобы судить об этом, перейдем к привычным количествам превращаемых веществ.

Какая доля от масс соединяемых атомов отдаётся с энергией?

Масса соединяемых атомов водорода<sub>1</sub><sup>1</sup> и нейтронов<sub>0</sub><sup>1</sup> равна 4,03416 аем, а дефект массы 0,03030 аем.

Следовательно, с энергией отдаётся вот какая часть массы:

$$\frac{0,03030}{4,03416} = 0,0075, \text{ или } 0,75\% \text{ массы.}$$

Это значит, что если соединить грамм водорода и нейтронов (почти поровну, по  $\frac{1}{2}$  грамма), то с энергией будет отдано 0,0075 грамма массы. А так как отдача 1 грамма массы соответствует 25 000 000 киловатт-часов, то полученной отдаче в 0,0075 грамма отвечает выделение энергии:

$$0,0075 \cdot 25\,000\,000 = 187\,500 \text{ киловатт-часов.}$$

Если бы можно было снабжать крупную электростанцию мощностью в 100 000 киловатт вместо угля водородом и нейтронами, то за сутки работы станции полный расход составил бы... 12,8 грамма «топлива», а с учётом неизбежных потерь — примерно 25 грамм «топлива» в сутки (примерно по 12,5 грамма водорода и нейтронов), то есть 9 килограммов «топлива» в год. Чтобы получить такое же количество энергии, пришлось бы (приходится!) потратить более 200 000 кубических метров лучшего каменного угля.

Приведённый пример позволяет судить о том, как велики количества энергии, которые могут быть получены при превращениях атомных ядер.

*Энергия, выделяющаяся при превращении атомных ядер, и носит название атомной энергии.*

Конечно, точнее было бы назвать эту энергию «ядерной энергией». Но название «атомная энергия» уже широко принято, и не нам его менять. Нужно только понимать суть дела, знать, каково происхождение этой энергии.

Несомненно, что читатель, узнав, что же такое «атомная энергия», сразу же задастся вопросом: а как же её получать и использовать? Вопрос законный, и мы на него ответим. Но для того, чтобы дать ожидаемый ответ, необходимо несколько подробнее познакомиться со свойствами атомного ядра и входящих в него частиц.

#### 4. Превращение элементарных частиц

Академик Д. В. Скобельцын изучал с помощью камеры Вильсона приходящие на Землю из глубин мирового пространства «космические лучи». Камера была помещена между полюсами больших магнитов. Пролетавшие сквозь неё сверху вниз заряженные частицы отклонялись в магнитном поле, и это позволяло определить знак их заряда. Кроме того, по характеру — «жирности» — следа можно было судить о массе частиц. Скобельцын обратил внимание на некоторые, совершенно необычные следы. Следы, о которых мы говорим, по своему характеру («жирности») явно принадлежали электронам, но отклонялись они так, как будто несли положительный заряд, а может быть, принадлежали электронам, которые влетали в камеру не сверху, а снизу.

В 1932 году Андерсон разрешил загадку, перегородив камеру Вильсона горизонтальной свинцовой пластинкой. Проходя сквозь неё, частица теряет часть энергии, а значит, можно обнаружить, откуда она летит. На рис. 30 приведена первая фотография следа новой частицы.

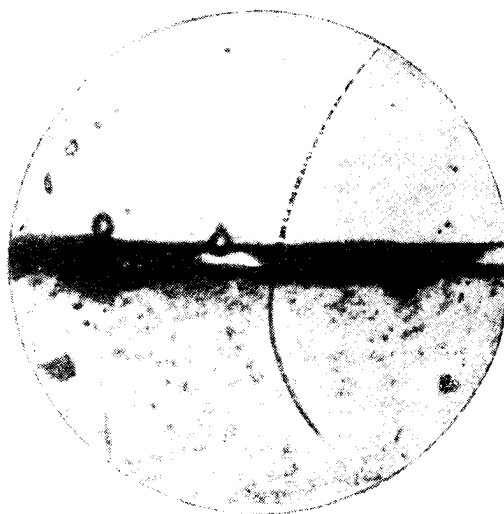
Судя по кривизне следа сверху, над пластинкой, частица имеет энергию 63 миллиона электрон-вольт. Под пластинкой след изогнут сильнее — энергия частицы 43 миллиона электрон-вольт (20 миллионов электрон-вольт потрачено при прохождении сквозь свинец). Направление следа говорит о том, что заряд частицы положительный, «жирность» — что масса её равна массе электрона.

Так была открыта новая элементарная частица, обладающая всеми свойствами электрона, но положительным электрическим зарядом. Новая частица была названа *позитроном*.

В обычных условиях позитрон очень недолговечен. Стакиваясь с электроном, он может вместе с ним превратиться в пару фотонов. Фотон, обладающий достаточной энергией, столкнувшись с другим фотоном, электро-

ном или атомным ядром, может в свою очередь превратиться, как принято говорить, в «пару» — в электрон и позитрон.

По каким законам происходят такие удивительные превращения вещества?



*Рис. 30.* След позитрона в камере Вильсона (негатив). Чёрная полоса — свинцовая пластинка. Снизу след более искривлён — позитрон потерял  $20 \cdot 10^6$  эв, проходя через свинец

Ответ даёт уже известное нам соотношение между массой и энергией. Масса покоя позитрона, как и электрона, составляет  $9,1066 \cdot 10^{-28}$  грамма, или  $0,00054862$  а.е.м.

Этой массе отвечает энергия

$$0,00054862 \cdot 9,3172 \cdot 10^8 = 5,1116 \cdot 10^5 \text{ эв.}$$

Следовательно, для создания частицы такой массы нужно затратить энергию округлённо в 512 тысяч электрон-вольт. Но заряженные частицы не могут рождаться поодиночке. Из законов теории электричества следует, что при возникновении положительного заряда всегда должен появиться и равный ему отрицательный заряд. Значит, позитрон и электрон могут рождаться только одновремен-



но. Рождение этих двух частиц, или, как говорят физики, «рождение пары», требует энергии, не меньшей, чем 1024000 электрон-вольт. Энергия может быть и большей — остаток перейдёт в энергию движения «новорождённых» частиц. Откуда почерпнуть эту энергию? Она может быть затрачена на рождение пары при столкновении любых быстрых (обладающих большой энергией) частиц, например, электронов, электрона и протона, фотона с ядром и т. д. Имеется множество фотографий рождения пар в камере Вильсона (рис. 31).

Обладающие огромной энергией частицы космических лучей иногда рождают при столкновениях не пару, а много миллионов новых частиц. Особенно много новых частиц рождается при многочисленных столкновениях, испытываемых быстрыми частицами в плотном веществе, например свинце. Рождение такого «ливня» частиц в камере Вильсона приведено на фотографии (рис. 32).

Всё физическое и философское значение этих фактов огромно. Учёные начали свой путь в мир малых величин с атомов, которые представлялись когда-то неделимыми и вечными. Шаг за шагом они проникли в тайны атома, разбили его на элементарные частицы — электроны, протоны, нейтроны. И вот оказывается, что и элементарные частицы — электроны, позитроны, а также кванты света не вечны, могут превращаться друг в друга.

Эти превращения элементарных частиц всех сортов, как мы увидим, оказались не исключением, а правилом.

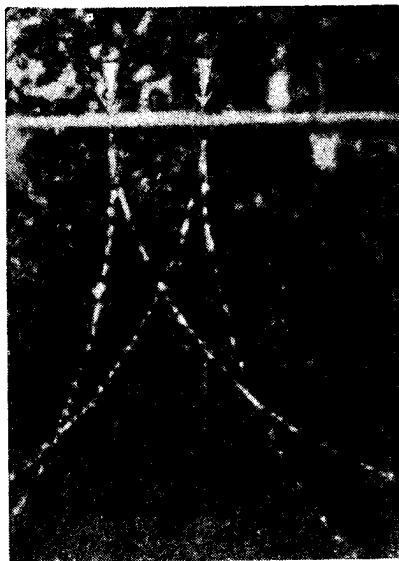


Рис. 31. Рождение двух пар гамма-лучами при их прохождении через свинец. Точки, в которых рождаются частицы, отмечены стрелками

А ведь за много лет до этих открытий, поразивших весь учёный мир, ещё в 1909 году Владимир Ильич Ленин писал:

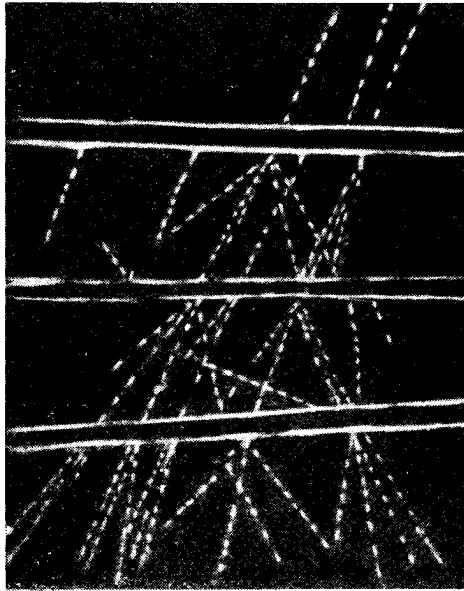


Рис. 32. Рождение маленького «ливня» при прохождении быстрых заряженных частиц через три свинцовые пластинки в камере Вильсона

«Признание каких-либо неизменных элементов, « неизменной сущности вещей» и т. п. не есть материализм, а есть *метафизический*, т. е. антидиалектический материализм»<sup>1</sup>.

Открытие взаимных превращений элементарных частиц является блестящим подтверждением этого важнейшего положения диалектического материализма.

Вернёмся теперь к загадке бета-распада.

Рождение и уничтожение пар электрон-позитрон натолкнуло Д. Д. Иваненко и В. А. Амбарцумяна на её ре-

<sup>1</sup> Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Соч., т. 14.

шение. Электроны, вылетающие из ядер атомов при бета-распаде, не содержатся в ядрах, а рождаются ими в момент распада.

Что же происходит при этом в ядре? Массовое число атома, претерпевшего бета-распад, не меняется. Следовательно, общее число тяжёлых частиц ядра не меняется. Но при отдаче одной отрицательно заряженной частицы — электрона — заряд ядра увеличивается на единицу. Следовательно, в ядре появляется новый протон и исчезает один нейтрон. Значит, при бета-распаде в ядре происходит превращение одного нейтрона в протон и электрон:

**нейтрон  $\rightarrow$  протон + электрон.**

Протон остаётся в ядре, а электрон (бета-частица) из ядра выбрасывается. Каковы условия, при которых может происходить это превращение элементарных частиц?

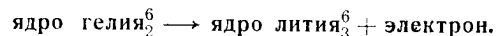
Очевидно, что любое превращение частиц в ядре связано с изменением энергии ядра, а значит, и его массы.

Превращения, связанные с увеличением запаса энергии ядра, могут происходить только в том случае, если необходимая добавка энергии будет получена ядром извне. Если же превращение ядра связано с уменьшением его энергии, то излишек энергии может быть унесён выбрасываемыми из ядра частицами, и явление может произойти за счёт превращений в самом ядре без всякого вмешательства со стороны. Именно это и происходит при радиоактивных превращениях. *Эти превращения всегда происходят так, что значения масс ядра, возникающего при превращении, и других частиц, когда ядро и частицы покоятся, меньше чем масса распадающегося ядра.*

Разность масс уносится разлетающимися частицами в виде их энергии движения. Таким образом масса при превращении никуда не пропадает, сохраняется. Но уменьшается масса покоя всех частиц и появляется масса соответствующего количества энергии движения этих частиц. Чтобы выяснить, какие же ядра могут испытывать бета-распад, рассмотрим один пример.

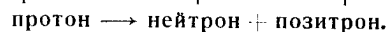
Можно получить «сверхтяжёлый» изотоп гелия — гелий<sup>6</sup>, содержащий в ядре 2 протона и 4 нейтрона (в природе такого гелия нет; о том, как добываются подобные изотопы, будет рассказано ниже). Атомный вес этого изотопа 6,02090. В то же время имеется изотоп металла лития

с тем же массовым числом 6 — литий<sup>6</sup><sub>3</sub>. Его атомный вес меньше, составляет 6,01692, значит, и его энергия меньше, чем у гелия<sup>6</sup><sub>2</sub>. Вот почему гелий<sup>6</sup><sub>2</sub> испытывает бета-распад, превращаясь в литий<sup>6</sup><sub>3</sub>:



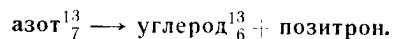
Период полураспада радиоактивного гелия<sup>6</sup><sub>2</sub> составляет всего лишь 0,8 секунды.

Однако нет ли ошибки в наших представлениях? Вправе ли мы говорить о том, что нейтрон — элементарная частица и что при бета-распаде он *превращается* в протон и электрон? Может быть, нейтрон состоит из электрона и протона? Нет, это не так, и приведённое выше объяснение правильно. В этом нас убеждает явление, открытое в 1934 году знаменитым французским физиком Фредериком Жолио-Кюри. Явление состоит в том, что некоторые радиоактивные ядра выбрасывают при распаде не электроны, а позитроны. При этом в ядре происходит превращение протона в нейтрон и позитрон:



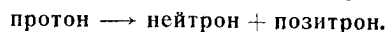
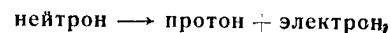
Рассмотрим пример такого превращения.

Можно изготовить искусственно изотоп азота — азот<sup>13</sup><sub>7</sub>. Атомный вес этого изотопа равен 13,00990 *а.е.м.* В то же время имеется углерод с массовым числом 13 — углерод<sup>13</sup><sub>6</sub>, масса которого меньше, составляя 13,00756 *а.е.м.* Сопоставляя эти данные, приходим к выводу, что азот<sup>13</sup><sub>7</sub> должен превратиться в углерод<sup>13</sup><sub>6</sub>. Такое превращение и происходит в виде позитронного распада. Протон превращается в нейтрон и позитрон, нейтрон остаётся в ядре, а позитрон выбрасывается:



Период полураспада азота<sup>13</sup><sub>7</sub> составляет 9 минут 56 секунд.

Итак, могут иметь место в зависимости от условий превращения:



Сопоставляя эти строчки, убеждаемся в том, что *ни нейтрон, ни протон нельзя рассматривать как составную*

частицу, и в то же время ни одна из них не является вечной, неизменной. Эти простейшие частицы вещества взаимопревращаемы.

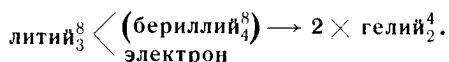
Приведём теперь таблицу изотопов, в которую введены некоторые получаемые искусственно радиоактивные изотопы. Значком «—» отмечена бета-радиоактивность изотопа, значком «+» отмечена позитронная активность. Читатель может убедиться, как можно безошибочно предсказать вид радиоактивности, сравнивая массы различных ядер с одним и тем же массовым числом, например кислород  $^{15}_8$  и азот  $^{15}_7$ .

Элемент	Атомный номер	Массовое число	Масса	Период полураспада
Электрон	—	0	0,00054862	—
Нейтрон	0	1	1,00897—	Около 10—12 минут
Водород	1	1 2 3	1,00813 2,01473 3,01700—	12,46 лет
Гелий	2	3 4 6	3,01699 4,00386 6,0209—	0,85 секунды
Литий	3	6 7 8	6,01692 7,01816 8,02497—	0,89 секунды
Бериллий	4	7 9 10	7,01909 <sup>K</sup> 9,01496 10,01662—	53 дня 2,5·10 <sup>6</sup> лет
Бор	5	10 11 12	10,01617 11,01290 12,0168—	0,027 секунды
Углерод	6	10 11 12 13 14	10,02086+ 11,01502+ 12,00388 13,00756 14,00774—	19,1 секунды 20,4 минуты 5720 лет

*Продолжение*

Элемент	Атомный номер	Массовое число	Масса	Период полураспада
Азот	7	13	13,00990 <sup>+</sup>	9,93 минуты
		14	14,00753	
		15	15,00487	7,35 секунды
		16	16,00645 <sup>-</sup>	
Кислород	8	15	15,0078 <sup>+</sup>	118 секунд
		16	16,000000	
		17	17,00450	
		18	18,00485	27 секунд
		19	( ? ) <sup>-</sup>	

Значок «К» у бериллия<sup>7</sup><sub>4</sub> будет объяснен позже. Что же касается того обстоятельства, что при наличии электронно-активного лития<sup>8</sup><sub>3</sub> бериллий<sup>8</sup><sub>4</sub> не образуется, то это происходит потому, что масса этого ядра больше удвоенной массы гелия<sup>4</sup><sub>2</sub>, так что ядро бериллия<sup>8</sup><sub>4</sub> почти мгновенно раскалывается пополам:



Всё, что мы сейчас рассказали, ещё не исчерпывает загадку бета-распада (и позитронного распада).

Как и при альфа-распаде, ядро, испытавшее превращение нейтрона в протон или протона в нейтрон, теряет совершенно определённую массу (энергию). Но при альфа-распаде весь излишек энергии уносится вылетающей из ядра альфа-частицей. Поэтому все альфа-частицы, вылетающие из ядер одного и того же состава, например урана<sup>238</sup><sub>92</sub>, имеют в точности одинаковую энергию, в точности одинаковую скорость<sup>1</sup>. Так, альфа-частицы, выбрасываемые ураном<sup>238</sup><sub>92</sub>, имеют энергию 4,15 миллиона электрон-вольт (скорость 14,2 тысячи километров в секунду).

<sup>1</sup> Иногда ядра одинакового состава испускают альфа-частицы двух или нескольких различных, но притом совершенно определённых скоростей. Это явление связано с такими «тонкостями» строения ядра, на которых мы останавливаться не будем.

Что же касается электронов и позитронов, выбрасываемых ядром, то они имеют самые различные скорости, от малых и до очень больших. Энергию, отдаваемую ядром, уносят с собой лишь наиболее быстрые из этих частиц. Куда же девается остаток, когда ядро выбрасывает более медленные электроны или позитроны? Этот вопрос долго не находил ответа. Некоторые зарубежные физики-идеалисты утверждали, что в ядрах атомов энергия может рождаться «из ничего» и бесследно исчезать. С таким «объяснением» загадки бета-распада согласиться, конечно, нельзя.

Что же происходит на самом деле?

Правильный ответ дал физик Паули.

При бета-распаде все ядра теряют одинаковую энергию. Но электрон уносит не всю, а только часть этой энергии. Значит, вместе с электроном из ядра вылетает ещё одна частица, которая и уносит остальную энергию. Мы никогда не «видим» этой частицы. Значит, она не обладает электрическим зарядом, а масса её так мала, что она легко ускользает из всех приборов.

Так, благодаря правильной материалистической постановке задачи вошла в науку новая, ещё никем не «виденная», но без сомнения существующая мельчайшая элементарная частица *нейтрино*.

В наши дни существование нейтрино доказано на опыте. Масса этой частицы так мала, что измерить её пока ещё не удалось.

Идея опыта по обнаружению нейтрино принадлежит советскому физiku А. И. Лейпунскому. Вот в чём она состоит. Если из ядра вылетает частица, например нейтрино, то ядро испытывает толчок — отдачу, такую же, какую испытывает винтовка, когда из неё вылетает пуля. По отдаче ядра можно попытаться доказать существование нейтрино. Дело осложняется тем, что заодно с нейтрино из ядра вылетает и более тяжёлая частица — электрон или позитрон, — дающая много большую отдачу. Но, оказывается, существует превращение атомных ядер, при которых из атома выбрасывается только нейтрино. Это очень простое превращение. Иногда ядро, пересыщенное протонами, не способно по каким-то причинам испытать позитронный распад. Вместо того чтобы породить позитрон, оно поглощает один из ближайших к нему электронов.

Вместо превращения:

**протон  $\rightarrow$  нейтрон + позитрон + нейтрино**

происходит

**протон + электрон  $\rightarrow$  нейтрон + нейтрино.**

Это своеобразное радиоактивное превращение носит название *K*-захвата, так как электрон захватывается ядром с ближайшей к нему электронной оболочки, называемой *K*-оболочкой.

Какие же ядра нужно выбрать для опыта — лёгкие или тяжёлые? Каждый стрелок знает, что чем легче ружьё, тем больше отдача. Чтобы получить сильную отдачу при вылете нейтрино из атома, надо взять лёгкие атомы. Это сделал академик А. И. Алиханов, начавший в 1939 году опыты с бериллием<sup>7</sup>. Этот бериллий имеет избыток протонов в ядре и испытывает *K*-захват (что и отмечено значком «*K*» в приведённой выше таблице):

**бериллий<sup>7</sup>  $\rightarrow$  литий<sup>7</sup> + нейтрино.**

Война помешала работам Алиханова, и исследования с бериллием завершил Аллен, измеривший отдачу ядер при их превращении и тем самым доказавший на опыте существование нейтрино.

Итак, что же происходит в ядре при бета-распаде?

Нейтрон превращается в протон, электрон и нейтрино:

**нейтрон  $\rightarrow$  протон + электрон + нейтрино.**

Протон остаётся в ядре, а электрон и нейтрино выбрасываются, унося с собой выделяемую при превращении энергию. Делят они её по-разному. Электрон уносит с собой всю выделяемую ядром энергию в тех случаях, когда нейтрино «не повезло» и на его долю энергии не остаётся.

При позитронном распаде происходит превращение:

**протон  $\rightarrow$  нейтрон + позитрон + нейтрино.**

Нейтрон остаётся в ядре, лёгкие частицы улетают, унося с собой выделяемую энергию.

Наконец, при *K*-захвате происходит превращение:

**протон + электрон  $\rightarrow$  нейтрон + нейтрино.**

Нейтрон остаётся в ядре, из ядра вылетает нейтрино.



Такова разгадка бета-распада, позитронного распада и *K*-захвата. Эти явления связаны с взаимными превращениями элементарных частиц.

Явления эти очень схожи, различие между ними связано с различием масс частиц.

Вспомните, что масса нейтрона чуть превышает массу атома водорода, то есть массу протона и электрона, вместе взятых. Поэтому свободно движущийся, не находящийся в ядре нейтрон «радиоактивен», то есть распадается на протон, электрон и нейтрино.

Период полураспада свободного нейтрона точно не измерен. Он равен примерно 10—12 минутам.

Протон в свою очередь может превратиться в нейтрон, позитрон и нейтрино. Однако масса протона меньше, чем масса этих трёх частиц. Поэтому свободный протон такого превращения совершить не может. Зато протон, находящийся в ядре, может совершить это превращение за счёт энергии своих соседей — других частиц, связанных с ним в ядре. Мы ещё встретимся с примерами такого превращения.

Свободный протон не может захватить свободный электрон (произвести *K*-захват) и превратиться в нейтрон потому, что масса обеих частиц меньше массы нейтрона. Но при большой скорости электрона его масса возрастает (за счёт энергии движения) и *K*-захват становится уже возможным.

Наш список элементарных частиц был бы неполным, если бы мы не упомянули особых частиц — *мезонов*, рождаемых в земной атмосфере быстрыми космическими частицами.

Ещё задолго до их открытия японский физик Юкава, изучая ядерные силы, предугадывал существование частиц с массой, примерно в двести раз большей массы электрона. Частицы этого сорта действительно были обнаружены в космических лучах и получили название мезонов.

Однако действительность оказалась богаче, чем это думали учёные. Выяснилось, что существует несколько сортов мезонов, обладающих разными массами. Бывают мезоны положительно заряженные, отрицательно заряженные и незаряженные — нейтральные. Мезоны недолговечны и очень скоро после своего рождения распадаются, превращаясь в другие частицы. Сейчас достоверно

установлено существование более 10 различных типов мезонов, и список открываемых всё возрастает. Рассказывать о них мы не будем. Подробнее с мезонами можно познакомиться в книжках, посвящённых космическим лучам.

Мы видим на этих примерах, что физика наших дней, как это и предсказывал великий Ленин, *не знает вечных, неизменных элементарных частиц.*

Так подтверждается правильность диалектического материализма.

### 5. Искусственная радиоактивность

Обстреливая ядра нейтронами, быстрыми протонами, дейтронами, гелиевыми ядрами, можно осуществить множество ядерных превращений. При этом получаются

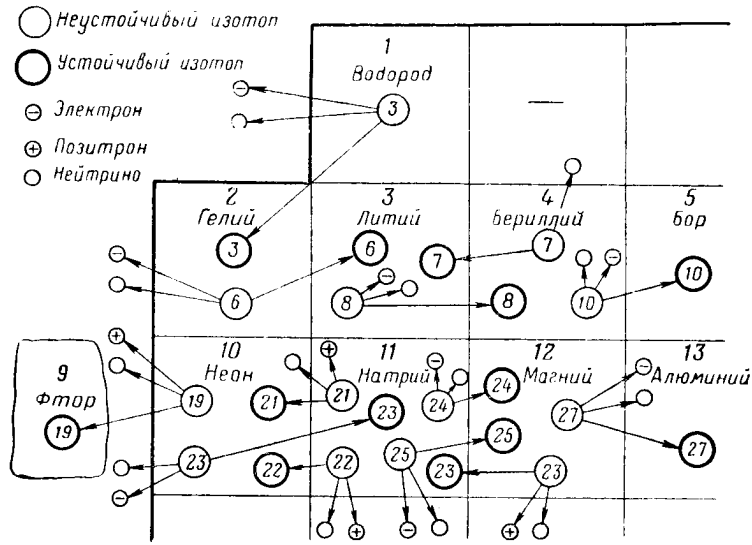


Рис. 33. Левый верхний угол таблицы Менделеева. Показаны искусственные радиоактивные изотопы и их превращение в устойчивые. Изотоп бериллия 7 превращается в литий, не излучая позитрон и нейтрино, а поглощая один из ближайших к ядру электронов (первого слоя) и излучая нейтрино

не только атомы известных устойчивых изотопов, но и новые, неустойчивые, то есть радиоактивные атомы.

На рис. 33 изображён уже приводившийся дважды уголок таблицы Менделеева. Но на этот раз мы написали в её клетках неустойчивые, радиоактивные изотопы и показали их превращения.

В наши дни для ядерных превращений пользуются чаще всего не альфа-частицами, а частицами, разгоняемыми до огромных скоростей в специальных установках. Получаемые быстрые протоны, дейтроны, гелиевые ядра («искусственные альфа-частицы»), электроны обладают энергиями, во много раз большими, чем энергии частиц, вылетающих из ядер при радиоактивном распаде. Если наиболее быстрые из альфа-частиц, возникающих при альфа-распаде, имеют энергию, меньшую 10 миллионов электрон-вольт, то современные ускорители дают частицы с энергией в несколько миллиардов электрон-вольт.

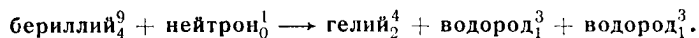
Схема наиболее совершенных и ныне широко применяемых ускорителей была впервые предложена советским физиком В. И. Векслером.

Вступает в строй советский ускоритель, который будет давать протоны с энергией 10 миллиардов электрон-вольт. Вот некоторые данные этой установки. Диаметр кольцевого магнита, между полюсами которого движутся ускоряемые протоны, равен 60 метрам. Вес магнитов 36000 тонн. В процессе ускорения протон делает несколько миллионов оборотов в этом гигантском кольце, становясь к концу ускорения тяжелее в 11,6 раза (за счет приобретенной при ускорении энергии движения).

Вот несколько примеров ядерных превращений, приводящих к образованию искусственных радиоактивных элементов.

Начнём с наиболее лёгкого — изотопа водорода с атомным весом 3. Он получается несколькими способами.

При обстреле бериллия 9 нейтронами бериллиевое ядро распадается на три частицы: одну альфа-частицу и две частицы — ядра водорода 3:



В такой записи, отмечая порядковый номер, то есть заряд, а также массовое число не только у ядер, но и у

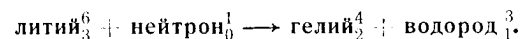
всех частиц, легко проверить сохранение числа ядерных частиц и заряда. Для числа частиц в ядрах имеем:

$$9 + 1 = 4 + 3 + 3;$$

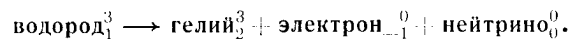
для заряда

$$4 + 0 = 2 + 1 + 1.$$

Вот ещё один способ получения водорода<sup>3</sup><sub>1</sub>:



Дальнейшая судьба радиоактивного водорода видна на рис. 33. Он распадается самопроизвольно, превращаясь в гелий:

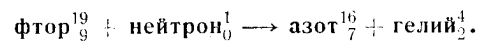
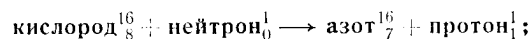


Период полураспада водорода<sup>3</sup><sub>1</sub> равен 12,46 года.

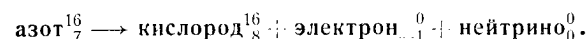
Радиоактивные изотопы более тяжёлых элементов получают также множеством способов из различных соединений по таблице Менделеева изотопов.

Увеличивая искусственно число нейтронов в ядре «сверх меры», мы получаем обычно радиоактивный изотоп, превращающий один из лишних нейтронов в протон, то есть выбрасывающий в момент превращения ядра электрон и нейтрино.

Например, можно получить радиоактивный азот из кислорода и фтора:



Получившийся радиоактивный «сверхтяжёлый» изотоп азота содержит излишек нейтронов (9 нейтронов на 7 протонов). Он распадается согласно уравнению:



Период полураспада азота 16 очень мал — половина атомов распадается примерно за 7 секунд.

Позитронную радиоактивность можно получить, если увеличить «сверх меры» число протонов в ядре.

Искусственно полученные ядра освобождаются от излишнего положительного заряда, превращая один из протонов в нейтрон. Следовательно, позитронный распад или

*K*-захват испытывают ядра, обладающие излишком протонов в ядре, то есть недостатком нейтронов — «сверхлёгкие» изотопы.

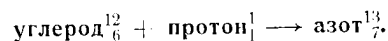
Мы имеем, таким образом, следующие правила.

Если полученный искусственно изотоп «сверхтяжёлый» по сравнению с природными, устойчивыми изотопами, то он превращает излишек нейтронов в протоны, испытывая бета-распад.

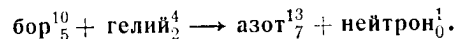
Если полученный изотоп «сверхлёгкий», то есть имеет недостаток нейтронов (избыток протонов), то он испытывает позитронный распад или, иногда, *K*-захват.

Это правило прекрасно иллюстрируется приведённой на стр. 77 таблицей изотопов: значки «—», обозначающие бета-распад, стоят как раз у изотопов более тяжёлых, чем устойчивые изотопы; значки «+», обозначающие позитронный распад, стоят у наиболее лёгких изотопов. Точно так же и *K*-захват может происходить у наиболее лёгких изотопов.

Например, рассмотренный уже нами «сверхлёгкий» азот  $^{13}_7$  (норма: азот  $^{14}_7$  и азот  $^{15}_7$ ) испытывает позитронный распад, так как его число протонов превышает норму по сравнению с числом нейтронов. Вот как он добывается. Углерод подвергается обстрелу протонами. В результате поглощения протона ядром углерода получается:

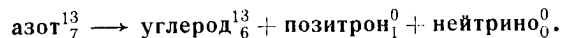


Азот  $^{13}_7$  можно получить и при обстреле бора  $^{10}_5$  ядрами гелия  $^4_2$ :



Получившийся азот содержит излишек протонов (6 нейтронов и 7 протонов).

Распад азота  $^{13}_7$  идёт по приведённой уже выше схеме, которую следует лишь уточнить, добавив нейтрино:



Период полураспада — 10 минут.

Таких примеров можно привести множество.

Искусственные радиоактивные элементы находят в наши дни широкое применение в биологии, медицине и технике.

Но искусственным путём могут быть получены не только устойчивые и радиоактивные изотопы имеющихся уже в природе элементов.

При помощи нейтронов удалось создать новые элементы с атомами, более тяжёлыми, чем атомы урана, и занимающие места от 93 до 101 в таблице Менделеева.

Вот названия этих новых, полученных руками человека, химических элементов: 93 — нептуний, 94 — плутоний, 95 — америций, 96 — кюрий (в честь супругов Кюри), 97 — калифорний, 98 — берклий, 99 — фермий, 100 — эйнштейний (в честь знаменитого физика Эйнштейна). Сто первый элемент, полученный американским физиком Сиборгом, назван им в честь великого химика прошлого века Д. И. Менделеева — менделеевий.

Как далеко можно продвинуться в создании всё более тяжёлых «заурановых» элементов?

Вспомните, что все атомы с атомным номером, большим чем 83, уже неустойчивы и самопроизвольно распадаются, превращаясь в более лёгкие атомы с меньшими атомными номерами.

Чем больше атомный номер, тем, вообще говоря, менее устойчиво ядро.

Согласно современным данным, наибольший возможный атомный номер (число протонов в ядре) составляет примерно 120, а наибольшее массовое число — 300. В дальнейшем эти числа, если и подвергнутся уточнению, то небольшому. Во всяком случае то, что ядра атомов не могут иметь очень большого заряда или массы, доказано. А значит, и таблица Менделеева не безгранична, а должна кончиться где-то вблизи номера 120. Все новые элементы, лежащие за ураном, радиоактивны и недолговечны. Что же касается устойчивых и долговечных радиоактивных элементов, то ни один из них от Менделеева не ускользнул.

## 6. «Меченые» атомы

Если сложить два куска металла, например меди, будут ли атомы одного переходить во второй?

С какой скоростью и в каком количестве просачивается вода через многометровое тело плотины?

Какой кислород отдают растения в воздух: из поглощённого листьями углекислого газа или из воды, поглощённой корнями?

Как воспринимаются организмом и путешествуют в нём разные вещества?

Такие и множество подобных вопросов наука прошлых лет решить не могла.

Атомы меди обоих кусков неразличимы: как отличить те из них, которые «путешествуют»?

Вода по обе стороны плотины одинакова, и отделить просачивающуюся сквозь её тело часть воды невозможно.

Атомы кислорода, входящие в молекулу углекислого газа и в молекулу воды, одинаковы. Как отметить интересные нас атомы?

Использование устойчивых и радиоактивных изотопов позволило решить эти задачи и множество других, самых разнообразных задач.

Если подвергнуть один из кусков меди облучению нейтронами, то часть ядер, поглотивших нейтроны, станет радиоактивной. Можно измерить радиоактивность этого куска меди, затем сложить его на некоторое время с другим куском. По радиоактивности второго куска можно быстро определить, сколько атомов первого перебралось в него.

Кислород требует другого метода — его радиоактивные изотопы обладают очень маленькими периодами полураспада. Кислород<sup>15</sup><sub>8</sub> имеет период полураспада всего лишь 126 секунд, а кислород<sup>19</sup><sub>8</sub> и того меньше — 31 секунду. С момента получения этих изотопов и до конца опыта количество его настолько убывает, что работать становится невозможно. В таких случаях пользуются другим методом. В естественных условиях кислород содержит 0,20% тяжёлого изотопа кислорода<sup>18</sup><sub>8</sub>. Можно в изучаемом веществе увеличить содержание тяжёлого изотопа, доведя его, скажем, до 1%. Тогда по содержанию тяжёлого изотопа в конечном продукте превращения судят о его движении. Так было установлено, что кислород, содержащийся в поглощаемом листьями углекислым газе, усваивается растением, а в воздух выделяется кислород, поглощаемый с водой корнями.

При помощи «меченного» радиоактивного углерода было установлено, что углекислый газ поглощается листьями растений не только днём под действием света, как это

думали раньше, но и ночью, в темноте, и притом не только листьями, но и корнями растений.

Оказалось, что питательные соли поглощаются не только корнями растений, но и их листьями. Этот новый способ подкормки растений уже применяется.

Как быстро добывают корни растений важнейшее для них вещество — фосфор — из удобрений? Какие фосфорные удобрения наиболее эффективны, как и в какие сроки их вводить? Если удобрить землю солями, содержащими радиоактивный фосфор, то по радиоактивности листьев растений можно быстро разобраться в этом. Можно воспользоваться методом «радиоавтографа», когда листья растения накладываются на фотопластинку и радиоактивное излучение запечатлевается на ней.



Рис. 34. Радиоавтограф листа помидора, питавшегося (через корни) радиоактивным фосфором. Наиболее светлые места фотографии (стебель, жилки листьев) показывают скопление фосфора

На рис. 34 приведён радиоавтограф стебля и листьев помидора. Видно, что радиоактивный фосфор имеется в наибольшем количестве в стебле, меньше — в листьях.

В последние годы было открыто, что в развитии растений большую роль играют незначительные примеси неко-



торых элементов. Как они путешествуют в растении и где накапливаются? Радиоавтограф тонкого среза помидора (рис. 35), питавшегося раствором хлористого цинка с примесью радиоактивного цинка, показывает, что цинк скапливается в семенах помидоров.



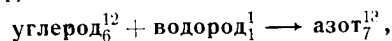
Рис. 35. Радиоавтограф тонких срезов помидора, доказывающий концентрацию цинка в семенах помидора. Светлые пятна — следы от радиоактивного цинка в семенах

Удивительно быстрая циркуляция крови была обнаружена так. Человеку вводили в руку подкожно раствор радиоактивной соли. Через 17 секунд счётчик заряженных частиц, зажатый в другой руке, регистрировал появление радиоактивности.

Много и других удивительных открытий сделано при помощи «меченых» атомов в медицине, биологии и т. д. Мы ограничимся ещё несколькими примерами из области техники и сельского хозяйства.

Всем хорошо известно, как резко меняются свойства железа в зависимости от содержания в нём углерода. Ведь техническое железо, сталь и чугун только и отличаются содержанием углерода.

Химический метод определения процентного содержания углерода в железе долг и кропотлив. Вместо него можно облучить пробу железа быстрыми протонами (из ускорителя). При этом углерод превращается в радиоактивный азот:



испускающий позитроны с энергией до 1,24 миллиона электрон-вольт с периодом полураспада 9,93 минуты. По этой радиоактивности содержание углерода определяется с точностью до сотых долей процента, даже когда его имеется в железе всего 0,03%.

Как быстро определить износ прочной детали машины, рассчитанной на многолетнюю службу? Для того чтобы

обнаружить механический износ в обычных условиях, необходим большой срок: если не месяцы, то, во всяком случае, недели. Изучаемую деталь можно сделать радиоактивной, подвергнув её действию того или иного излучения (в зависимости от вещества детали). Пусть изучаемая деталь — стальной вал турбины. После нескольких минут вращения его в подшипниках можно измерить радиоактивность подшипников, а по ней определить износ вала. Этим путём пользуются для определения качества смазки, устанавливая, как то или иное смазочное вещество уменьшает износ машины. Опыты в обычных условиях далеко не так надёжны и требуют неизмеримо большего времени.

Для контроля качества типографских работ очень важно знать толщину слоя краски на бумаге. Предоставляем читателю подумать над тем, как сложно решается эта задача, если применять обычные методы. «Меченые» атомы и здесь облегчили дело. В краску был подмешан радиоактивный фосфор. Измерение радиоактивности отпечатанного текста сразу позволило определить толщину слоя типографской краски на бумаге.

В заключение — пример из сельского хозяйства. Для борьбы с вредителями растений употребляется ДДТ, которым производят опрыскивание с самолёта. Но как определить, не попало ли на одни участки много яда, а на другие мало? Используя радиоактивный марганец, определяют количество яда, пришедшее на один квадратный метр поверхности, с точностью до 0,0025 грамма.

Установки для получения атомной энергии дают в качестве отходов радиоактивные изотопы всех элементов от 32-го до 70-го таблицы Менделеева. Кроме того, мощный поток нейтронов внутри самих установок («ядерных реакторов»), не говоря уже о нейтронах, вылетающих из установок, может быть использован для облучения любых веществ и, значит, для получения искусственных радиоактивных изотопов всех элементов и новых изотопов по всей таблице Менделеева. Трудно переоценить значение для науки и техники тех возможностей, которые открываются в результате применения всех этих новых радиоактивных изотопов. Достаточно указать, что если таблица Менделеева содержит около 280 имеющихся в природе изотопов, то число новых, изготавливаемых искусственно, превышает 300.

*Глава V*

**АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ**

**1. Водород — источник энергии Солнца**

**К**аковы источники энергии, которыми мы пользуемся на Земле? При всём своём разнообразии все эти источники накопили свою энергию, поглощая солнечный свет.

Деревья могут расти, лишь пользуясь живительным светом солнечных лучей. Сжигая дрова, мы освобождаем накопленную ими энергию солнечных лучей. Сжигая каменный уголь или нефть, мы освобождаем энергию солнечных лучей, накопленную растениями, жившими 200—300 миллионов лет тому назад.

Солнечные лучи испаряют воду в реках, морях и океанах, водяные пары, конденсируясь, образуют облака, откуда вода проливается дождём на землю, где снова собирается в реки. Перегораживая реки плотинами и строя гидроэлектростанции, мы используем энергию всё тех же солнечных лучей.

Энергия ветра тоже принадлежит Солнцу. Стремясь найти источники используемой нами на Земле энергии, мы всегда придём к Солнцу. Солнце — источник движения и всей жизни на Земле. Но почему светит само Солнце? Каков источник энергии Солнца и бессчётного количества звёзд, населяющих вселенную?

Среди этих звёзд Солнце совсем не представляется выдающейся звездой. В мире звёзд это — карлик, «жёлтый карлик», как его называют астрономы. Диаметр Солнца составляет «всего» 1 391 000 километров. Вот некоторые примеры для сравнения. Диаметр красного сверхгиганта звезды «альфа» в созвездии Геркулеса превышает диаметр Солнца в 800 раз, составляя 1,1 миллиарда километров. Ещё больше звезда VV Цефея, диаметр которой превышает солнечный примерно в 1200 раз (1,7 миллиарда километров).

Точно так же известно множество звёзд, светимость которых в десятки тысяч раз превышает светимость Солнца. Самой яркой из известных является звезда в созвездии Золотой Рыбы, светимость которой превышает солнечную в 500 000 раз! Эти числа полезно будет вспомнить, когда мы найдём мощность Солнца.

Расчёт приводит к изумительным числам. Солнце в секунду отдаёт 4 миллиона тонн световых лучей. Это число изволит сразу же определить мощность Солнца.  $4 \cdot 10^6$  тонн составляет  $4 \cdot 10^{12}$  граммов. А каждый грамм— это  $25 \cdot 10^6$  киловатт-часов. Следовательно, мощность Солнца равна

$$4 \cdot 10^{12} \times 25 \cdot 10^6 = 10^{20} \text{ киловатт-часам в секунду.}$$

Сто миллиардов миллиардов киловатт-часов в секунду!

Чтобы оценить грандиозность этого числа, вспомним, что Куйбышевская ГЭС будет вырабатывать 10 миллиардов киловатт-часов в год. Следовательно, Куйбышевская ГЭС смогла бы выработать столько энергии, сколько Солнце отдаёт в секунду, лишь за... 10 миллиардов лет!

Каков же источник этого гигантского потока энергии? Не будем перечислять множества догадок, высказанных учёными прошлых десятилетий, — все они оказались несостоятельными. Лишь открытие энергии ядерных превращений позволило решить эту задачу.

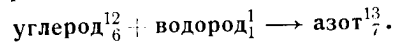
По спектрам звёзд можно судить о их химическом составе. Оказалось, что звёзды (кроме самых «старых», умирающих) очень богаты водородом. Солнце также примерно на 40% состоит из водорода. Водород и является основным «топливом», снабжающим Солнце энергией.

Поверхность Солнца имеет температуру около  $6000^\circ$ . Солнечная атмосфера, наблюдаемая в редкие минуты полных солнечных затмений (когда поток излучения самого Солнца заслонён Луной и не мешает), имеет температуру, равную примерно  $1\,000\,000^\circ$ . Что же касается недр Солнца, его центральной части, то там по достаточно надёжным подсчётам (произведённым разными способами) температура достигает 20 миллионов градусов. При такой температуре об атомах водорода уже говорить не приходится. Не только водородные атомы, но и атомы более тяжёлых элементов разрушены толчками быстро движущихся частиц. Ядра атомов обнажены и движутся с огромными скоростями среди множества свободных, не связанных с атомами электронов. Лишь самые тяжёлые ядра удерживают часть электронов «при себе».

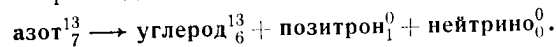
При температуре 20 миллионов градусов средняя скорость протонов составляет 700 километров в секунду, а часть из них движется много быстрее. Это позволяет некоторым протонам при «удачных» столкновениях с ядра-

ми проникать в те из них, заряд которых не слишком велик (чем больше заряд ядра, тем сильнее отталкивание между ядром и протоном и тем большая скорость нужна протону, чтобы, преодолев отталкивание, проникнуть в ядро). При температуре 20 миллионов градусов протоны могут проникать в ядра, заряд которых не превышает девяти. Вот цепочка превращений, приводящая к наибольшему выделению энергии на Солнце.

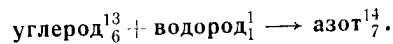
Быстрый протон поглощается ядром углерода<sup>12</sup><sub>6</sub>:



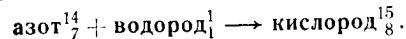
Получившийся азот<sup>13</sup><sub>7</sub> неустойчив, в нём избыток протонов. Следовательно, азот<sup>13</sup><sub>7</sub> должен претерпеть позитронный распад:



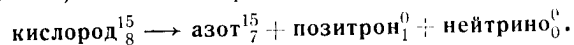
Углерод<sup>13</sup><sub>6</sub> также поглощает протон:



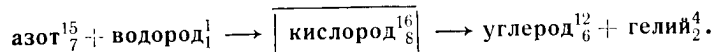
Полученный изотоп азота устойчив, но и он не застрахован от удара протона. Поглощение продолжается:



Опять «сверхлёгкий» изотоп, на этот раз кислорода, следовательно, опять позитронный распад:



И, наконец, последний этап превращения:



Кислород<sup>16</sup><sub>8</sub> обведён рамкой, чтобы отметить, что это ядро, не успев возникнуть, немедленно взрывается на ядро углерода и гелия. Почему? Ответ даёт всё та же таблица масс изотопов. Сложим массы азота<sup>15</sup><sub>7</sub> и водорода<sup>1</sup><sub>1</sub>:

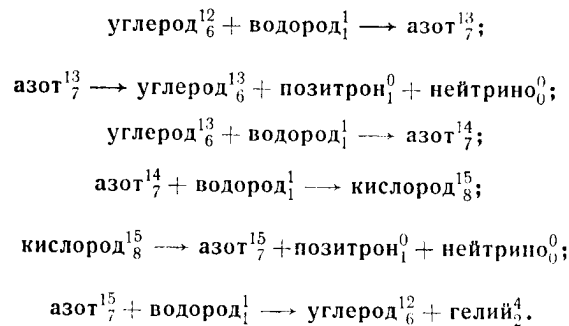
$$15,00487 \text{ аем} + 1,00813 \text{ аем} = 16,01300 \text{ аем},$$

в то время как масса кислорода<sup>16</sup><sub>8</sub> составляет точно 16,00000 аем.

Излишек массы 0,01300 *аеи* очень велик, он означает запас энергии, равный 12,1 миллиона электрон-вольт. Этот излишек энергии и приводит к взрыву ядра на ядро углерода<sup>12</sup><sub>6</sub> (с которого всё и началось) и гелия<sup>4</sup><sub>2</sub>.

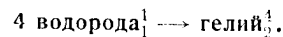
Что же получилось в итоге?

Выпишем подряд все произошедшие превращения:



Углерод<sup>12</sup><sub>6</sub> после ряда превращений стал опять тем же углеродом<sup>12</sup><sub>6</sub> и превращения его будут повторяться. Но четыре протона поглотились, два протона превратились в два нейтрона (при позитронном распаде азота<sup>14</sup><sub>7</sub> и кислорода<sup>15</sup><sub>8</sub>).

Результат таков: с помощью ядер углерода<sup>12</sup><sub>6</sub>, которые в своём числе не меняются, происходит превращение:



А баланс энергии? Обратимся, как всегда, к таблице масс изотопов:

$$\begin{array}{r} \text{Масса 4 водородов}^1_1 = 4 \cdot 1,00813 = 4,03252 \text{ аеи} \\ \text{Масса гелия}^4_2 = \qquad \qquad \qquad 4,00386 \text{ аеи} \end{array}$$

---


$$\text{Отдача массы} = 0,02866 \text{ аеи}$$

*Эта масса принадлежит порождаемому при ядерных превращениях излучению.*

Так ли это? Ведь при превращениях возникали 2 позитрона? А масса электронов? Посмотрим на рис. 36, на котором приведён результат превращения атомов.

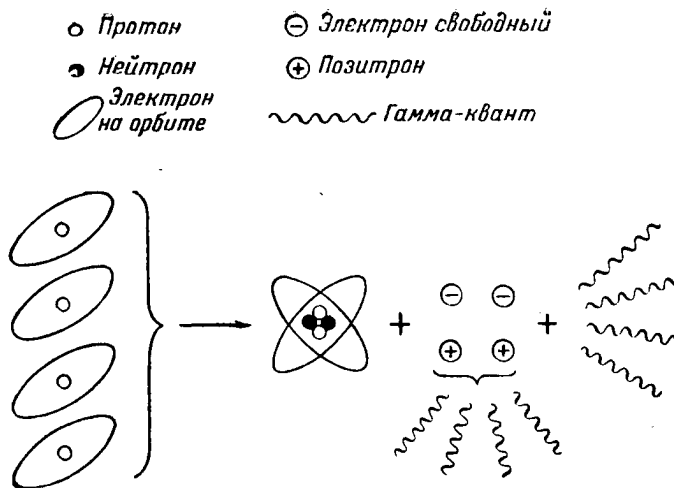


Рис. 36. При соединении четырёх водородов  ${}^1_1\text{H}$  в гелий  ${}^4_2\text{He}$  выделяются излучения, остаются 2 «лишних» электрона и порождаются 2 позитрона, которые также обращаются в излучение. Нейтрино не учтены

В то время как атомы водорода содержали 4 электрона, атом гелия удерживает 2. При превращении атомов оказались «лишними» 2 электрона и 2 позитрона. Но позитрон + электрон превращаются весьма быстро в излучение. То, что на Солнце электроны движутся не вокруг ядер, а мимо них, конечно, дела не меняет. Значит, и при превращении частиц в ядре (как и раньше, при отсутствии таких превращений) можно делать расчёты выделяющейся энергии, пользуясь массами атомов, а не их ядер. Надо ещё учитывать, что часть энергии уносят нейтрино. Их доля энергии невелика — 4—5%.

Какая же часть массы водорода отдаётся при его превращении в гелий? Она составляет

$$\frac{0,02866}{4,0325} = 0,00711, \text{ или } 0,711\%.$$

В привычных единицах можно написать

**1000 граммов водорода  $\longrightarrow$  992,89 грамма гелия + 7,11 грамма  
лучистой материи.**

Семь граммов излучения на килограмм превращённого водорода — вот основной источник, за счёт которого Солнце отдаёт каждую секунду 4 миллиона тонн излучения.

Как легко подсчитает читатель, на поддержание светимости Солнца необходимо тратить в секунду 563 миллиона тонн водорода.

Надолго ли хватит этого источника энергии? Масса Солнца равна

$$1,991 \cdot 10^{33} \text{ грамма} = 1,991 \cdot 10^{27} \text{ тонн.}$$

Из этой массы на долю водорода приходится 35—40%, то есть водорода на Солнце имеется примерно  $7 \cdot 10^{26}$  тонн.

Это значит, что при постоянном расходе в  $563 \cdot 10^6$  тонн в секунду запаса водорода хватило бы на  $1,25 \cdot 10^{18}$  секунд. Переходя от секунд к годам, получаем приятный вывод: запасов «горючего» на Солнце (при постоянной скорости расхода) хватит ещё на  $4 \cdot 10^{10}$  лет. Сорок миллиардов лет! Право, можно не испытывать беспокойства при мысли о том, что же произойдёт, когда кладовые солнечной энергии иссякнут.

Неплохо бы использовать водород в качестве постоянного источника энергии в народном хозяйстве. Отдача 7,11 грамма массы с каждого килограмма водорода, превращаемого в гелий, означает, что

**1000 граммов водорода — > 992,89 грамма гелия +  $1,78 \cdot 10^8$  киловатт-часов.**

Электростанция мощностью 100 000 киловатт производит в сутки 2,4 миллиона киловатт-часов. Будем считать, что в силу неизбежных потерь расход «горючего» должен быть двойным. Даже при такой «надбавке» килограмма водорода хватило бы этой электростанции ... на 37 суток.

Десять килограммов водорода (количество водорода в 90 килограммах воды) в год для обеспечения работы электростанции в 100 000 киловатт!

Наука и техника наших дней ещё не имеют возможности выделять энергию водорода для нужд народного хозяйства (даже на Солнце при температуре в 20 миллионов градусов превращения водорода в гелий происходят весьма медленно). Но когда эта задача будет решена, забота об источниках энергии для народного хозяй-



ства навсегда исчезнет: водорода во вселенной и у нас, на Земле, очень много.

Но не только водород может служить источником атомной энергии. Какие же еще превращения атомных ядер приводят к выделению атомной энергии? И какие из этих превращений можно проводить искусственно, по нашему желанию и для наших нужд? К этому вопросу мы и перейдём.

## 2. Возможные источники атомной энергии

Свободные протоны и нейтроны, соединяясь в ядра, отдают за счёт работы ядерных сил атомную энергию. Входя в состав различных ядер, эти частицы отдают различное количество энергии в зависимости от общей массы и заряда получившегося ядра. Если взять дефект массы ядра и поделить его на число частиц в ядре, то получится дефект массы на одну частицу, или отдача энергии на одну частицу. Так, для гелия<sub>2</sub><sup>4</sup> мы поделим дефект массы на 4 и найдём соответствующую энергию в электрон-вольтах. Окажется, что при соединении двух протонов и двух нейтронов в ядро гелия выделится всего  $28,24 \cdot 10^6$  электрон-вольт, а на одну частицу в среднем выделится 7,06 миллиона электрон-вольт. Сравнив дефект массы на одну частицу для разных ядер, мы получим возможность судить, при образовании каких же ядер на одну частицу выделяется больше всего энергии.

Пользуясь таблицей масс изотопов, можно произвести необходимый расчёт. Результат его приведён на графике (рис. 37). Вот как этот график построен.

На горизонтальной оси отмечаются количества частиц в ядре — массовые числа от 1 до 250. На графике фактически показаны точки 0, 50, 100 и т. д. через 50 частиц, чтобы избежать излишней густоты. Следовательно, четвёртой точке от начала отвечает атом, в ядро которого входят 4 частицы (гелий<sub>2</sub><sup>4</sup>), двенадцатой — углерод и так далее. Из каждой точки построена вертикальная прямая. Чтобы эти прямые не шли слишком густо, на графике даны только прямые, проходящие через точки 10, 20, 30 и так далее. На этих прямых на высоте, равной средней энергии, отдаваемой ядром на 1 частицу, ставятся маленькие кружочки.

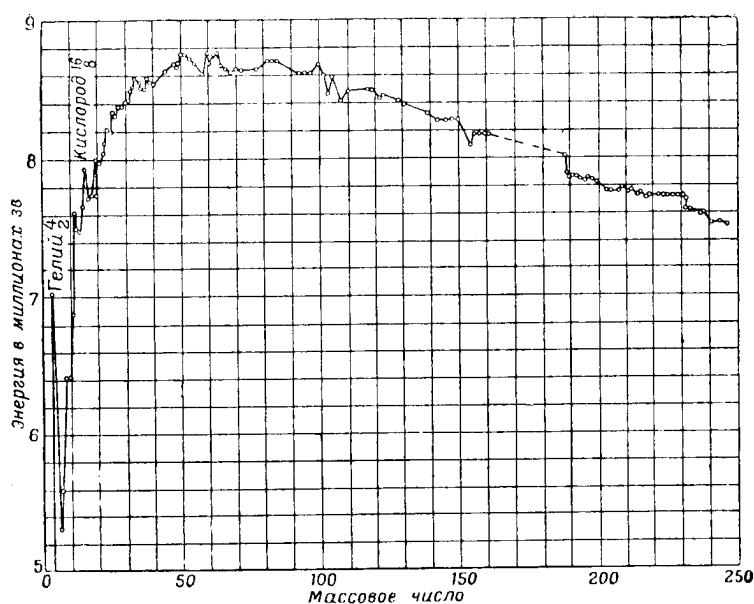


Рис. 37. Средняя энергия, отдаваемая на каждую входящую в ядро частицу, для разных ядер

Так, мы уже нашли, что гелий<sub>2</sub><sup>4</sup> (четвёртая, не показанная прямая) отдаёт при образовании ядра  $28,24 \cdot 10^6$  электрон-вольт, что даёт в среднем по  $7,06 \cdot 10^6$  электрон-вольт на одну частицу. На высоте 7,06, отмеряемой по вертикальной оси, на которой отмечены энергии в миллионах электрон-вольт, и стоит точка гелия<sub>2</sub><sup>4</sup>, как это показано на графике.

Для удобства отсчёта энергии через точки вертикальной оси проведены горизонтальные прямые через промежутки, отвечающие  $0,2 \cdot 10^6$ , или 200 тысячам электрон-вольт.

Читатель легко определит сам, какая энергия отдаётся в среднем на одну ядерную частицу при образовании ядра кислорода<sub>8</sub><sup>16</sup> (также отмеченного на графике) из протонов и нейтронов, а следовательно, и всю выделившуюся при этом энергию.

Конечно, все изотопы на таком графике не отметишь. Но зато по графику легко судить, как в целом меняется

энергия, отдаваемая в среднем на одну частицу при образовании того или иного ядра, как она меняется с увеличением размера ядра.

Нужно хорошо разобраться, как построен этот график. Он не менее поучителен, чем таблица масс изотопов, к помощи которой мы прибегали уже несколько раз. Правда, малый размер графика не даёт возможности вести расчёт точно, для этого нужно вернуться к таблице масс, но зато он показывает то, чего сразу не увидишь, глядя на таблицу.

Посмотрите на график. Кривая графика вначале быстро поднимается вверх, затем подъём становится медленным и кончается на ядрах с массовым числом около 60. Этим ядрам отвечает наибольшая высота графика: каждая частица такого ядра отдаёт, входя в ядро, около 8,8 миллиона электрон-вольт. Ядро среднего веса, содержащее около 120 частиц, отдаёт на каждую частицу, входящую в ядро, около 8,5 миллиона электрон-вольт. Дальше спуск кривой постепенно продолжается: у урана<sup>238</sup><sub>92</sub> (см. точку графика, отвечающую массовому числу 238) средняя энергия, отдаваемая на одну частицу, равна уже 7,5 миллиона электрон-вольт (на 1 миллион электрон-вольт меньше, чем для средних ядер). Чем объяснить эту «странность»? Да и стоит ли нам думать над этим?

Стоит! Именно эта «странность» позволяет строить установки по использованию атомной энергии урана и других тяжёлых ядер, получать мощные взрывы атомных бомб. Поэтому попытаемся разобраться, почему отдача энергии меняется при изменении веса ядра.

Выделение большой энергии при образовании ядра из свободных частиц происходит за счёт работы ядерных сил. Ядерные силы, огромные силы притяжения, как мы уже знаем, действуют только на очень малых расстояниях. Но, кроме ядерных сил, в ядрах действуют ещё электрические силы отталкивания между одноимённо заряженными протонами. Эти силы действуют, в отличие от ядерных сил, на любых расстояниях. Преодоление этих сил при сближении протонов требует затраты работы — энергия не выделяется, а поглощается.

В малых ядрах роль электрических сил отталкивания невелика, так как они подавляются много большими ядерными силами притяжения, действующими между всеми частицами ядра (рис. 38, а). Но в больших ядрах роль

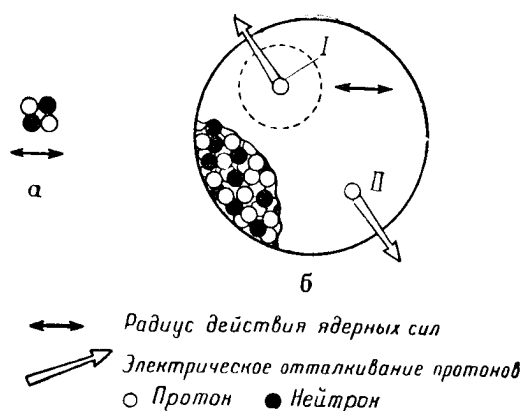


Рис. 38. В ядре *а* протоны не только отталкиваются электрическими силами, но и притягиваются много большими ядерными силами. В ядре *б* между протонами *I* и *II* действует только электрическое отталкивание

электрических сил возрастает: ядерные силы обеспечивают связь только близких «соседей» (рис. 38, б), а электрическое отталкивание действует между всеми протонами ядра. Вот почему отдача энергии на одну частицу с ростом ядра начинает убывать.

Вначале кривая идёт вверх — отсюда следует, что энергию можно получать, соединяя лёгкие ядра. Так, например, энергия, отдаваемая на одну частицу ядром кислорода  $^{16}_8$ , больше, чем отдаваемая ядром гелия  $^4_2$ . Следовательно, соединяя четыре ядра гелия  $^4_2$  в одно ядро кислорода  $^{16}_8$ , мы получили бы выделение энергии. Какие превращения здесь действительно осуществимы и как их осуществить, этот вопрос требует, конечно, отдельного изучения. График показывает лишь направление возможных поисков — при соединении лёгких ядер должна выделяться атомная энергия.

С тем, какую роль играют превращения такого рода во вселенной, мы уже познакомились (превращение водорода в гелий). Но этот же график показывает и другой путь получения энергии атомных ядер.

В тяжёлых ядрах отдача энергии составляет в среднем 7,5 миллиона электрон-вольт на частицу. В средних она примерно на миллион электрон-вольт больше. А что будет, если тяжёлое ядро «расколоть», разбить на два средних? Разница в энергиях — примерно по 1 миллиону электрон-вольт на частицу — при этом должна выделяться. А так как в тяжёлых ядрах содержится более двухсот частиц, то можно рассчитывать на выделение энергии около 200 миллионов электрон-вольт на ядро. Величина достаточно заманчивая<sup>1</sup>.

Итак, график, изображённый на рис. 37, показывает, что есть два пути получения энергии атомных ядер:

- 1) соединение лёгких ядер;
- 2) расщепление тяжёлых ядер.

Какие возможности существуют для технического осуществления этих ядерных превращений? Какой из двух путей легче? Более лёгким оказался второй путь. Начиная с 40-х годов и до последних лет он привлекал наибольшее внимание.

### 3. Капельная модель ядра

Как происходит деление тяжёлых ядер? В каком виде отдаётся энергия при таком делении?

Ответ на эти вопросы можно получить, пользуясь так называемой «капельной» моделью ядра, созданной советским учёным Я. И. Френкелем.

Френкель показал, что свойства ядра во многих отношениях подобны свойствам наэлектризованной капельки жидкости. Сейчас мы увидим, как много интересных заключений о свойствах тяжёлых атомных ядер можно вывести из этих представлений.

Итак, представим себе капельку «ядерной жидкости» — 200—250 протонов и нейтронов, связанных ядерными силами. Забудем на время о силах электрических и подумаем о том, какую форму должна иметь эта «капелька» — тяжёлое атомное ядро.

В тяжёлом «большом» ядре ядерные силы действуют только между ближайшими частицами. Частица, находя-

<sup>1</sup> Значительно больше энергии можно было бы выделить при расщеплении тяжёлого ядра на 3 примерно одинаковых осколка. Но этого пока никто делать не умеет; такое расщепление происходит иногда случайно, притом — очень редко.

щаяся внутри ядра, например, частица *B*, будет испытывать притяжение со стороны всех своих соседей (рис. 39). Силы, действующие на неё, будут направлены во все стороны, никакая из них не перетянет — частица будет находиться в равновесии. В ином положении окажется частица,

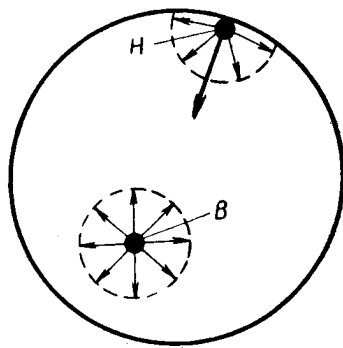


Рис. 39. Внутренняя частица *B* притягивается во все стороны с одинаковой силой. Частица на поверхности *H* втягивается силами ядерного притяжения. Сумма этих сил показана жирной стрелкой

находящаяся на поверхности ядра. На неё будут действовать силы только с одной стороны, со стороны ближайших к ней частиц внутри ядра. Никаких сил снаружи, которые уравновесили бы эти силы, втягивающие частицу в ядро, нет (например, частица *H* на рисунке). Значит, любая частица на поверхности будет стремиться втянуться внутрь капли-ядра. Однако капля не может не иметь поверхности — часть частиц должна оказаться в этом «неудобном» положении. К чему же приведёт неравенство положений внутренних и внешних частиц капли?

Все частицы поверхности будут втягиваться внутрь капли. Значит, капля будет стремиться принять такую форму, при которой на её поверхности окажется наименьшее возможное число частиц — поверхность капли будет стягиваться.

Можно представить себе дело так, как будто капля заключена в тонкую плёнку, которая наподобие мыльной

плёнки стремится сжаться. Мыльный пузырь имеет форму шара потому, что из всех тел одинакового объёма шар имеет наименьшую поверхность. Стягиваясь до наименьшей возможной величины, мыльная плёнка и принимает форму шара. То же самое происходит с каплей-ядром: она также примет форму шара.

Любопытно сравнить силу, с которой сжимается мыльная плёнка и «плёнка», покрывающая атомное ядро.

Можно сделать проволочную рамку наподобие изображённой на рис. 40 с подвижной нижней проволочкой. Если погрузить эту рамку в мыльный раствор, а затем осторожно вытянуть, то на рамке окажется «натянутой» мыльная плёнка. Сжимаясь, она будет поднимать нижнюю проволочку вверх. Если ширина рамки равна 10 сантиметрам, то плёнку можно удержать от сжатия, подвесив на нижнюю проволочку грузик с массой, равной 1—1½ граммам (включая массу подвижной проволочки).

Но если бы на эту же рамку была натянута плёнка из ядерной жидкости, то удержать её в растянутом состоянии можно было бы с помощью груза весом в ...200 миллиардов тонн! Таковы силы, стремящиеся придать капельке ядерной жидкости форму шара.

Однако до сих пор мы не учитывали электрических сил отталкивания между протонами ядра. Их действие обратно действию ядерных сил: они стремятся разорвать ядро. А так как электрические силы действуют на любых расстояниях, то с увеличением ядра, а значит, и протонов в нём, их роль всё возрастает.

Расчёт показывает, что примерно при 120 протонах (при общем числе около 300 частиц) ядро теряет устойчивость — электрические силы отталкивания уравновесят силы ядерного притяжения. Капля-ядро разорвётся электрическими силами на две капли — произойдёт самопроизвольное деление ядра на части. Такое деление капель

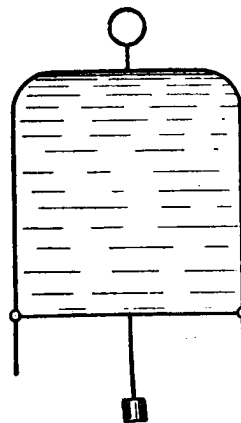


Рис. 40. Мыльная плёнка на рамке

обычной жидкости можно наблюдать, если сообщить им достаточный электрический заряд. Вот почему большие ядра в природе существовать не могут, вот почему таблица Менделеева имеет свой естественный предел (вблизи номера 120).

Этот вывод теории подтверждается опытом. Если сравнить скорость распада наиболее устойчивых тяжёлых ядер по мере увеличения их веса, то получается очень убедительный результат. В приводимой ниже таблице в целях наглядности число протонов в ядре выделено в отдельный столбец.

Изотоп	Число протонов в ядре	Период полураспада
Уран <sup>238</sup>	92	4,51 миллиарда лет
Нептуний <sup>237</sup>	93	2,25 миллиона лет
Плутоний <sup>239</sup>	94	24,11 тысячи лет
Америций <sup>41</sup>	95	500 лет
Кюрий <sup>242</sup>	96	5 месяцев

Все приведённые в таблице элементы, кроме урана, добываются искусственно. Таблица подтверждает вывод о том, что очень далеко с увеличением заряда ядра идти нельзя — ядра делаются всё неустойчивее.

Тем не менее все эти ядра ещё не способны (как правило) делиться, а уменьшаются, «отщепляя» от себя осколки в виде альфа-частиц (два протона и два нейтрона). Это «плохо» по двум причинам: во-первых, энергия, выделяемая в результате всей цепочки радиоактивных превращений, испытываемых ядром, пока оно не станет устойчивым, составляет лишь малую часть энергии, которая выделилась бы этим же ядром при делении; во-вторых, превращения идут медленно и для того, чтобы получить большие количества энергии, пришлось бы запасаться огромными количествами радиоактивных препаратов (что, конечно, совершенно невозможно).

Вот почему, если мы хотим научиться выделять атомную энергию в больших количествах и притом с нужной нам скоростью, необходимо прежде всего выяснить, как происходит деление тяжёлых ядер и что при этом делении происходит.



#### 4. Как происходит деление тяжёлых ядер

Подведём итог всему, что мы узнали о тяжёлых атомных ядрах. Эти ядра обладают большим запасом энергии, который может быть освобождён при делении ядра на части — на ядра среднего размера. Однако под действием ядерных сил ядро принимает устойчивую форму круглой капельки, которая разделиться сама по себе не может.

Постепенное уменьшение энергии и массы самых тяжёлых ядер происходит при альфа-распаде, когда ядро отщепляет от себя ядро гелия<sup>4</sup>, которое и выбрасывается с энергией в несколько миллионов электрон-вольт. За альфа-распадами следуют бета-распады, восстанавливающие нужное соотношение между числом протонов и нейтронов в ядре. Конечные продукты всех этих превращений — свинец  $^{206}_{82}$ , свинец  $^{207}_{82}$ , свинец  $^{208}_{82}$  и висмут  $^{209}_{83}$ .

Одна из этих цепочек радиоактивных превращений, оканчивающихся свинцом  $^{208}_{92}$ , показана на рис. 21. Перечисленные ядра уже устойчивы и без постороннего вмешательства сами по себе никаких дальнейших превращений не испытывают. Однако в результате обычных радиоактивных превращений ядра отдают лишь малую долю той энергии, которая высвободилась бы из них при делении. При расщеплении устойчивых ядер свинца и висмута выделилась бы энергия, вполне сравнимая с той, которая может быть отдана расщепляемым ураном. Как же добиться расщепления ядра?

Для того чтобы ядро потеряло равновесие и взорвалось, необходимо сообщить ему добавочную энергию. Это, конечно, относится не только к атомным ядрам.

Чтобы спичка зажглась, необходимо сообщить ей добавочную энергию, чиркнув головкой спички о коробок. Чтобы произвести выстрел, необходимо сообщить патрону добавочную энергию, ударив ударником о капсюль. Если мы хотим высвободить энергию камня, лежащего в ямке на склоне высокой горы (рис. 41), то мы должны сообщить ему добавочную энергию, поднимая его на край ямки. Тогда камень упадёт и отдаст энергию, которой обладал, вместе с той, которую ему передали, поднимая его вверх. То же относится и к атомному ядру.

Энергия, которую необходимо сообщить ядру, чтобы

оно взорвалось, называется *энергией активации*. Чему равна энергия активации для разных ядер?

Для самых тяжёлых ядер урана и тория энергия активации составляет 6—7 миллионов электрон-вольт. Для меньших, более устойчивых ядер энергия активации, конечно, много больше.

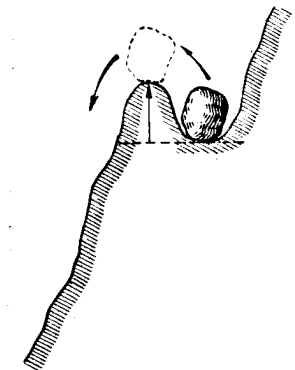


Рис. 41. Чтобы высвободить энергию, которой обладает поднятый камень, его нужно ещё немного поднять

Отложим пока что вопрос о том, как можно сообщить ядрам необходимую для деления энергию активации. Предположим, что необходимая энергия каким-то образом сообщена ядру, и посмотрим, что будет происходить с этим ядром дальше.

Часть поглощённой ядром энергии пойдёт на увеличение скорости движения частиц ядра — ядро-капля «нагреется». Часть энергии пойдёт на изменение формы ядра — ядро вытянется так, как это показано на

рис. 42, б. При этом электрические силы отталкивания верхней и нижней половинок растянутой капли превысят ядерное притяжение, действующее между этими половинками,

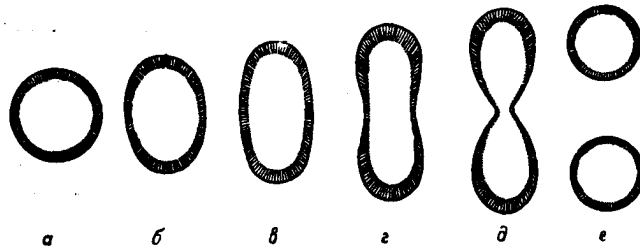


Рис. 42. Последовательность событий при делении тяжёлого ядра

ядро-капля будет растягиваться всё больше и в конце концов разделится на две капли примерно одинаковой величины, как это показано на рис. 42, е. Образовавшиеся при делении ядра-капли среднего размера уже не притягиваются друг к другу ядерными силами, но зато с огромной силой отталкиваются друг от друга электрическими

силами. Энергия, которую они отдают, разлетаясь под действием электрических сил, составляет около 160 миллионов электрон-вольт (рис. 43). Однако на этом выделение энергии не кончается. Разлетевшиеся капельки-ядра сохраняют большой запас энергии, сильно «нагреты». Кро-



Рис. 43. Следы обоих осколков, получающихся при делении ядра урана. Широкая линия посредине — боковой разрез алюминиевой фольги толщиной 0,001 миллиметра. На фольгу был нанесён очень тонкий слой урана. По обе стороны фольги видны следы обоих осколков, разлетающихся в противоположных направлениях

ме того, они обладают большим числом излишних нейтронов. Это обстоятельство имеет особенно большое значение.

Излишек нейтронов в ядрах-осколках связан с тем, что по мере увеличения веса ядра процентное содержание нейтронов в ядре растёт. В лёгких ядрах число протонов и нейтронов примерно равно; содержание нейтронов — 50%. Таковы ядра гелия<sup>4</sup><sub>2</sub>, углерода<sup>12</sup><sub>6</sub>, кислорода<sup>16</sup><sub>8</sub> и др. Средние ядра содержат уже больше нейтронов. Так, серебро состоит из двух изотопов, имеющих примерно в равных количествах: серебро<sup>107</sup><sub>47</sub> (51,9%) и серебро<sup>109</sup><sub>47</sub> (48,1%). В этих ядрах на 47 протонов приходится 60 и 62 нейтрона, что в среднем даёт уже 56,7% нейтронов. Ещё больший процент нейтронов содержат тяжёлые ядра. Торий<sup>230</sup><sub>90</sub> имеет в своём составе 61,2% нейтронов, как и уран<sup>238</sup><sub>92</sub>.

Получившиеся при делении тяжёлого ядра осколки имеют то же процентное содержание нейтронов, что и взорвавшееся ядро, т. е. около 61%. Но масса этих осколков меньше и процент нейтронов в них тоже должен быть меньше. В каждом образовавшемся ядре имеется до десяти лишних нейтронов. Как же избавляются ядра от этого излишка нейтронов?

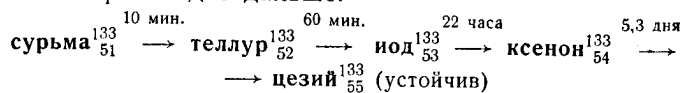
Вспомним, что получившиеся при делении капельки-ядра сильно нагреты. А нагретая жидкость остывает, испаряя часть входящих в её состав частиц. То же происходит и с нагретыми капельками-ядрами. Каждая из них испаряет один, иногда два нейтрона, «остывая» при этом. Какое огромное значение для получения атомной энергии имеют эти «испаряемые» нейтроны, мы увидим ниже, когда перейдём к способам получения атомной энергии.

Большая часть нейтронов вылетает из «нагретых» осколков взрыва мгновенно. Лишь небольшая доля нейтронов, около 1%, выделяется с запозданием, доходящим до нескольких секунд. Существование такого «запаздывания» в выделении нейтронов облегчает использование атомной энергии в промышленных целях.

Однако и после испарения одного—двух нейтронов осколки деления обладают ещё большим их излишком. Это приводит к целой цепочке последовательных бета-распадов. Нейтроны превращаются в протоны, из ядра вылетают порождаемые при этом электроны и нейтрино до тех пор, пока в ядре не установится нужное соотношение между числом протонов и нейтронов. Значит, получаемые при делении тяжёлых ядер ядра среднего веса весьма радиоактивны.

Вот одно из такого рода превращений.

При расщеплении тяжёлого ядра урана иногда получается осколок — «сверхтяжёлая» (перегруженная нейтронами) сурьма. Если самое тяжёлое из устойчивых ядер сурьмы имеет 123 нейтрона в ядре, то сурьма, получаемая при взрыве, имеет в ядре 133 нейтрона (уже после «испарения» нескольких). Излишек нейтронов равен десяти! Вот что происходит дальше:



Электроны и нейтрино, вылетающие из ядер при каждом превращении, здесь не показаны. Над стрелками указаны периоды полураспада. Обратите внимание на то, что по мере того, как излишек нейтронов уменьшается, период полураспада становится всё больше. Чем сильнее ядро отличается от устойчивого, тем быстрее оно изменяет свой состав.

Кроме бета-частиц, испускаемых осколками деления, происходит ещё испускание гамма-лучей. Гамма-лучи по-

рождаются и в момент самого взрыва тяжёлого ядра, и ядрами-осколками во время их последующих превращений.

Вот примерное распределение энергии, отдаваемой при взрыве ядра урана:

Энергия движения разлетающихся осколков . . . . .	162 миллиона эв
Энергия последующих бета-распадов	5 миллионов эв
Энергия всех происходящих гамма-излучений . . . . .	11 миллионов эв
Энергия „испаряемых“ осколками нейтронов . . . . .	6 миллионов эв
Энергия, уносимая нейтрино, порождаемыми при бета-распаде . . .	11 миллионов эв
<hr/>	
Всего при делении одного ядра выделяется . . . . .	195 миллионов эв

В этом перечне 11 миллионов электрон-вольт, уносимых нейтрино, следует «списать в убыток» — нейтрино очень плохо поглощаются веществом. Они могут пройти огромные толщи вещества, не передавая ему своей энергии. Свои 11 миллионов электрон-вольт нейтрино целиком унесут сквозь стены любого прибора, любой машины, уловить их мы пока не можем.

Как же можно вызывать искусственное деление тяжёлых ядер? Как сообщить им необходимую для деления энергию активации?

### 5. Как вызвать деление ядра

Для того чтобы сообщить ядрам необходимую для расщепления энергию активации, можно обстрелять их быстрыми протонами, получаемыми с помощью ускорителей — циклотрона, ускорителя Векслера. В современных ускорителях протоны приобретают энергию в десятки и даже сотни миллионов электрон-вольт (наиболее мощный из действующих в США ускорителей даёт протоны с энергией 6 миллиардов электрон-вольт; вступает в строй советский ускоритель на 10 миллиардов электрон-вольт). Пользуясь этим способом, можно расщеплять атомные ядра, однако количество взорвавшихся ядер будет ничтожно. Почему?

Представим себе тяжёлое ядро, к которому приближается быстрый протон. Как только протон пролетит сквозь электронную оболочку атома и приблизится к

ядру, начнут действовать силы электрического отталкивания. Ведь тяжёлое ядро несёт большой электрический заряд, протон имеет электрический заряд того же знака. В результате этого отталкивания, очень большого на малых расстояниях, протон свернёт в сторону и пролетит мимо ядра, как это происходит и с альфа-частицей (см. рис. 13).

Что же, скажет читатель, раз, другой, третий пролетит мимо. Но ведь подвергается обстрелу не одно ядро, а кусок вещества, в котором ядер множество. В конце концов на какое-нибудь ядро наш блуждающий снарядик и налетит. Конечно, это может происходить и будет происходить. Когда протон «нацелится» (случайно, конечно) так, что летит прямо на ядро, то при прямом, «лобовом» ударе он не свернёт в сторону, а вонзится в ядро. Но всё дело в том, что это должно произойти как можно быстрее, пока протон ещё не прошёл большого пути в веществе. Ведь проходя мимо ядер, протон пронизывает электронную оболочку атома и обязательно выбивает из атома один — другой электрон. Это не обходится ему даром — часть энергии протона передается электрону. А если протон продолжит свой безрезультатный полёт, то скоро запаса его энергии будет недостаточно не только для того, чтобы взорвать ядро, но и для того, чтобы приблизиться к нему.

Вот почему при обстреле вещества быстрыми протонами на один протон, оправдавший наши ожидания, приходится сотни тысяч потраченных зря.

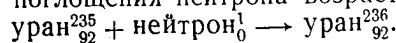
Этот вывод подтверждается уже приводимым выше примером: на 400 000 следов альфа-частиц в камере Вильсона было обнаружено только 8 следов ядерных превращений. Остальные альфа-частицы растратили свою энергию на отрыв электронов у встречных атомов, правда, доставив нам тем самым возможность видеть их путь. Кроме того, в нашем примере речь шла о ядрах с малым зарядом, сейчас же нас интересуют тяжёлые ядра, несущие много больший заряд и гораздо сильнее отклоняющие протоны со своего пути. При таком положении затраты на ускорение протонов будут много больше, чем прибыль — стоимость энергии, освобождённой при делении ядер.

Ускорители заряженных частиц очень полезны для разнообразных научных исследований, но для промышленного превращения больших количеств вещества, для высвобождения атомной энергии они непригодны. Спасают положение нейтроны, которые способны приблизить-

ся к ядру и поглотиться им, какой бы скоростью они ни обладали.

К сожалению, и нейтроны, двигаясь в веществе, очень быстро растрачивают свою энергию. Они сохраняют лишь небольшую энергию теплового движения, тем меньшую, чем меньше температура вещества, в котором они движутся. При комнатной температуре средняя скорость, которой обладает нейтрон, равна 2,77 километра в секунду, его энергия равна при этом 0,04 электрон-вольта. Даже при температуре вещества в 1500 градусов энергия движущегося в нём нейтрона составляет всего 0,20 электрон-вольта. И тем не менее даже такой «медленный», или, как принято говорить, «тепловой», нейтрон способен взорвать тяжёлое ядро. Как же это ему удаётся?

Когда нейтрон приближается к ядру на достаточно малое расстояние, между ним и ядром начинают действовать ядерные силы — огромные силы притяжения. За счёт работы этих сил выделяется энергия и притом достаточно большая. Чему она примерно равна, мы можем судить из графика, приведённого на рис. 37. График показывает, что энергия, выделяемая нейтроном, поглощаемым тяжёлым ядром, составляет около 7 миллионов электрон-вольт. Следовательно, можно получить атомную энергию, пользуясь медленными, «тепловыми» нейтронами. Для этого нужно найти такие ядра, у которых энергия активации меньше, чем энергия, отдаваемая нейтроном при его поглощении этими ядрами. Такие ядра в природе есть, хотя их немного. И хотя все тяжёлые ядра способны выделить огромную энергию при расщеплении, но расщеплять (медленными нейтронами) можно лишь немногие. Вот таблица, которая пояснит суть дела (здесь цифры приблизительно); при этом учтено, что массовое число ядра после поглощения нейтрона возрастает на единицу, например,



Вещество	Энергия активации (приблизительно) в миллионах электрон-вольт	Энергия, отдаваемая поглощаемым нейтроном (приблизительно), в миллионах электрон-вольт
Торий <sub>90</sub> <sup>233</sup>	7	6
Уран <sub>92</sub> <sup>239</sup>	7,1	5,3
Уран <sub>92</sub> <sup>235</sup>	6,7	6,8

Для более лёгких ядер соотношение ещё хуже. Если бы можно было рассчитывать на действие быстрых нейтронов с энергией, достигающей двух миллионов электрон-вольт, так, чтобы энергия, передаваемая ими ядру, превышала 7 миллионов электрон-вольт, то можно было бы весь уран делить. Но так как нейтроны в веществе тормозятся, то рассчитывать на действие быстрых нейтронов нельзя. Вот почему из природных изотопов пригодным для деления оказывается только уран  $^{235}_{92}$  — его энергия активации составляет 6,7 миллиона электрон-вольт, в то время как поглощаемый нейтрон передаёт ему 6,8 миллиона электрон-вольт, даже когда он не обладает заметной энергией движения.

Деление ядра урана  $^{235}_{92}$  нейтроном схематически изображено на обложке нашей книги.

Одним из самых важных является то обстоятельство, что для деления тяжёлых ядер (например, урана  $^{235}_{92}$ ) можно использовать нейтроны, вылетающие из осколков только что расколовшихся ядер. Это значит, что можно попытаться создать условия, при которых деление ядер будет непрерывно продолжаться. Откуда же взять первые нейтроны, чтобы начать деление? Оказывается, и об этом заботиться нет нужды.

Советские физики Г. Н. Флеров и К. А. Петржак открыли, что ядра урана способны взрываться, распадаясь на два осколка, самопроизвольно и без всякого воздействия. Правда, такой взрыв происходит очень редко, в сотни тысяч или миллионы раз реже, чем альфа-распад. Так что если в килограмме урана  $^{235}_{92}$  в секунду альфа-распад испытывают 78,2 миллиона ядер, то взрываются всего десятки. Тем не менее такие взрывы происходят, из осколков выделяются нейтроны, а это значит, что в уране всегда есть свободные нейтроны. Нужно только создать такие условия, при которых нейтроны поглощались бы ядрами, вызывая при этом их деление. Что же это за условия?

## 6. Цепная реакция. Атомная бомба

Для того чтобы реакция деления ядер урана  $^{235}_{92}$  продолжалась непрерывно, нужно сделать так, чтобы «испаряющиеся» при взрыве очередного ядра нейтроны использовались бы для взрывов других ядер, а не пропадали



даром. Однако если взять природный уран, то в нём, как правило, будут происходить редкие самопроизвольные взрывы. Выделяющиеся при этих взрывах нейтроны редко приведут к взрыву какого-либо ядра. Почему?

Да просто потому, что в природном уране «хороших» взрывчатых ядер имеется: урана  ${}_{92}^{235}$  — 0,720%, урана  ${}_{92}^{234}$  — 0,006%.

Уран 234 хотя и «хорош» (мы упомянули о нём в первый и последний раз), но количество его в природном уране слишком мало. Основная доля падает на уран 238; его в природном уране 99,274%. А мы уже знаем, что рассчитывать на взрыв ядер этого урана трудно: если только энергия движения нейтрона стала меньше двух миллионов электрон-вольт, ему уже уран 238 не взорвать.

Значит, первое, что нужно сделать — это добыть уран 235 в чистом виде. О том, как отделяется уран 235 от других изотопов, мы рассказывать не будем. Это очень сложная операция. Кроме того, для получения ядерного горючего в чистом виде в наши дни нет необходимости заниматься разделением изотопов. Но для того чтобы читатель получил некоторое представление о сложности этой работы, приведём лишь один пример. Уран  ${}_{92}^{235}$  можно отделять при помощи магнитного поля примерно так, как разделяли в своё время изотопы неона (см. рис. 19). Однако не только устройство прибора, но и его размеры сильно изменились. Длина магнитов прибора достигла 75 метров при весе магнитов в несколько тысяч тонн. Чтобы обмотки магнитов, по которым течёт ток, не перегревались, они были сделаны из материала с наименьшим электрическим сопротивлением — из чистого серебра.

Итак, не будем описывать технику добычи урана  ${}_{92}^{235}$  и предположим, что в нашем распоряжении есть кусочек этого вещества, например в виде шарика диаметром 3 сантиметра (рис. 44). Пусть в точке А взорвалось ядро. Осколки ядра разлетятся в разные стороны и, сталкиваясь с соседними ядрами, очень быстро «раздадут» им свою энергию. Вещество вокруг нагреется. Кроме того, из ядер-осколков «испарится» несколько нейтронов<sup>1</sup>. Какое же

<sup>1</sup> От 2 до 3 на одно деление, в среднем около 2,5. Для простоты будем в дальнейшем считать, что при делении образуются 3 свободных нейтрона.

действие можно ожидать со стороны этих нейтронов? Никакого. Нейтроны немедленно разлетятся во все стороны (как это и показано на рисунке) и потеряются. Почему?

Вспомним, что диаметр ядра в десятки тысяч раз меньше диаметра атома. Когда свободный нейтрон движется сквозь вещество, у него очень мало шансов попасть в ядро — слишком малый объём приходится на долю ядра в атоме. Наглядное представление о возможных «успехах» нейтрона можно составить себе по следующему фантастическому примеру.

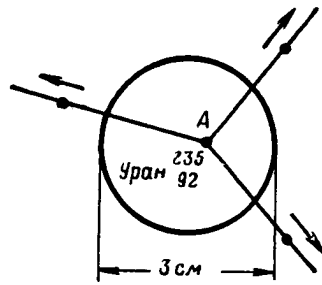


Рис. 44. Нейтроны, возникшие при взрыве ядра (в точке  $A$ ), в небольшом кусочке урана  $^{235}_{92}$  разлетаются, не успев попасть в какое-либо другое ядро

Будем стрелять дробинками по таким мишеням: горошинам, расположенным в пространстве на расстоянии 250—300 метров одна от другой. Условия стрельбы «льготные» — безразлично, в какую из горошин попадёт дробинка. Но зато стрелять надо... крепко зажмурившись, наугад. При таких условиях полёт нашей дробинки между горошинами будет очень похож на полёт нейтрона между ядрами в веществе. Конечно, совершенно невозможно ука-

зать, что случится с каждым отдельным нейтроном. Но математик без особого труда подсчитает, какой же будет средняя длина свободного пробега от начала полёта и до первого столкновения. В уране  $^{235}_{92}$  средняя длина свободного пробега нейтрона составляет 9,2 сантиметра. А так как шарик из урана  $^{235}_{92}$ , которым мы запаслись, имеет диаметр всего 3 сантиметра, то нейтроны, образующиеся при взрыве отдельных ядер, будут почти всегда вылетать из него и теряться.

Для того чтобы вылетающие при взрыве отдельных ядер нейтроны не терялись, а в свою очередь вызывали бы взрыв других ядер, необходимо обеспечить им достаточно большой путь в уране. Если взять шар достаточно больших размеров, цель будет достигнута (рис. 45). Вылетевшие при взрыве ядра (в точке  $I$ ) нейтроны, двигаясь в веществе, в конце концов налетят на ядра  $II$ , поглотятся ими

и взорвут их. При взрыве ядер *II* выделится энергия и вылетят нейтроны, которые взорвут ядра *III*, и т. д. Число взрывающихся ядер и свободных нейтронов-«взрывателей» будет всё больше и больше возрастать. Пойдёт реакция, носящая название *цепной реакции*. Разовьётся цепная реакция очень быстро, так как нейтроны, вылетающие из ядер, имеют скорости, равные десяткам тысяч километров в секунду.

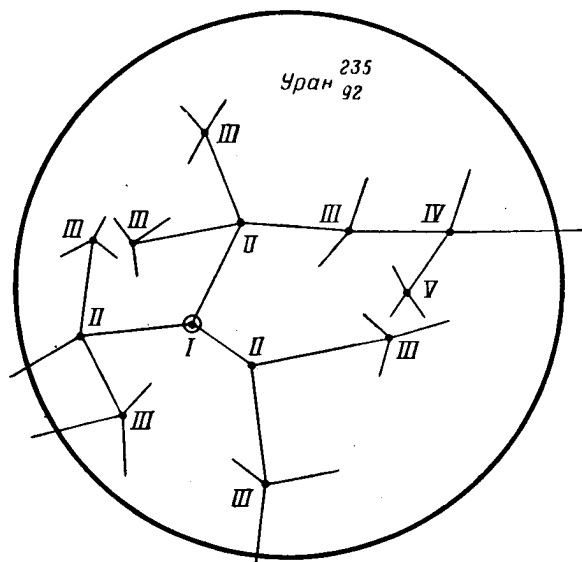


Рис. 45. Развитие «цепной реакции» в куске урана  $^{235}_{92}$  достаточного размера после первого же взрыва в точке *I*

Конечно, при любых условиях часть нейтронов будет вылетать из уранового шара и теряться. Эти потери надо учесть, чтобы определить наименьшие размеры шара, в котором уже может произойти цепная реакция. Расчёт показывает, что «критический размер» шара из урана  $^{235}_{92}$ , не окружённого другим веществом («голового»), составляет 17 сантиметров (диаметр шара). В меньшем шаре цепная реакция не произойдёт. Зная скорость нейтронов, можно подсчитать время, за которое эта реакция произойдёт. Для

шара диаметром в 17 сантиметров это время составляет примерно две миллионные доли секунды. Это означает, что энергия выделяется в виде гигантского взрыва.

Шар, сделанный из ядерного горючего, и является зарядом атомной бомбы. Конечно, при её взрыве делятся далеко не все ядра. Но при делении даже одного килограмма ядерного горючего выделяется столько же энергии, сколько дают 20 000 тонн лучшего взрывчатого вещества.

Количество необходимого для взрыва горючего определяется формой заряда. Легко сообразить, что если уран  $^{235}_{92}$  изготовить в виде листа, то даже при очень большом весе листа взрыва не произойдёт, так как у листа очень большая поверхность, через которую и будут вылетать об-

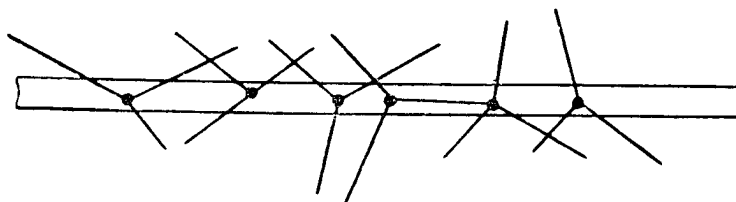


Рис. 46. В тонком листе урана  $^{235}_{92}$  любого веса цепная реакция не разовьётся

разующиеся нейтроны (рис. 46). Цепная реакция не разовьётся. В шаре нужного размера первый же самопроизвольный взрыв одного из ядер (а такие самопроизвольные взрывы в большом куске ядерного горючего происходят всё время) приведёт к бурной цепной реакции — взрыву.

Критические размеры шара можно уменьшить, если окружить его оболочкой из вещества, которое отражало бы часть вылетающих из шара нейтронов обратно. Хорошим отражателем, «зеркалом», для нейтронов является бериллий.

Для того чтобы заряд не взорвался раньше времени (а он взорвётся сразу, как только будет достигнут критический размер), его разделяют на две половинки, расположенные на достаточном расстоянии друг от друга. Взрыв произойдёт при соединении половинок. Делать это нужно очень быстро, чтобы при сближении половинок, ещё

до их соединения, не произошёл слабый взрыв, потому что как только горючее разлетится во все стороны, цепная реакция прекратится. Поэтому нужно одной половинкой выстрелить в другую. При их смыкании мгновенно развивается бурная цепная реакция — происходит атомный взрыв.

Схематическое изображение атомной бомбы приведено на рис. 47.

Атомные бомбы не могут быть ни очень маленькими, ни очень большими. Маленький кусочек атомного горючего не взорвётся из-за того, что нейтроны будут «проскакивать» сквозь него, не вызывая деления ядер — цепная реакция не пойдёт. С другой стороны, каждая половинка атомной бомбы не должна достигать критического размера, иначе она взорвётся сама по себе, не дожидаясь смыкания со второй половинкой.

Каково действие атомной бомбы? При взрыве атомной бомбы образуется мощная взрывная волна, которая производит разрушения как сильный, но очень короткий ураган. Температура в области взрыва очень высока, достигает, вероятно, миллионов градусов. Возникает огненный шар, испускающий огромный поток световых и тепловых лучей. Эти лучи могут произвести ожоги и поджечь горючие материалы на большом расстоянии.

Однако не следует думать, что количество энергии, выделяемой при взрыве, велико в «космических» масштабах: чтобы растопить один кубический километр льда, потребовалась бы не одна сотня атомных бомб.

Множество нейтронов, возникающих при взрыве атомной бомбы, поглощается ядрами окружающего вещества. Никакие дальнейшие взрывы невозможны: земная кора состоит в основном из лёгких атомов, как и все окружающие нас вещества (водород, литий, натрий, кислород,

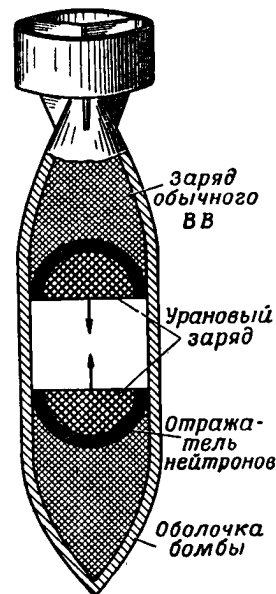


Рис. 47. Схема атомной бомбы

азот и другие). А лёгкие ядра, поглощая нейтроны, не способны расщепляться. Что же с ними произойдёт? Мы уже знаем, что если ядро приобретёт избыток нейтронов, то в нём происходит превращение нейтронов в протоны. Порождаемые при этом электроны и нейтрино вылетают из ядра — происходит бета-распад и гамма-излучение.

Следовательно, после взрыва атомной бомбы в месте её взрыва возникнет искусственная радиоактивность. К счастью, период полураспада лёгких ядер, как правило, невелик: сильная радиоактивность удержится лишь несколько недель.

Атомная бомба может произвести большие разрушения, погубить тысячи человек в густонаселённых городах. Это — варварское оружие массового поражения людей. Вот почему мировая общественность настойчиво требует запрещения атомной бомбы и других средств массового поражения. Советский Союз, решительно и последовательно отстаивающий дело мира, требует запрещения атомного оружия. Однако перед лицом возможных провокаций и военных авантур Советский Союз небезоружен — он располагает этим мощным оружием. В руках советского народа атомное оружие — надёжная защита мира.

Советский народ, строящий коммунизм, особенно заинтересован в использовании атомной энергии для мирных целей. Как же можно использовать атомную энергию в народном хозяйстве?

Атомные взрывы могут иногда оказаться полезными. Их можно применять, например, для выброса большого количества земли или горных пород. По приблизительным подсчётам, один взрыв может дать выброс в 2 миллиона кубометров грунта. При обычном способе работ стоимость их достигнет 16 миллионов рублей. Однако атомные взрывы могут иметь, конечно, очень ограниченное применение. Гораздо важнее возможность получать энергию непрерывно, с требуемой скоростью. К способам постепенного, регулируемого выделения атомной энергии мы и перейдём.

## 7. Урановый котёл

Если взять кусок природного металла урана любой величины, атомная энергия выделяться не будет. Почти все возникающие в нём нейтроны будут поглощаться невзрыв-

чатый ураном  ${}_{92}^{238}$ . Кроме обычного, медленного альфа-распада и «редких» одиночных делений, ничего в нём происходить не будет. Как же сделать, так, чтобы возникла цепная реакция? Как заставить нейтроны в достаточном количестве поглощаться имеющимися в уране взрывчатыми ядрами? Это можно сделать, воспользовавшись тем, что медленные нейтроны (с энергией, меньшей пяти электрон-вольт) поглощаются ураном  ${}_{92}^{238}$  плохо, в то время как взрывчатые ядра урана  ${}_{92}^{235}$  поглощают нейтроны (взрываясь при этом) тем лучше, чем меньше их скорость. Значит, нейтроны, вылетающие с большими скоростями при самопроизвольном взрыве отдельных ядер, надо замедлить, и притом не в уране, где они, не успев замедлиться, поглотятся ураном  ${}_{92}^{238}$ . Их нужно замедлить в каком-нибудь веществе, плохо поглощающем нейтроны, а затем уже «пустить» их в уран. Медленные нейтроны примерно в 2—2,5 тысячи раз лучше поглощаются взрывчатыми ядрами, и, значит, цепная реакция пойдёт, хотя этих взрывчатых ядер примерно в 140 раз меньше, чем невзрывчатых.

Вот почему уран, предназначенный для получения атомной энергии, изготавливают не в виде сплошного куска, а в виде кубиков и брусков размерами в 4—5 сантиметров или длинных стержней. Между этими кусками урана помещается вещество, которое плохо поглощает нейтроны, но быстро отнимает их энергию — «замедляет». В качестве «замедлителя» пригодна «тяжёлая вода», молекулы которой содержат вместо обычного водорода «тяжёлый» водород — водород  ${}^2_1$ . Тяжёлая вода поглощает нейтроны примерно в 200 раз меньше, чем обычная вода. Используется также бериллий, углерод в виде очень чистого графита (примесей не больше чем 0,1%). При увеличении содержания «горючего» — урана  ${}_{92}^{235}$  в несколько раз можно использовать в качестве замедлителя и заметно поглощающую нейтроны обычную воду.

На рис. 48 приведена схема установки, в которой происходит цепная реакция на медленных нейтронах. Такая установка носит название «уранового котла», или «ядерного реактора».

Проследим за одним нейтроном, вылетевшим из точки А при взрыве ядра. Путь этого нейтрона отмечен на рис. 48 жирной ломаной линией I. Вылетев из испарив-

шего его ядра-осколка, нейтрон почти тотчас попадает в графит. Сталкиваясь с ядрами графита, нейтрон при каждом толчке отдаёт часть своей энергии. В конце концов он приобретает энергию, отвечающую температуре графита, в котором он находится. Эта энергия при любых возможных в реальной установке температурах всегда меньше 0,1 электрон-вольта. Такой «тепловой» нейтрон, попав,

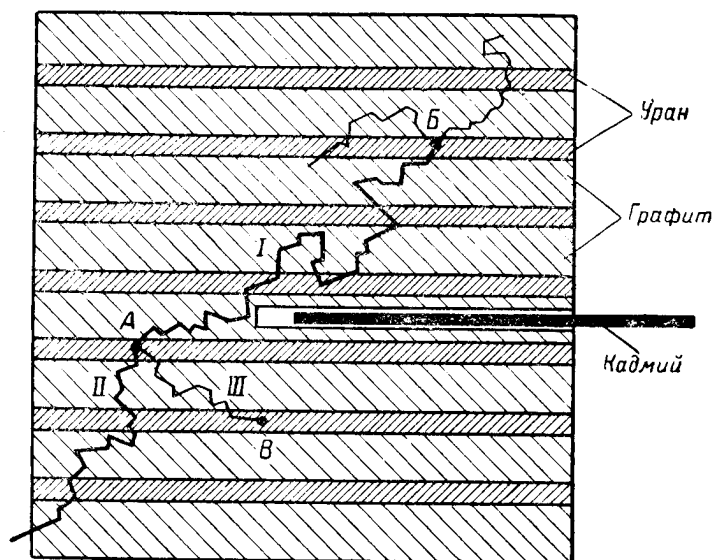


Рис. 48. Урановый котёл (ядерный реактор)

наконец, в один из стержней урана, имеет больше всего шансов поглотиться ураном  $^{235}_{92}$ . Если это так и произойдёт (а это именно и происходит с нейтроном, за которым мы взяли следить), то ядро *Б*, поглотившее нейтрон, взорвётся. При этом отдаётся большая энергия, разлетаются пересыщенные нейтронами осколки, два—три нейтрона испаряются из них. Они идут на смену сделавшему своё дело нейтрону — отправляются в путь по реактору.

Посмотрим теперь, что произойдёт в это время с нейтронами *II* и *III*, вылетевшими вместе с нейтроном *I* из



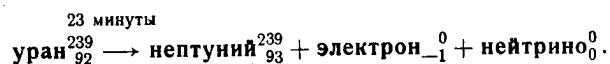
точки *A* при взрыве ядра. Нейтрон *II* (путь его отмечен ломаной полужирной линией), поблуждав по реактору, вылетел из него. Это неизбежная потеря. Её нужно учитывать при расчёте реактора. Наконец, нейтрон *III* (тонкая ломаная линия) поглощается ураном  ${}_{92}^{238}$  в точке *B*. Это может произойти по разным причинам. Во-первых, поглотится так может очень быстрый нейтрон, не успевший ещё замедлиться. Тогда ядро урана  ${}_{92}^{238}$ , «поймавшее» такой быстрый нейтрон, взорвётся, отдав энергию и «испарив» несколько нейтронов. Но таких случаев будет мало, и мы, имея в виду точного расчёта работы реактора, такой возможностью можем пренебречь. Во-вторых, нейтрон может поглотиться ураном  ${}_{92}^{238}$  во время замедления, когда скорость его ещё сравнительно велика. Наконец, нейтрон может замедлиться до тепловой скорости и продолжать «блуждать» по реактору. Но на его пути может не оказаться взрывчатых ядер и он, наконец, поглотится не-взрывчатым ураном  ${}_{92}^{238}$ . На первый взгляд этот нейтрон тоже потерян — он не вызвал взрыва ядра. На самом деле нейтрон сделал очень нужное дело.

Что происходит с ураном  ${}_{92}^{238}$  после поглощения нейтрона, энергия которого недостаточна для его расщепления? Вот что происходит:

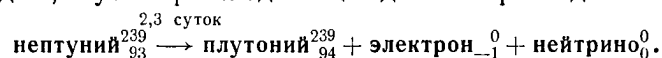


Уран  ${}_{92}^{239}$  пересыщен нейтронами. В получившемся ядре происходит превращение двух нейтронов в два протона. В результате получают новые тяжёлые металлы, не существующие в природных условиях и изготавливаемые искусственно, руками человека, первые два тяжёлых металла — нептуний и плутоний, — дополняющие таблицу Менделеева за её естественной границей — тяжёлым металлом ураном. Вот как идут эти превращения.

Уран  ${}_{92}^{239}$  испытывает бета-распад (превращает один нейтрон в протон) с периодом полураспада, равным 23 минутам:



Но и нептуний  ${}_{93}^{239}$  недолговечен. С периодом полураспада 2,3 суток происходит ещё один бета-распад:



Устойчивым по отношению к бета-распаду, то есть обладающим «правильным» соотношением между числом протонов и нейтронов, является нептуний  ${}_{93}^{237}$ , который испытывает неизбежный для тяжёлых ядер альфа-распад с периодом полураспада 2,25 миллиона лет.

Плутоний  ${}_{94}^{239}$  также имеет «правильное» соотношение между числом протонов и нейтронов в ядре — дальнейших превращений частиц не происходит. Плутоний  ${}_{94}^{239}$  альфа-радиоактивен, с периодом полураспада 24 110 лет. Этот металл — прекрасное ядерное горючее, энергия активации его ядра меньше, чем та энергия, которую выделяет поглощаемый ядром нейтрон. Плутоний  ${}_{94}^{239}$  отдаёт при взрыве примерно такую же энергию, как уран  ${}_{92}^{235}$ , его осколки так же «испаряют» несколько нейтронов, в среднем по 3 нейтрона на расщепившееся ядро.

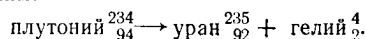
Значит, нейтрон, вылетевший из точки *A* под номером *III*, сделал в точке *B* очень полезное дело: он превратил нерасщепляющееся ядро урана  ${}_{92}^{238}$  в ядерное горючее — плутоний  ${}_{94}^{239}$ .

Значит, в урановом котле горючее не только выгорает в результате цепной реакции, но и вновь образуется. Будет ли эта прибыль горючего возмещать расход урана  ${}_{92}^{235}$ , зависит от конструкции котла<sup>1</sup>.

Образующиеся в котле продукты деления — ядра среднего веса не только очень радиоактивны. Испытывая ряд бета-распадов, они превращаются иногда в изотопы, очень жадно поглощающие нейтроны. Это приводит к добавочному, очень заметному поглощению, которое иногда может испортить работу реактора, как говорят, «отравить» его.

Особенно опасными «ядами» для реактора оказываются образующиеся в нём самарий  ${}_{62}^{149}$ , поглощающий нейтроны в 10 миллионов раз сильнее графита, и ксенон  ${}_{54}^{135}$ ,

<sup>1</sup> Любопытно, что плутоний  ${}_{94}^{239}$  даже испытывал альфа-распад, остается горючим:



поглощающий нейтроны примерно в миллиард раз сильнее, чем графит. Эти примеры показывают, что если котёл даже «производительный», то есть если в нём образуется горючего (плутония) больше, чем выгорает, всё равно стержни надо периодически вынимать и перерабатывать.

Переработка производится химически. Из вещества выделяются все образовавшиеся изотопы. Будучи ненужными для работы реактора, они представляют собой большую ценность, так как радиоактивны. Об использовании таких радиоактивных изотопов мы уже рассказывали (метод «меченых» атомов).

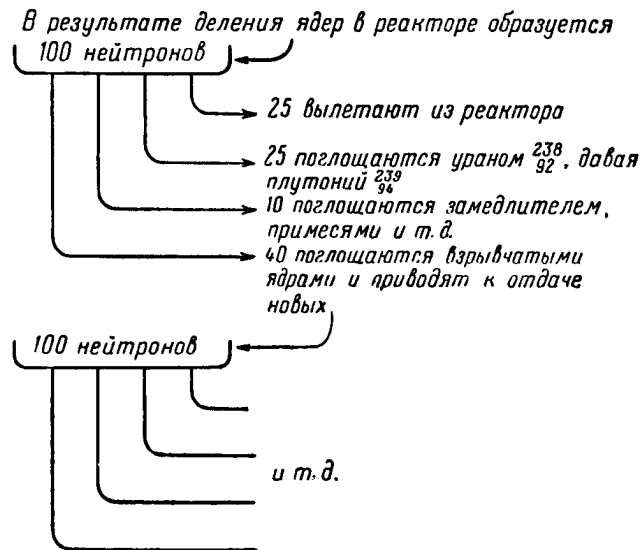
Здесь же выясняется одно преимущество плутония по сравнению с ураном  $^{235}_{92}$  — он химически отличается от урана и его можно выделять гораздо проще, чем отделять уран  $^{235}_{92}$  от урана  $^{238}_{92}$ . Искусственное ядерное горючее плутоний оказывается, таким образом, наилучшим материалом для изготовления атомных бомб.

Потеря нейтронов, вылетающих из реактора, приводит к тому, что маленький реактор не сможет работать, как не может взорваться маленькая бомба. В маленьком реакторе потеря нейтронов будет превышать их прибыль, и реактор погаснет. В зависимости от размеров стержней, расстояния между ними, сорта замедлителя размеры реактора могут меняться очень сильно. Во всяком случае реактор, в котором может поддерживаться цепная реакция, должен весить много тонн. Так, при графитовом замедлителе наименьшие возможные размеры для реакторов различной формы показаны на рис. 49 (стр. 125).

Конечно, на самом деле размеры «голового», не окружённого стенами реактора должны были быть ещё больше: реактор должен обладать «запасом» на случай возможного избыточного поглощения нейтронов продуктами деления. Однако потери нейтронов можно и несколько уменьшить. Для этого нужно окружить реактор отражателем нейтронов, который возвращал бы часть улетающих нейтронов обратно. Оказывается, что при этом размеры реактора вместе с отражателем могут стать меньше, чем размеры «голового» реактора. Размеры реактора можно также уменьшить, увеличивая в нём содержание горючего. Вместо природного урана с содержанием горючего 0,7% можно применять обогащённый уран, содержащий 10%

урана  $^{235}_{92}$ . Тем не менее вес установки остаётся большим — много тонн.

Когда размеры реактора достаточны, то в нём пойдёт цепная реакция, которая будет протекать с неизменной скоростью, если убыль нейтронов будет в точности возмещаться их прибылью. Вот примерный упрощённый баланс нейтронов в реакторе.



Потеря нейтронов как раз возмещается их прибылью, цепная реакция продолжается, не затухая. Однако в приведённом примере образование плутония лишь частично возмещает убыль горючего: на 40 взрывающихся ядер образуется 25 новых.

Управление реактором — изменение его мощности — можно производить разными способами. Можно, например, выдвигать из него или вдвигать обратно часть урановых стержней. Чаще указывают на другой способ. В реактор можно вдвигать стержни из вещества, хорошо поглощающего нейтроны (см. рис. 48). Так, например, можно использовать стержни из бористой стали или кадмия. Кадмий поглощает нейтроны примерно в 4 миллиона раз сильнее, чем тяжёлая вода, и в 800 тысяч раз сильнее

графита. Если нужно получить меньшую мощность, вводят стержень в котёл поглубже: он поглотит больше нейтронов, и скорость деления уменьшится. Чтобы получить бо́льшую мощность, стержень выдвигают обратно.

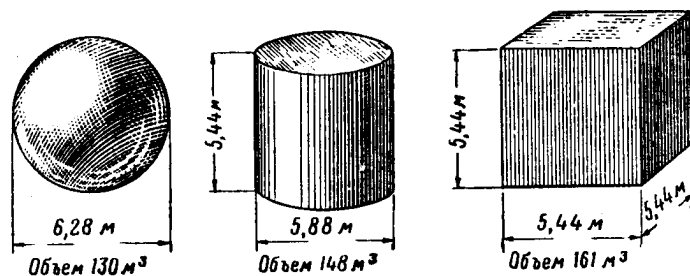


Рис. 49. Критические (наименьшие возможные) размеры реакторов на графите и природном уране различной формы

Обычно реактор снабжается несколькими кадмиевыми стержнями, способными быстро оборвать цепную реакцию при погружении в реактор. Это, конечно, не означает, что так же немедленно прекратится и выделение энергии. Ведь ядра среднего веса, образовавшиеся в результате взрывов ядерного горючего, очень радиоактивны и продолжают радиоактивный распад. Значит, и выделение энергии продолжается ещё некоторое время после прекращения цепной реакции.

Как быстро увеличивается мощность реактора после того, как кадмиевые стержни выдвинуты? Для того чтобы реактор увеличивал свою мощность, число возникающих при делении нейтронов должно превышать число поглощаемых и теряющихся. Это превышение должно быть очень небольшим.

Пусть, например, на каждую 1000 израсходованных нейтронов в реакторе появляется 1005 новых. Если учесть, что нейтрон «путешествует» в реакторе до поглощения около одной тысячной секунды, то это значит, что каждую тысячную секунды мощность реактора будет увеличиваться на 0,5%. Каждую секунду мощность реактора будет возрастать в 150 раз! Конечно, при таких темпах и речи не может быть о регулировке реактора. Спасают дело «запаздывающие» нейтроны, то есть те, которые «испаряют-

ся» из ядра не мгновенно, в момент взрыва, а позже, с запаздыванием. Число таких нейтронов составляет примерно 0,75%. Они выделяются за время от 0,6 до 80 секунд после взрыва ядра.

Запаздывание части нейтронов и приводит к тому, что увеличение мощности реактора происходит постепенно — ведь из каждой 1000 новых нейтронов 7,5 выделяются не сразу. Вот почему работой реактора можно управлять (с помощью поглотителя нейтронов — кадмия или другого). Когда достигнута нужная температура реактора, режим его работы должен быть таким, чтобы число расходуемых нейтронов в точности восполнялось их прибылью. Выдвигать стержни — поглотители нейтронов — из котла нужно с осторожностью. При этом будет уменьшаться число поглощаемых нейтронов, их «размножение» будет происходить всё быстрее. Если на 1000 расходуемых нейтронов будет выделяться 1050 новых, то нарастание мощности пойдёт с огромной скоростью: из 1050 возникающих нейтронов около 10 будут запаздывать, а 1040 будут выделяться немедленно. Каждую тысячную секунды мощность будет возрастать на 4%!

Наибольшая допустимая скорость размножения нейтронов такова: на каждую 1000 расходуемых нейтронов должно появляться 1007,5 новых нейтронов, но не больше.

Всем хорошо знакома сказка про кошелёк, из которого можно было вынимать столько денег, сколько нужно, — он всегда был готов выдать любую сумму, не истощаясь.

В некотором смысле атомный реактор похож на такой кошелёк. Он может, незначительно меняя свою температуру, отдавать столько энергии, сколько у него её отбирают. Объясняется это удивительное свойство очень просто.

Пусть, например, реактор отдаёт в секунду 10 киловатт-часов энергии. Он отдаёт её, как и всякое нагретое тело, с потоком отводимого от него тепла. Увеличим отвод тепла. Реактор, казалось бы, должен начать остывать и в конце концов погаснуть. Нет! При остывании реактора нейтроны начнут двигаться медленнее, а чем медленнее они движутся, тем легче поглощаются взрывчатыми ядрами. Значит, количество взрывающихся ядер возрастёт и реактор начнёт отдавать большую мощность — столько, сколько от него отводится. Если, наоборот, замедлить от-

вод энергии (тепла), то реактор не взорвётся, так как при повышении температуры уменьшится захват нейтронов взрывчатыми ядрами и отдача энергии уменьшится. Реактор будет отдавать столько энергии, сколько от него требуют! Чем не «волшебный кошелек»?!

#### 8. Атомные электростанции

27 июня 1954 г. войдёт в историю человечества как дата пуска первой в мире электростанции, действующей на ядерном горючем — уране. Закономерно то обстоятельство, что впервые использование атомной энергии не для целей разрушения, а для созидательной деятельности достигнуто в Советском Союзе.

Пуск первой атомной электростанции в нашей стране — важное событие в истории человечества, великая победа советской науки и техники над силами природы.

Первая электростанция на ядерном горючем имеет полезную мощность 5000 киловатт. Советские учёные и инженеры в настоящее время работают над созданием атомных электростанций мощностью 50—100 тысяч киловатт.

Согласно шестому пятилетнему плану, в 1960 году общая мощность атомных электростанций в нашей стране достигнет 2—2,5 миллиона киловатт, что примерно отвечает мощности Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций, вместе взятых. Атомные электростанции, требующие, как мы увидим дальше, очень малых количеств «топлива», будут строиться в районах страны, бедных обычными источниками энергии (углем, торфом, реками).

Познакомимся теперь с тем, как же можно использовать атомную энергию для мирных целей, в частности, для получения электрической энергии.

Урановый котёл, с которым мы познакомились, отдаёт энергию в виде тепла. Как использовать эту энергию в народном хозяйстве? В принципе так же, как используется энергия горения угля, нефти, дров. Поток тепла, отдаваемый реактором, может быть использован и для получения электрической энергии. В такой установке атомный реактор — источник тепла — будет служить «топкой»: за счёт энергии деления ядер в нём выделяется тепло. Тепло должно быть отведено от реактора и превращено в работу.

Это сложная техническая задача, которая может быть решена, например, следующим образом.

Сквозь реактор нужно провести множество трубок. По трубкам прогоняется вещество, нагревающееся в реакторе и уносящее из него тепло. Не всякое вещество пригодно

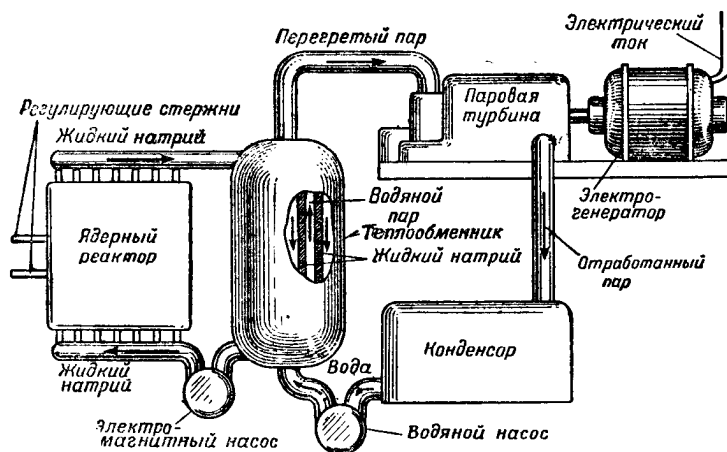


Рис. 50. Примерная схема электростанции на ядерном горючем

для этой цели. Обычная вода, заметно поглощающая нейтроны, может быть использована только в реакторах с обогащённым ураном, т. е. ураном, содержащим не 0,7% урана  $^{235}_{92}$ , а в несколько раз больше. Использование воды приводит к ещё одной трудности. Для того чтобы вода-теплоноситель не превратилась в пар, её нужно держать под очень большим давлением. Под таким же давлением должны работать и насосы, гонящие эту воду через реактор.

Можно использовать в качестве теплоносителя газы, в том числе, например гелий, который практически не поглощает нейтроны, или углекислый газ. Но для реакторов большой мощности — газы вряд ли будут применяться — они обладают малой теплоёмкостью: для отвода большего количества тепла требуется прогонять сквозь реактор очень много газа.

Для мощных реакторов, очевидно, будет применяться жидкий металл натрий. Натрий почти не поглощает ней-



тронов, у него невысокая температура плавления (97,6°). При любой мыслимой температуре реактора натрий не обращается в пар и, следовательно, натрий, в отличие от воды, не требует повышенного давления (температура кипения натрия 878°). Трудность использования натрия обусловлена его высокой химической активностью. Для того чтобы заставить жидкий натрий циркулировать, обычные насосы непригодны. Используются особые, электромагнитные насосы. По всей вероятности натрий будет широко применяться в дальнейшем в качестве охладителя реакторов.

Нагретый в реакторе до высокой температуры, теплоноситель попадает в теплообменник (см. рис. 50). В теплообменнике тепло передаётся воде, которая обращается в пар. Затем пар перегревается.

Вещество теплоносителя подвергается в реакторе действию мощного потока нейтронов и радиоактивному излучению. Поэтому это вещество само становится радиоактивным, следовательно, при отсутствии должных мер предосторожности может оказаться опасным для обслуживающего персонала. Что же касается воды, поступающей в теплообменник, и водяного пара, выходящего из него, то они уже не обладают радиоактивностью, следовательно, безопасны. Водяной пар высокой температуры, получающийся в теплообменнике, подаётся на турбину — тепло превращается в работу. Отработанный пар отводится в конденсор — охладитель, в котором пар превращается в воду и возвращается в теплообменник. Турбина соединяется с генератором, дающим электрический ток. Таким образом, атомная энергия превращается в электрическую. Часть тепла может быть использована для обогрева жилых помещений.

Атомная электростанция имеет много преимуществ по сравнению с обычной, работающей на угле или торфе. Она не загрязняет воздуха дымом и золой. Расход горючего — урана — очень небольшой: при мощности электростанции в 100 000 киловатт — около 120 грамм урана в сутки — меньше чем 11 килограммов горючего на квартал. Так как 1 кубический сантиметр урана весит 18,7 грамма, то это составляет всего 600 кубических сантиметров урана на квартал. Если реактор «производительный», то есть при работе в нём образуется плутония не меньше, чем выгорает, и завод по переработке ядерного горючего имеется

на месте, то задача доставки горючего для работы станции отпадает: что значит 600 кубических сантиметров в 3 месяца по сравнению с 34 000 кубических метров каменного угля на тот же срок!

Преимущества урана по сравнению с другими сортами горючего видны из рис. 51.

Работа на атомной электростанции сложна. Одна из самых основных трудностей состоит в следующем. Урановый котёл во время работы испускает мощный поток нейтронов и гамма-лучей, которые губительно действуют на организм. Необходима мощная защита для поглощения излучения реактора. Такой защитой служит слой графита вокруг реактора, который отражает часть нейтронов

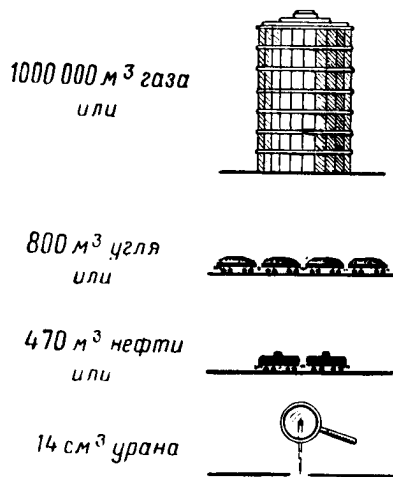


Рис. 51. Количество различных материалов, дающих одно и то же количество энергии

обратно в реактор, улучшая тем самым его качества. Далее следует слой бетона толщиной в 2—3 метра, поглощающий нейтроны и гамма-лучи. Для защиты от бета-лучей достаточен слой вещества толщиной в доли миллиметра; бета-радиоактивные вещества опасны только в том случае, если они, будучи газообразными, попадают в воздух. На атомной станции особые приборы следят за концентрацией радиоактивных веществ в воздухе и большое внимание уделяется вентиляции.

Вся работа с реактором, замена и переработка стержней урана, обладающих высокой радиоактивностью, должна производиться только с помощью приборов, управляемых на расстоянии. Схематический вид возможной атомной электрической станции показан на рис. 52.

Всё сказанное здесь, не говоря уже о трудностях расчёта и сооружения самих приборов, показывает, каким сложным делом является постройка такой электростанции.

Вся установка по использованию атомной энергии вместе с защитой от излучения столь тяжела, что пока не представляется возможным использовать атомную энер-

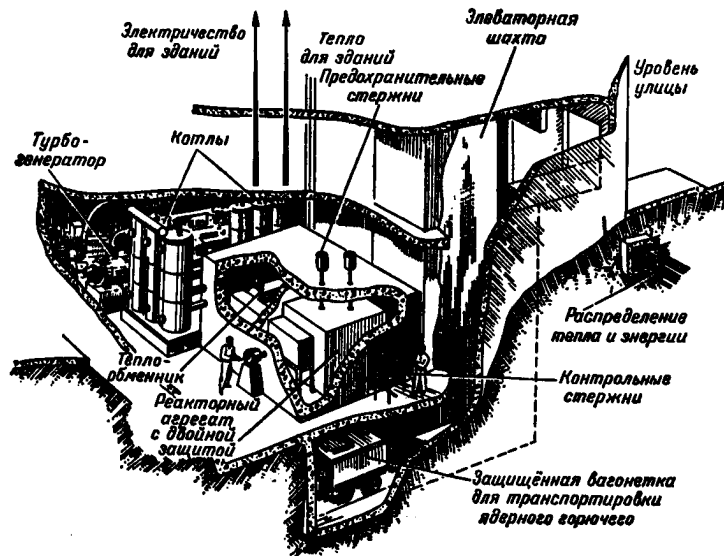


Рис. 52. Схематический вид возможной атомной электрической станции

гию на самолётах, автомобилях и т. д. Движимая атомной энергией ракета должна иметь вес тысячи тонн. Однако на больших кораблях и подводных лодках, где для защиты от нейтронов и гамма-лучей можно использовать морскую воду, в недалёком будущем появятся атомные двигатели. В Советском Союзе в шестой пятилетке будет построен мощный ледокол с атомным двигателем, способный работать без пополнения горючего 2—3 года.

Остановимся коротко на других типах ядерных реакторов, технически осуществимых.

**Реактор — паровой котёл.** В этом реакторе пластины из урана погружаются в тяжёлую воду (либо обогащённые урановые пластины — в обычную воду). Вода кипит, и получающийся пар подаётся на турбину. Такой реактор проще, чем описанный, но он обладает по сравнению с ним следующими недостатками. Образующиеся между

пластинами реактора пузыри пара будут меньше замедлять нейтроны, чем вода. Поэтому регулировка реактора окажется, вероятно, более трудной. Кроме того, пар, попадающий в турбину, будет радиоактивен, так как он образуется в самом реакторе (а не в теплообменнике) и, следовательно, подвергается облучению.

**Производительный реактор**, или, как теперь часто говорят, реактор-размножитель, отличается тем, что производит больше горючего, чем потребляет сам в процессе работы. Это — реактор на быстрых нейтронах, реактор без замедлителя. Прибор состоит из сердечника из почти чистого урана  $^{235}_{92}$  или плутония  $^{239}_{94}$ , окружённого толстым слоем природного урана. В самом сердечнике, богатом горючим, цепная реакция идёт на быстрых нейтронах. Излишек быстрых нейтронов поглощается окружающим сердечник ураном  $^{238}_{92}$ , превращающимся при этом в плутоний  $^{239}_{94}$ . Тепло для использования отводится от реактора обычным образом. Замечательно, что на каждый килограмм «выгоревшего» в сердечнике плутония в окружающем уране образуется до полутора килограммов нового плутония.

Представьте себе электростанцию, которая, сжигая вагон каменного угля, производит энергию и, кроме того, производит еще ... полтора вагона каменного угля! То, что немислимо с углём, оказалось осуществимым с ядерным горючим. Правда, оно берётся не «из ничего», а из негорючего урана (или тория → уран  $^{233}_{92}$ ). Следует учесть, также как и на других станциях, стоимость «шлака» — «выгоревших» ядер — множества разнообразных радиоактивных элементов, очень ценных для техники, медицины, биологии.

Сейчас представляется, что реакторы на быстрых нейтронах, будучи «производительными», т. е. производящими больше горючего, чем они потребляют для собственной работы, окажутся наиболее выгодными для крупных электростанций.

В настоящее время у реакторов самых различных типов предполагается «активную зону», в которой происходит цепная реакция, окружить «зоной воспроизводства» — ураном  $^{238}_{92}$  или торием (см. ниже), в которой нейтроны, вылетающие из «активной зоны», будут производить новое горючее.

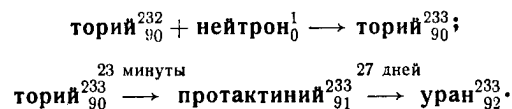
Малогобаритные реакторы, обогащённые горючим, найдут себе, вероятно, применение на транспорте — пароходах, паровозах, может быть и самолётах.

Наконец, возможны реакторы, представляющие собой однородную смесь горючего и замедлителя — например раствор соли урана (уранилсульфата или уранилнитрата) в тяжёлой воде. Достоинства таких реакторов заключаются в их чрезвычайной простоте.

Таким образом, в наши дни атомная энергия применяется и будет всё шире применяться на электростанциях различной мощности. Вырабатываемая ими электрическая энергия используется в народном хозяйстве как и энергия тепловых и гидроэлектрических станций.

Кроме энергии, такие станции могут давать большие количества самых различных радиоактивных элементов, ценность которых очень велика. О некоторых применениях этих элементов сказано выше.

Только ли уран может быть использован для получения атомной энергии? Нет, не только уран. Оказывается, торий  ${}_{90}^{232}$  (природный торий состоит целиком из этого одного изотопа) по своим свойствам похож на уран  ${}_{92}^{238}$ . Медленными нейтронами он не делится, но, поглощая нейтрон, испытывает два бета-распада:



Получающийся изотоп — уран  ${}_{92}^{233}$  — в естественных рудах отсутствует. Он оказывается прекрасным ядерным горючим.

Таким образом, для получения атомной энергии могут быть использованы металлы — уран и торий:

- уран  ${}_{92}^{235}$  — непосредственно;
- уран  ${}_{92}^{238}$  — после переработки в искусственное ядерное горючее плутоний  ${}_{94}^{239}$ ;
- торий  ${}_{90}^{232}$  — после переработки в искусственное ядерное горючее уран  ${}_{92}^{233}$ .

Может быть, можно изготовить и другие тяжёлые элементы, также пригодные для добычи атомной энергии. Однако уже торий и уран могут обеспечить потребность человечества в энергии на многие столетия.

Кроме того, на очереди практически ещё не использованная возможность добычи атомной энергии — соединение, синтез лёгких ядер. К сожалению, ещё не известны пути использования синтеза лёгких ядер для добычи атомной энергии в мирных целях. Пока что удалось добиться высвобождения этой энергии лишь в виде мощного взрыва водородной бомбы. Задача найти способы управления реакцией синтеза лёгких ядер поставлена перед советской наукой. Нет никакого сомнения в том, что эта задача будет успешно решена и наша страна будет располагать неисчерпаемым источником энергии.

### 9. Термоядерные реакции и водородная бомба

При соединении лёгких ядер в ядро большего размера на каждую ядерную частицу выделяется много больше энергии, чем при расщеплении тяжёлых ядер, как это сразу видно из рис. 37. Как же можно осуществить синтез лёгких ядер?

Ядра могут соединиться под действием сил ядерного притяжения тогда, когда расстояние между ними будет так мало, что ядерные силы уже будут действовать. А мы знаем, что радиус действия ядерных сил меньше  $10^{-12}$  сантиметра, то есть меньше одной десятитысячной от диаметра атома. Зато и на этих, и на любых больших расстояниях между ядрами действуют силы электрического отталкивания. Эти-то силы отталкивания и надо преодолеть для того, чтобы сблизить ядра на расстояние действия ядерных сил. Значит, для сближения ядер надо произвести работу против электрических сил отталкивания, потратить энергию. Эта необходимая энергия будет, конечно, тем меньше, чем меньше отталкивание между ядрами, которые мы хотим соединить. Значит, ядра должны обладать наименьшим возможным электрическим зарядом, т. е. это должны быть водородные ядра. Как же сообщить водородным ядрам нужную энергию? И притом не одному или другому, а всем ядрам, которые мы хотим соединить? Для этого нужно водород нагреть и притом до очень высокой

температуры. Чем выше будет температура водорода, тем быстрее будут двигаться его ядра — протоны (электроны уже давно будут потеряны). При высокой температуре энергия водородных ядер будет достаточной, чтобы, преодолев силы электрического отталкивания, сблизиться со встречным ядром и слиться с ним.

Расчёт показывает, что даже для наиболее легко сближаемых водородных ядер необходимы температуры в десятки миллионов градусов.

Реакции соединения лёгких ядер при высокой температуре называют *термоядерными реакциями*.

Достаточно высокую температуру можно получить при взрыве обычной атомной бомбы. Если сопоставить энергии осколков, разлетающихся при взрыве атома урана или плутония, соответствующую температуру, то окажется, что «температура» осколков равна сотням миллиардов градусов.

До сих пор не известны способы сохранения в течение длительного времени таких температур. Поэтому и задача управляемого выделения энергии синтеза лёгких ядер ещё не решена. Не исключено, однако, что для регулируемого выделения энергии синтеза лёгких ядер будут использованы иные методы, не требующие таких колоссальных температур.

В настоящее время удалось осуществить термоядерные реакции лишь в виде гигантских взрывов водородных бомб (рис. 53).

В водородных бомбах температура, необходимая для возникновения термоядерной реакции, получается за счёт взрыва обычной атомной бомбы.

Не следует думать, что в водородной бомбе используется обычный водород — протий. Он здесь непригоден.

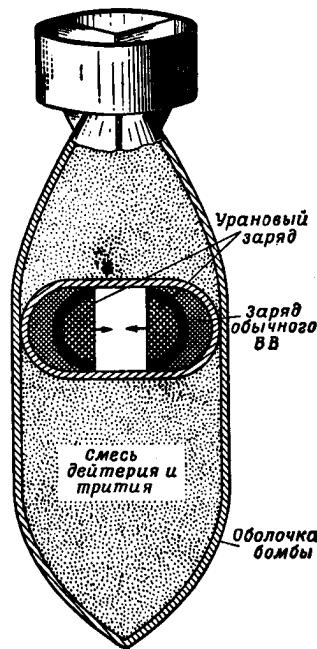
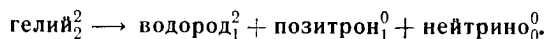


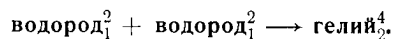
Рис. 53. Схема водородной бомбы

Выше мы видели, что термоядерные реакции в звездах, при которых протий превращается в гелий, идут весьма медленно, хотя в этих реакциях принимают участие «помощники» — углерод и азот.

Соединение двух протонов достаточной энергии (чтобы преодолеть отталкивание) хотя и не исключено, но весьма маловероятно, так как при этом образуется неустойчивое ядро гелия<sup>2</sup><sub>2</sub>, которое должно ещё испытать позитронный распад:

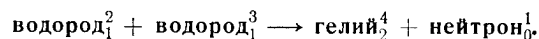


Гораздо более вероятной является реакция образования гелия из дейтерия, т. е. водорода<sup>2</sup><sub>1</sub>:



Выделяющаяся при этом энергия колоссальна: 24 миллиона электрон-вольт на каждое образовавшееся ядро гелия. Эта энергия отдаётся с излучением, испускаемым при слиянии водородных ядер.

Однако легче всего происходят реакции, в которых выделяемая энергия отдается не с излучением, а уносится тяжёлой частицей. Такова реакция соединения тяжёлого и сверхтяжёлого изотопов водорода — дейтерия и трития (водорода<sup>3</sup><sub>1</sub>):



Мы уже указывали, что после взрыва атомной бомбы в области взрыва возникает искусственная радиоактивность, вызываемая поглощением нейтронов воздухом и почвой. Действие этой радиоактивности можно значительно усилить, если оболочку атомной или водородной бомбы изготовить из кобальта.

Ядро атома кобальта, поглощая нейтрон, становится бета-радиоактивным с периодом полураспада 5,3 года. Этот радиоактивный кобальт может после взрыва бомбы произвести заражение местности в очень большом радиусе.

Радиоактивный кобальт широко используется в Советском Союзе, но не как продукт взрыва бомбы для



уничтожения всего живого вокруг, а как источник гамма-лучей для лечения рака, предупреждения гниения и прорастания хранящихся овощей, в технике и т. д.

---

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Б**ыло время, когда говорили, что физика — это техника завтрашнего дня. Теперь это неверно. Физика — это не только наука, изучающая мир, это основа техники сегодняшнего дня.

Раскрывая тайны атомного мира, учёные открывают перед человечеством необъятные возможности дальнейшего технического прогресса.

Умение управлять электронами позволяет нам слышать и видеть на огромных расстояниях, видеть в темноте.

Знание строения электронной оболочки атомов позволило разобраться в том, как ведут себя атомы, соединяясь друг с другом.

Изучение света позволило построить приборы, очень быстро измеряющие температуру кипящего металла, определять ничтожные примеси содержащихся в металле других элементов.

С помощью рентгеновых и гамма-лучей просвечивают огромные детали машин, обнаруживая в них раковины и трещины.

Изучение ядра привело к открытию и использованию атомной энергии. Нет другого источника, который позволил бы получать такие количества энергии, какие выделяются при ядерных превращениях.

Огромны возможности применения искусственной радиоактивности. Искусственными радиоактивными элементами лечат рак. Искусственные радиоактивные элементы позволяют решить множество задач в биологии и медицине, неразрешимых другими способами.

Всё это лишь немногие примеры практического применения наших знаний о мире атома.

**Физика — мощное оружие.**

В Советском Союзе физика служит интересам народа. Вместе со всей наукой она является оружием в борьбе за повышение производительности труда, в борьбе за построение коммунизма. Неустанная забота Коммунистической партии и Советского правительства о развитии естественных, технических и общественных наук, передовая материалистическая философия, которой руководствуются наши учёные, — всё это способствует мощному развитию физики в нашей стране. Достижения физики, новейшие открытия учёных в области строения атома ещё и ещё раз подтверждают правильность материалистических взглядов на развитие природы, позволяют нам овладеть силами природы на пользу человека.

Советские физики и инженеры в кратчайшие сроки овладели труднейшей техникой получения и использования атомной энергии, производства атомного и термоядерного оружия. В настоящее время наша страна имеет атомное и термоядерное оружие различных типов и калибров. В руках советского народа это мощное оружие служит надёжным залогом мира.

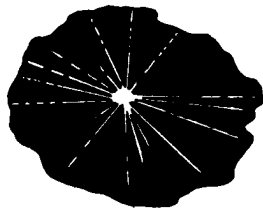
Обладая атомным и термоядерным оружием, Советский Союз последовательно и настойчиво борется за запрещение любого оружия массового поражения, в том числе и атомного и термоядерного. Советские учёные и инженеры целеустремлённо и настойчиво работают над тем, чтобы заставить атомную энергию служить мирным целям. Стремясь содействовать развитию международного сотрудничества в области использования атомной энергии в мирных целях, Советское правительство оказывает научно-техническую и производственную помощь другим государствам в создании научно-экспериментальных баз для развития исследований в области ядерной физики и использовании атомной энергии для мирных целей.

В марте 1956 г. в Москве состоялось международное совещание по вопросу об организации Объединённого института ядерных исследований. Признавая необходимость сотрудничества различных стран в теоретических и экспериментальных исследованиях в области ядерной физики с целью расширения возможностей использования атомной энергии в мирных целях, полномочные представители стран, принявших участие в совещании, заключили соглашение, которым предусматривается учреждение международной научно-исследовательской организации под на-

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

званием «Объединённый институт ядерных исследований»  
с месторасположением в СССР.

Великое достижение науки будет поставлено на службу миру и прогрессу, чтобы создать изобилие материальных благ и обеспечить всем людям счастливую жизнь.



Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

---

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

	<i>Стр.</i>
<b>Введение</b> . . . . .	3
<b>Глава I. Молекулы и атомы</b> . . . . .	5
1. Молекулы . . . . .	—
2. Атомы . . . . .	7
<b>Глава II. Строение атомов</b> . . . . .	12
1. Составные части атомов . . . . .	—
2. Электрон . . . . .	17
3. «Атомная артиллерия» . . . . .	21
4. Строение атома . . . . .	26
5. Что такое свет . . . . .	29
6. Линейчатые спектры . . . . .	36
7. Как происходит излучение света . . . . .	37
8. Электронная оболочка и периодический закон Менделеева . . . . .	43
<b>Глава III. Атомное ядро</b> . . . . .	45
1. Радиоактивные превращения . . . . .	—
2. Изотопы и изобары . . . . .	46
3. Цепочки радиоактивных превращений . . . . .	51
4. Как можно видеть радиоактивный распад . . . . .	54
5. Искусственное превращение элементов . . . . .	60
6. Нейтрон . . . . .	62
7. Из чего построены ядра атомов . . . . .	64
<b>Глава IV. Ядерные превращения</b> . . . . .	65
1. Обозначение и массы изотопов . . . . .	—
2. Масса и энергия . . . . .	67
3. Дефект массы. Атомная энергия . . . . .	68
4. Превращение элементарных частиц . . . . .	71
5. Искусственная радиоактивность . . . . .	82
6. «Меченые» атомы . . . . .	86

	<i>Стр.</i>
Глава V. Атомная энергия . . . . .	91
1. Водород — источник энергии Солнца . . . . .	—
2. Возможные источники атомной энергии . . . . .	97
3. Капельная модель ядра . . . . .	101
4. Как происходит деление тяжёлых ядер . . . . .	105
5. Как вызвать деление ядра . . . . .	109
6. Цепная реакция. Атомная бомба . . . . .	112
7. Урановый котёл . . . . .	118
8. Атомные электростанции . . . . .	127
9. Термоядерные реакции и водородная бомба . . . . .	134
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>137</b>



**Зисман Гирш Абрамович**  
**Мир атома**

Редактор *Кокосов Б. В.*  
Технический редактор *Коновалова Е. К.*  
Корректор *Корзинкина Г. В.*

---

Сдано в набор 22.2.56.  
Подписано к печати 12.7.56  
Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup>  
—4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> печ. листа = 7,36 усл. печ. л.  
7,082 уч.-изд. л.  
Г-22622.

Военное Издательство  
Министерства Обороны Союза ССР  
Москва, Тверской бульвар, 18.  
Изд. № 4/8847 Зак. 984

---

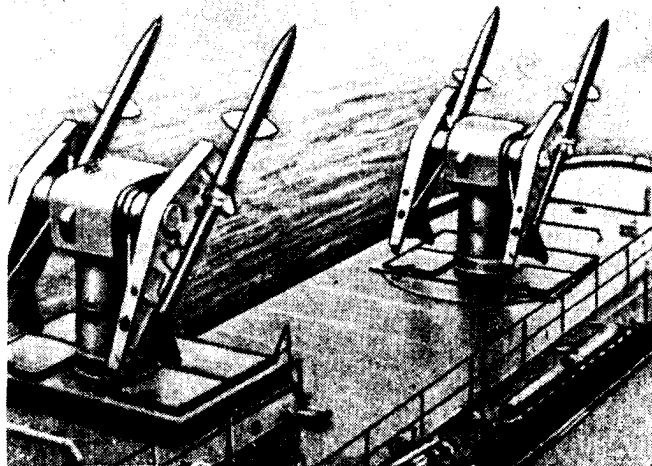
Набрано в 7-й типографии  
Управления Военного Издательства  
Министерства Обороны Союза ССР  
Отпечатано в 1-й типографии  
имени С. К. Тимошенко  
Управления Военного Издательства  
Министерства Обороны Союза ССР

*Цена 2 р. 15 к.*

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

**Цена 2 руб. 15 коп.**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9



**РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ**  
*Капиталистических*  
*стран*

**ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОВЕТА ССР  
МОСКВА — 1967**



Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

# РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАН

(ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕЧАТИ)

*ОБЗОР СОСТАВЛЕН  
КОЛЛЕКТИВОМ АВТОРОВ  
ПОД РУКОВОДСТВОМ  
УРЮПИНА Д. А.*

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
МОСКВА — 1957

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

Настоящая книга, написанная на основании сведений, помещенных в открытой иностранной печати, естественно, не может полностью отражать состояние реактивного оружия в капиталистических странах и требует критического подхода к фактическому материалу. Кроме того, быстрое развитие реактивного оружия не позволяет достаточно своевременно освещать этот вопрос. Однако помещаемые в ней сведения, имея популярный характер, будут полезны советскому военному читателю, не являющемуся специалистом.

Книга рассчитана главным образом на офицеров Военно-Морского Флота, на слушательский состав академий и курсантов военно-морских учебных заведений, но ею могут также пользоваться соответствующие категории военных читателей других видов Вооруженных Сил.

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

## ВВЕДЕНИЕ

Еще в древности знали о возможности использования силы реакции, возникающей при истечении газа или жидкости через отверстие в сосуде. Однако в течение продолжительного времени реактивные двигатели оставались по существу в начальной стадии своего развития. Только в конце XVIII в. и начале XIX в. появился интерес к реактивному оружию — пороховым ракетам. Именно к этому периоду относятся работы в области реактивного оружия Конгрева в Англии, А. Д. Засядко и К. И. Константинова в России.

Так, уже во время русско-турецкой войны 1828—1829 гг. в боевых действиях на море и на Дунае принимали участие русские корабли, вооруженные ракетами Засядко. Ракеты Константинова применялись при обороне Севастополя в 1854—1855 гг.

В 1862 г. Константинов сконструировал для флота спасательную ракету, позволявшую подавать трос на аварийный корабль.

К. А. Шильдер построил подводную лодку, впервые вооруженную боевыми ракетами.

Изобретатель А. И. Шпаковский, работая в кронштадтских минных мастерских, создал в конце 70-х годов прошлого столетия первую в мире реактивную торпеду.

Все же эти работы не выходили за рамки опыта и касались главным образом пороховых ракет. Кроме того, быстрое развитие артиллерии на рубеже XX в., сопровождающееся резким повышением ее боевых свойств, заставило временно отказаться от применения реактивного оружия, которое по тактическим свойствам значительно уступало артиллерийскому (особенно в точности и дальности).

Настоящим скачком в развитии реактивных двигателей было появление работ К. Э. Циолковского («Ракета в космическое пространство», 1903 г., и другие). Им же в даль-

нейшем была создана советская школа ученых-энтузиастов, занимающихся теоретическими и практическими вопросами реактивного движения. Среди них можно выделить В. А. Артемьева, Н. И. Тихомирова, Ю. В. Кондратьюка, Ф. А. Цандера и многих других.

За границей начиная с 1910—1912 г. также велись экспериментальные работы по созданию ракет. Наибольших успехов там добились Оберт (Германия) и Годдардт (США).

В этот период появилось большое количество ракет различных образцов и типов. В частности, впервые были созданы ракеты с двигателями, работающими на жидком горючем и окислителе. Высота, дальность, скорость и грузоподъемность ракет значительно возросли. Отдельные типы ракет могли достигать стратосферы и использовались для научных целей.

Одновременно с этим в ряде стран велись работы и по созданию боевых ракет. В частности, в боевых действиях на Халхин-Голе впервые в мире был применен реактивный авиационный снаряд.

К началу Великой Отечественной войны советские ученые и конструкторы создали несколько типов реактивных снарядов, поступивших на вооружение не только авиации, но и наземных войск и некоторых кораблей Военно-Морского Флота. Мощные залпы «катюш», выпускаемые со специальных стартовых устройств, установленных на автомашинах, кораблях и самолетах, наносили фашистским войскам тяжелые потери в живой силе и технике. Внезапное и массированное использование этого мощного вида оружия обеспечивало высокую боевую эффективность его применения.

Реактивное оружие в период второй мировой войны было применено и другими странами. Так, в Германии по типу наших «катюш» были созданы сначала шести-, а позднее восьмиствольные реактивные минометы, которые устанавливались на танках и бронетранспортерах. Однако мощность залпа этих минометов была значительно ниже наших «катюш».

К концу войны в нескольких странах были созданы реактивные снаряды для борьбы с танками. Дальность полета этих снарядов была невелика (50—150 м), но воздействие на танк — сильное. Устройство для выпуска снаряда — труба с прицельным и стреляющим приспособлением — было настолько легким, что носилось одним бойцом.

Помимо указанных видов реактивного оружия на твердом топливе (порохе), обладающих фугасным, осколочным или бронепрожигающим действием, во второй мировой войне были применены реактивные снаряды с воздушно-реактивными и жидкостными реактивными двигателями, тактические характеристики и особенно дальность полета этих снарядов были значительно выше, чем у реактивных снарядов с пороховыми двигателями. Так, для обстрела Лондона немцы применили подобные реактивные снаряды типа V-1 и V-2; в головных частях снарядов помещался мощный заряд взрывчатого вещества. Для запуска этих реактивных снарядов применялись специальные, довольно громоздкие, стартовые сооружения.

Для обеспечения попадания в цель первых образцов реактивных снарядов с пороховыми двигателями, обладавших сравнительно небольшой дальностью полета, им придавалось соответствующее направление при выстреле (путем изменения угла возвышения и азимута направляющих рельс или стволов). Вполне естественно, что для попадания в цель реактивных снарядов с двигателями, работающими на жидком топливе и обладающими весьма значительной дальностью полета, возникла необходимость наведения их на цель, т. е. управления этими снарядами в процессе полета.

Для управления полетом реактивных снарядов типа V-1 и V-2 применялись специальные приборы управления, связанные с двумя гироскопическими системами. Эти системы, связанные в свою очередь через силовые устройства с рулями высоты и направления, удерживали ракету на заданной траектории.

США в боевых действиях на море против японских кораблей применяли (правда очень ограниченно) управляемые авиабомбы X-4. Управление производилось по проводам. Для поражения воздушных целей был создан зенитный управляемый реактивный снаряд «Литл Джо», а для поражения наземных целей самолетами — неуправляемый реактивный снаряд M-8, несколько модификаций снаряда AR, HVAR, «Тайни Тим», KSD-1 «Горгойл».

Японцы против американских надводных кораблей применяли реактивный снаряд «Бака», управляемый человеком-самоубийцей («камикадзе»). Хотя этот снаряд и не может рассматриваться как образец управляемого реактивного оружия, так как в нем отсутствовал основной элемент управляемого оружия — автоматическая система наведения

снаряда,— его существование свидетельствует о попытке японцев создать управляемое реактивное оружие.

В Англии для поражения воздушных целей применялся неуправляемый реактивный снаряд Z.

Развитию реактивного оружия стали уделять большое внимание во многих странах и особенно в США сразу же после второй мировой войны.

Уже в то время военные специалисты и инженеры США детально изучали немецкие реактивные снаряды и создавали подобные им образцы на своих заводах.

Накопив достаточный опыт в конструировании, строительстве и испытании этих снарядов, в США было развернуто производство собственных образцов управляемого реактивного оружия, предназначенного для решения различных боевых задач.

В настоящее время ведутся работы по дальнейшему совершенствованию реактивного оружия.

---

### БОЕВЫЕ КАЧЕСТВА РЕАКТИВНОГО ОРУЖИЯ

В различных войнах в зависимости от боевых свойств оружия и его носителей, обусловливаемых уровнем развития науки и техники, изменялась и их роль в боевых действиях.

Роль того или иного вида оружия в боевых действиях на море можно в некоторой степени определить по количеству кораблей, уничтоженных этим оружием с учетом обстановки боевых столкновений (бой в море, в прибрежном районе, переход морем и т. п.), а также характера морского (или океанского) театра военных действий.

Особенно показательно изменение роли корабельной артиллерии<sup>1</sup> крупных калибров в боевых действиях на море за последние полвека (табл. 1). Если в русско-японской войне она, бесспорно, играла главную роль, то в первой мировой войне артиллерия уступила первое место торпедо, как оружию уничтожения крупных кораблей, хотя и не утра-

Таблица 1  
Потери крупных боевых кораблей в период русско-японской первой и второй мировых войн от различных видов оружия (в процентах)

Войны	Виды оружия					
	Артиллерия	Торпеды	Авиационные бомбы	Мины	Совместное использование различных видов оружия	Неустановленные и прочие причины
Русско-японская 1904—1905 гг.	70,5	3,7	—	11,1	—	14,7
Первая мировая 1914—1918 гг.	26,1	39,1	—	19,6	—	15,2
Вторая мировая 1939—1945 гг.	11,0	39,4	15,7	1,2	32,7	—

<sup>1</sup> Здесь и далее речь идет только об артиллерии крупных калибров (152 мм и выше).

тила своего значения в условиях боя в море. Во второй мировой войне морская артиллерия заняла уже третье место после торпед и авиационных бомб. Даже в условиях боя в море главную роль в этой войне играло уже не артиллерийское оружие, а оружие авиации и подводных лодок. Уничтожение же и повреждение кораблей в базах, за редким исключением, было прямым следствием применения авиационного оружия.

Особенностью второй мировой войны в смысле влияния условий театров военных действий на роль боевых средств явилось существенное снижение роли минного оружия как средства уничтожения крупных кораблей, так как боевые действия на море велись в основном на открытых глубоководных театрах, затруднявших применение мин.

Иностранцы военные теоретики считают, что из-за снижения роли артиллерии в боевых действиях на море крупные артиллерийские корабли из главных сил флота превратились в силы, обеспечивающие боевые действия носителей других боевых средств. Так, например, во время второй мировой войны и особенно в конце ее артиллерийские корабли (линейные корабли, крейсера) использовались главным образом для обеспечения авианосных и десантных сил. В связи с бурным ростом авианосной авиации сближение корабельных соединений в море настолько затруднилось, что артиллерийские бои, как правило, стали проводиться только тогда, когда исключалась возможность действий авиации (нелетная погода, ночь и т. п.). Бои в море в обычных условиях стали проходить на дистанциях в 100 миль и более и в целом ряде случаев начинались и заканчивались только ударами авиации.

Основными причинами, обусловившими превращение артиллерии из главного вида боевых средств в средство обеспечения боевой деятельности носителей других видов оружия, можно считать следующие.

1. Возможность широкого применения в бою в море авиации позволила резко увеличить дистанцию боя. В частности, в период второй мировой войны бои проходили на следующих (примерных) дистанциях:

Бой в Коралловом море (8 мая 1942 г.) . . .	180--100 миль
Бой у о. Мидуэй (4 июня 1942 г) . . . . .	300 "
Бой у Соломоновых островов (24 августа 1942 г.) . . . . .	200 "
Бой, в котором был уничтожен японский линейный корабль „Ямато“ (7 апреля 1945 г.) . . . . .	250--200 "



По кораблям в базах и по береговым объектам авианосная авиация наносила удары с расстояний:

Удар англичан по Таранто (11 ноября 1940 г.) . . . . .	150—100 миль
Удар японцев по Пирл-Харбору (7 декабря 1941 г.) . . . . .	200 "
Удар американцев по японским кораблям в базах Внутреннего моря (1945 г) . .	250—200 "

Таким образом, во время второй мировой войны в морских боях и при нанесении ударов авианосной авиацией по береговым объектам и кораблям в базах дистанции между противниками равнялись примерно 200 милям. Корабельная же артиллерия могла вести огонь по кораблям в море и береговым объектам только с расстояния около 18—22 миль. Поэтому в тех случаях, когда можно было использовать авиацию (летная погода, день и т. п.), бои, естественно, велись на весьма больших дальностях, и сближение сторон до дистанций артиллерийского боя становилось практически невозможным.

Следовательно, первой причиной снижения роли артиллерии в боевых действиях на море явилась *недостаточная для современных условий дальность ее действия* и отсутствие реальных возможностей ее резкого увеличения.

2. Благодаря специфическим свойствам артиллерии — большому весу артиллерийских орудий и большой силе отдачи при выстреле — крупные калибры ее могли быть использованы только на кораблях большого водоизмещения и размеров, постройка которых требует значительного времени и больших затрат. Потери же в этих кораблях во время войны трудно восполнимы. С другой стороны, боевые средства, роль которых оказалась гораздо значительнее роли артиллерии (например, торпеда), применялись в основном такими носителями, как самолеты, подводные лодки, малые надводные корабли. Они гораздо более многочисленны и дешевле, потери в них легче восполнимы, чем потери в крупных артиллерийских кораблях, и, кроме того, они обладают целым рядом положительных тактических качеств, не свойственным крупным надводным кораблям — большой скоростью, маневренностью, способностью к быстрому сосредоточению (авиация, торпедные катера) или большими скрытностью и автономностью (подводные лодки).

Иначе говоря, вторая причина снижения роли артиллерии в боевых действиях на море — *узость круга носителей этого оружия и сравнительно низкие тактические элементы*

*носителей* по сравнению с более современными и быстро прогрессирующими носителями других боевых средств.

3. Эффективность воздействия на цели такими видами оружия, как авиационные бомбы и особенно торпеды, намного выше, нежели артиллерийских снарядов. Это позволяет решать задачу уничтожения крупных кораблей значительно меньшим числом попаданий торпед и авиационных бомб по сравнению с числом попаданий артиллерийских снарядов крупных калибров.

Средний процент попаданий в крупные надводные корабли во второй мировой войне был равен: для артиллерии (крупнокалиберной) 3,6%, для торпед около 15% и для авиационных бомб около 7%.

Таким образом, третьей причиной снижения роли артиллерии как средства морского боя являлась *ее малая эффективность при решении задачи уничтожения крупных надводных кораблей* по сравнению с эффективностью торпедного и бомбового оружия.

Анализ боевых действий на море показывает, что роль того или иного вида оружия в современных условиях определяется следующими основными факторами:

- а) универсальностью оружия;
- б) дальностью действия;
- в) эффективностью применения;
- г) влиянием метеорологических условий на возможности применения оружия;
- д) боевыми возможностями носителей оружия.

Рассмотрим кратко боевые свойства управляемого реактивного оружия в соответствии с указанными фактами.

### Универсальность

Под универсальностью оружия понимается возможность применения его широким кругом носителей против самых различных целей (табл. 2).

Так, в боевых действиях на море в современных условиях крупнокалиберной артиллерией, обладающей довольно большой разрушительной силой, могут быть вооружены только крупные корабли (линейные корабли, крейсера) и батареи береговой обороны. Торпедное оружие может быть использовано с небольших надводных кораблей (например, торпедных катеров), подводных лодок и самолетов. Авиационные бомбы являются специфическим оружием авиации.

Таблица 2

**Возможность применения различных видов оружия в боевых действиях на море различными носителями против различных целей**

Вид оружия	Носители оружия	Род цели
Артиллерия	Надводные корабли Береговые батареи	Надводные корабли Береговые объекты Самолеты
Торпеды	Надводные корабли (крейсера, эскадренные миноносцы, торпедные катера, сторожевые ко- рабли) Самолеты (авианос- ные и берегового бази- рования) Подводные лодки Береговые установки	Корабли
Авиационные бомбы	Самолеты (авианос- ные и берегового бази- рования) Вертолеты	Корабли Береговые объекты
Управляемые ре- активные сна- ряды	Надводные корабли Самолеты (авианос- ные и берегового бази- рования) Подводные лодки Береговые установки Вертолеты	Корабли (надводные и подводные) Береговые объекты Самолеты и УРС

В отличие от указанных видов оружия управляемыми реактивными снарядами могут быть вооружены все классы надводных кораблей, подводных лодок, самолетов, а также береговые батареи.

Такая универсальность достигается тем, что для запуска этих снарядов нужны довольно легкие и простые устройства. Обеспечивается это тем, что движение снаряда происходит не в результате воздействия на него пороховых газов в канале орудия, как это имеет место в артиллерии, а в результате работы реактивного двигателя самого снаряда. Вследствие указанных причин устройства для запуска

снарядов не испытывают больших усилий, не воспринимают силы отдачи и могут быть конструктивно выполнены значительно легче и проще артиллерийских орудий.

С другой стороны, универсальность управляемых реактивных снарядов заключается еще и в том, что они могут быть использованы для поражения весьма различных целей, в то время как обычные виды оружия предназначаются для поражения ограниченного рода целей. Так, например, торпеды предназначены для поражения только морских целей — кораблей и транспортов; авиационные бомбы — для поражения морских и береговых целей. Управляемые же реактивные снаряды могут поражать береговые, воздушные, надводные и подводные морские цели.

В зависимости от рода носителя и рода цели, для поражения которых предназначаются управляемые реактивные снаряды, они в настоящее время, по принятой в большинстве зарубежных стран американской классификации, делятся на четыре класса:

«земля — земля» — снаряды, предназначенные для вооружения кораблей и береговых батарей и служащие для поражения морских и наземных (береговых) целей;

«земля — воздух» — снаряды, предназначенные для вооружения кораблей и береговых батарей и служащие для поражения воздушных целей;

«воздух — земля» — снаряды, предназначенные для вооружения самолетов и вертолетов и служащие для поражения морских и наземных целей;

«воздух — воздух» — снаряды, предназначенные для вооружения самолетов и служащие для поражения воздушных целей.

Попутно следует заметить, что в США все реактивные снаряды имеют обозначение, состоящее из нескольких букв, определяющих класс снаряда, вид войск, по заказу которого он разработан, и номер образца снаряда.

У реактивных снарядов армии и военно-морских сил США первыми тремя буквами обозначается класс, или подкласс снаряда (табл. 3). Четвертой буквой, обозначающей род войск, по заказу которого произведена разработка данного образца снаряда, могут быть А — армия (Army) и N — флот (Navy).

Реактивные снаряды военно-воздушных сил США имеют несколько иное обозначение: буква, обозначающая принадлежность заказа по роду войск, отсутствует, а имеющиеся

Таблица 3

## Буквенное обозначение управляемых реактивных снарядов, принятое в армии и военно-морских силах США

Класс снаряда	Обозначение	Подкласс снаряда	Обозначение	Назначение
„Земля — земля“	SSM	„Земля — земля“	SSM	Стрельба с наземных устройств по наземным целям
		„Земля — корабль“	SSM	Стрельба с наземных устройств по надводным кораблям
		„Корабль — корабль“	SSM	Стрельба с кораблей по надводным кораблям
		„Корабль — земля“	SSM	Стрельба с кораблей по наземным (береговым) целям
		„Корабль — подводная лодка“	SUM	Стрельба с кораблей по подводным лодкам, находящимся в подводном положении
		„Подводная лодка — корабль“	USM	Стрельба с подводной лодки по надводным кораблям
		„Подводная лодка — земля“	USM	Стрельба с подводной лодки по наземным целям

Продолжение

Класс снаряда	Обозначение	Подкласс снаряда	Обозначение	Назначение
„Воздух — земля“	ASM	„Воздух — земля“	ASM	Стрельба с самолетов по наземным целям
		„Воздух — корабль“	ASM	Стрельба с самолетов по надводным кораблям (и подводным лодкам в надводном положении)
		„Воздух — подводная лодка“	AUM	Стрельба с самолетов по подводным лодкам в подводном положении
„Земля — воздух“	SAM	„Земля — воздух“	SAM	Стрельба с наземных устройств по воздушным целям
		„Корабль — воздух“	SAM	Стрельба с надводных кораблей по воздушным целям
		„Подводная лодка — воздух“	UAM	Стрельба с подводных лодок (в подводном положении) по воздушным целям
„Воздух — воздух“	AAM	„Воздух — воздух“	AAM	Стрельба с самолетов по самолетам и УРС

две или три буквы определяют назначение снаряда (табл. 4). Цифры, как и в первом случае, обозначают номер образца снаряда.

Таблица 4

**Буквенное обозначение управляемых реактивных снарядов,  
принятое в военно-воздушных силах США**

Класс снаряда	Обозначение	Назначение
„Земля — земля“	TM	Поражение целей, находящихся в оперативно-тактической глубине
„Земля — земля“	SM	Поражение стратегических целей, находящихся на удалении более 1000 км
„Воздух — земля“	GAM	Поражение наземных и морских целей
„Земля — воздух“	JM	Перехват воздушных целей
„Воздух — воздух“	GAR	Поражение воздушных целей

После буквенных и цифровых обозначений снаряда в обоих случаях, как правило, дается его условное наименование.

#### Дальность действия

Дальность действия — важнейшее боевое качество оружия, одно из основных его тактических свойств. Сторона, имеющая оружие с большей дальностью действия, чем ее противник, может выбирать наиболее целесообразную дистанцию боя, наносить удары по противнику, не подвергаясь воздействию его оружия, наносить упреждающие удары.

Так, боевые свойства современной крупнокалиберной артиллерии, установленной на крупных кораблях (линейных кораблях, крейсерах), позволяют вести бой на дистанциях 25—40 км (13,5—22 мили). Дальность применения торпедного оружия различными кораблями колеблется в пределах 1—10 км (0,5—5,5 мили). Дальность применения авиационных бомб и торпед в значительной мере зависит от высоты бросания.

Дальность применения современных образцов управляемых реактивных снарядов может лежать в пределах от нескольких километров до нескольких тысяч километров, что намного превосходит дальность действия всех существующих видов оружия.

В зависимости от дальности действия управляемые реактивные снаряды за границей в настоящее время различают:

а) управляемые реактивные снаряды ближнего действия, предназначенные для поражения целей, находящихся на расстоянии от нескольких километров до нескольких десятков километров;

б) управляемые реактивные снаряды дальнего действия, предназначенные для поражения объектов, находящихся на расстоянии нескольких сотен километров;

в) межконтинентальные управляемые реактивные снаряды и баллистические ракеты, предназначенные для поражения объектов, находящихся на расстоянии нескольких тысяч километров.

Большие дальности полета управляемых реактивных снарядов обеспечиваются благодаря применению в них собственных двигателей. Сама по себе дальность полета снаряда самоцелью быть не может. Во всех случаях должны быть обеспечены достаточно высокие вероятности попадания в цель при применении его во всем диапазоне дальностей. Высокие вероятности попадания управляемых реактивных снарядов в различного рода морские, воздушные или наземные цели достигаются за счет применения систем управления полетом УРС, весьма различных по назначению, принципам действия и техническому оформлению. Сложность решения задач управления полетом снаряда определяет собой значительную сложность систем управления, включающих, как правило, бортовые средства снаряда, комплекс приборных средств носителя, а также комплексы средств обеспечения.

Двигатели управляемых реактивных снарядов в принципе могут быть разделены на две резко отличных группы: двигатели, способные работать только в пределах земной атмосферы, т. е. те, в которых сгорание горючего обеспечивается за счет использования кислорода воздуха, и двигатели, не зависящие от наличия атмосферы, способные работать и в безвоздушном пространстве (ракетные). Двигатели этой второй группы используют для работы запас окислителя, находящийся на борту снаряда.



К первой группе двигателей относятся распространенные в современной авиации турбореактивные двигатели (ТРД), прямоточные (ПВРД) и пульсирующие (ПуВРД). Все три типа этих двигателей являются, таким образом, воздушно-реактивными. Вторая группа двигателей (ракетных) включает в себя жидкостные реактивные двигатели (ЖРД) и пороховые реактивные двигатели (ПРД).

Громадное большинство иностранных образцов тактических управляемых реактивных снарядов, относящихся к наиболее распространенному виду самолетов-снарядов, создано или создается с учетом использования в них турбореактивных двигателей. Эти двигатели хорошо освоены, накоплен опыт их эксплуатации, они надежны в работе. Естественно, что траектории этих снарядов, двигатели которых должны работать в течение всего времени полета снаряда, располагаются целиком в пределах земной атмосферы и лежат, как правило, в диапазоне высот до 10—30 км. К таким снарядам относятся УРС SSM-N-8 «Регьюлус», ТМ-61 «Матадор», АУМ-N-2 «Петрел», SM-62 «Снарк» и другие.

Для некоторых типов снарядов, основная часть траекторий которых проходит на большой высоте и которые обладают (или должны обладать) значительными сверхзвуковыми скоростями полета, применяются прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД), выгодные в этих случаях по скоростным характеристикам и невысоким расходам горючего. Примерами таких снарядов могут служить стратегические образцы GAM-63 «Раскал» и SM-64 «Навахо» (оба США). По мнениям иностранных специалистов, этот тип двигателей является весьма перспективным для сверхзвуковых крылатых реактивных самолетов-снарядов.

Пульсирующими воздушно-реактивными двигателями (ПуВРД) снабжались, как правило, только первые, еще несовершенные образцы самолетов-снарядов. Такими снарядами являлись: немецкий V-1, на котором впервые был установлен ПуВРД, американские копии его — самолет-снаряд «Лун» и воздушная мишень KDD-1 «Кэтидид», французская копия — воздушная мишень «Арсенал 5-501» и ряд др. Двигатели эти обладают сравнительно низкими скоростными и высотными характеристиками, ограничивающими их применение.

Все три указанные типа реактивных двигателей предназначаются для управляемых реактивных снарядов, имеющих развитые несущие поверхности (крылья), которые

обеспечивают создание необходимой для осуществления горизонтального полета снаряда аэродинамической подъемной силы только при наличии определенной скорости полета, не меньшей, чем минимально необходимая. Из всех трех типов двигателей только ТРД способны развивать тягу при скорости снаряда, равной нулю, т. е. до его запуска, однако запуск снаряда на его собственном ТРД требовал бы, по аналогии с авиацией, больших длин разбега для достижения взлетной скорости. В силу этого самолеты-снаряды всех указанных типов при запуске с земли и кораблей получают эту взлетную скорость в течение короткого времени за счет работы стартовых (разгонных) двигателей, как правило, пороховых. Установка этих двигателей производится под углом к оси снаряда в вертикальной плоскости для компенсации веса последнего после схода с установки вертикальной составляющей силы тяги стартового двигателя. После прекращения работы стартового двигателя он отделяется от снаряда, продолжающего полет под одним из рассмотренных воздушно-реактивных двигателей.

Громадное большинство иностранных образцов крылатых управляемых снарядов обладают в настоящее время околовзвучными скоростями полета («Матадор», «Регьюлус» и др.), хотя отдельные образцы имеют и сверхзвучные скорости, например ГАМ-63 «Раскал».

В некоторых случаях при конструировании самолетов-снарядов применяются и жидкостные реактивные двигатели (ЖРД), что может оказаться выгодным только на сравнительно малых дальностях из-за весьма больших удельных расходов топлива, свойственных этому типу двигателей.

Жидкостные и пороховые реактивные двигатели, являясь целиком автономными, не накладывают никаких ограничений на траекторию полета снаряда, которая, в этом случае, может проходить и вне плотных слоев земной атмосферы. Большая тяга этих двигателей и большой удельный расход топлива определяют собой достижение весьма высоких скоростей и высот полета в течение сравнительно малого отрезка времени. Возможность быстрого набора скорости с последующим выключением двигателя и полетом по инерции под действием силы тяжести (по баллистической траектории) использованы в баллистических ракетах. В этих случаях горизонтальный полет параллельно земной поверхности в плотных слоях атмосферы невыгоден из-за значительного лобового сопротивления. Этими соображе-

ниями вызван переход к быстрому выходу за пределы плотных слоев атмосферы и максимальное использование разреженных весьма высоких слоев, где сопротивление полету весьма незначительно, с последующим входом в атмосферу непосредственно в районе цели. Аэродинамические рули при таком полете неэффективны, крыло, создающее подъемную силу — также, поэтому у баллистических ракет они отсутствуют. Управление на начальном (активном) участке полета осуществляется при помощи газовых рулей (расположенных в потоке истекающих газов в сопле двигателя), а стабилизация ракеты при входе в атмосферу на пассивном участке достигается при помощи вертикального оперения.

Жидкостные реактивные двигатели применяются также в зенитных снарядах.

К ракетным двигателям относятся и пороховые реактивные двигатели, работающие на твердом топливе. Эти двигатели применяются, в основном, в некоторых зенитных снарядах и в неуправляемых реактивных снарядах различного назначения, включая и наиболее крупные из них (такие как «Онест Джон», США). Кроме того, они широко распространены как стартовые двигатели для снарядов, снабженных, как правило, воздушно-реактивными двигателями различных типов. Пороховые двигатели способны развивать большую тягу в короткое время, т. е. обеспечить быстрый разгон снаряда. Пороховые двигатели просты и надежны в эксплуатации и относительно дешевы.

В некоторых случаях, когда в качестве двигателя снаряда, имеющего большую дальность стрельбы, применяется жидкостный реактивный двигатель, снаряд делается *многоступенчатым* (рис. 1), что вызывается желанием освободить снаряд от «мертвого» груза конструкции, заключавшей уже израсходованное топливо. При этом каждая последующая ступень представляет собой полезную нагрузку предыдущей ступени. Типичным примером такого снаряда является немецкая компоновка ракет А-9/А-10. В известном смысле слова в качестве первой ступени может рассматриваться любой стартовый двигатель любого снаряда, имеющего второй (основной) двигатель. Попытки создания мно-

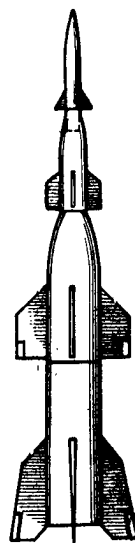


Рис. 1. Схема много-ступенчатой ракеты

гоступенчатых снарядов с использованием пороховых двигателей для получения больших дальностей (порядка сотен километров), по-видимому, себя не оправдали и, после немецкого снаряда «Рейнботе», известий об их разработке не поступало.

Баллистические ракеты в отличие от реактивных снарядов с постоянно работающими двигателями могут стартовать не с наклонных направляющих стартового устройства (под каким-то углом к горизонту), а вертикально вверх. Достигнув определенной высоты, они наклоняются к горизонту, чтобы к моменту окончания работы двигателя угол

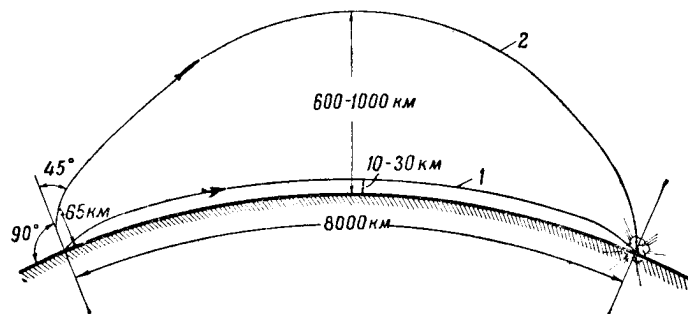


Рис. 2. Траектории:  
1 — самолета-снаряда; 2 — баллистической ракеты

наклона к горизонту составлял примерно  $45^\circ$ , что соответствует максимальной дальности полета. После этого снаряд по инерции достигает вершины баллистической кривой и начинает движение по нисходящей ветви траектории. Таким образом, достигается большая дальность полета снаряда.

Сравнивая траектории и скорости полета (рис. 2) ракет и самолетов-снарядов, можно сделать вывод, что баллистические ракеты по сравнению с реактивными снарядами с постоянно работающими двигателями обладают весьма важным с военной точки зрения качеством: их трудно обнаружить и уничтожить во время полета. Поэтому баллистические ракеты предназначаются в основном для нанесения внезапных ударов по важным стратегическим объектам, расположенным на больших удалениях (например, находящихся в тылу противника) от места запуска ракет.

### Эффективность применения

Эффективность применения оружия определяется процентом попадания в цель и характером воздействия на нее.

Как показывает статистика, в первую мировую войну средний процент попадания в цель был равен: для артиллерии (крупнокалиберной) 2,7%, для торпед около 11%, для авиационных бомб около 1%; во вторую мировую войну процент попадания в цель соответственно был 3,6%, около 15% и около 7%.

Экспериментальные данные показывают, что вероятность попадания управляемых реактивных снарядов значительно выше, чем у других видов оружия, по иностранным данным она достигает 46% и более. Столь высокая вероятность попадания управляемых реактивных снарядов в цель обеспечивается работой приборов управления снарядами в полете.

Все существующие системы управления реактивными снарядами разделяются на следующие:

а) автономная (или программная) — когда управление снарядом осуществляется целиком с помощью находящихся на борту его приборов в соответствии с заранее заданной им траекторией (высота, направление полета);

б) телеуправление, — когда управление снарядом осуществляется с помощью специальных приборов в соответствии с командами, передаваемыми с пункта управления, расположенного на корабле, самолете или земле;

в) самонаведение, — когда наведение снаряда на цель обеспечивается специальными устройствами (головками самонаведения), реагирующими на определенный контраст цели и фона (радиолокационный, тепловой, оптический и т. п.);

г) комбинированное управление, — когда для управления полетом снаряда по траектории и наведения его на цель используются различные комбинации из трех вышечисленных систем (например, автономное управление и самонаведение, телеуправление и самонаведение и т. п.).

Следует отметить, что в управляемых реактивных снарядах обычно применяются именно системы, построенные на основе комбинаций различных принципов управления, хотя в целом ряде случаев применяются и системы, использующие какой-либо один из принципов (автономное управление — для баллистических ракет, самонаведение — для ряда образцов снарядов типа «воздух — воздух»; телеуправление — для некоторых типов противотанковых снарядов).

*Автономное управление* — общее понятие, применимое ко всем тем случаям, когда траектория полета снаряда, на всем ее протяжении, определяется только комплексом приборной аппаратуры, расположенной на борту снаряда, и никак не связанной ни с приборным комплексом носителя оружия, ни с характером или свойствами цели. К этому виду управления относятся системы с использованием принципов автопилотирования, системы, построенные на основе применения астронавигации и т. п.

Применение средств автопилотирования как авиационных, так и управляемых снарядов основано на свойстве свободного гироскопа сохранять неизменным положение своих осей в пространстве (при неучете погрешностей, возникающих от «уводов» гироскопа под влиянием вращения земли, сил трения в подвесах и т. п., а также от ошибок в начальной ориентации его осей). В результате внешних воздействий на снаряд (ветер и т. п.), ошибок, возникающих от несовершенства выполнения аэродинамической схемы, а также указанных уводов гироскопов, системы с автопилотированием характеризуются значительным рассеиванием снарядов и зависимостью рассеивания от времени полета, и мало пригодны для стрельбы по малым целям, в особенности, подвижным.

Автономное управление может быть выполнено на принципе регулярного контроля фактического места нахождения снаряда во время полета с заранее рассчитанным и внесением соответствующих коррективов в режим полета в случае их несовпадения. Одной из систем автоматического управления снарядом в полете, основанной на этом принципе, является *астронавигационная система*. Сущность этой системы сводится к тому, что электрооптические приборы, смонтированные в снаряде на стабилизированном основании, непрерывно наводятся с помощью высокочувствительных фотоэлементов на два небесных светила. Положение снаряда на всем протяжении траектории относительно этих светил заранее определено. Поэтому несовпадение взаимного положения светил и снаряда, обусловливаемое отклонением фактической траектории снаряда от заданной, вызовет срабатывание соответствующих механизмов системы управления и возвратит снаряд на заданную траекторию.

На этом же принципе могут быть выполнены и другие, аналогичные этой, системы автономного управления. В частности, могут быть созданы приборы автономного управле-

ния, использующие длинноволновые радионавигационные системы «Лоран» и «Декка». В этих приборах наблюдение за светилами заменено наблюдением за радиомаяками.

При невозможности использования в течение некоторого промежутка времени астро- или радионавигационной системы (облачность, радиопомехи) управление снарядом временно переключается на так называемую инерционную систему управления, являющуюся разновидностью автопилота.

Астронавигационная и аналогичные ей системы автономного управления обладают, по сообщениям иностранной печати, довольно большой точностью управления полетом снаряда, позволяющей поражать крупные площадные цели, находящиеся на значительном удалении от места запуска снаряда.

Положительным качеством автономной системы управления полетом реактивного снаряда является ее невосприимчивость к помехам, создаваемым противником, и возможность применения при полете снаряда на любую дальность.

Отрицательным качеством автономной системы управления полетом реактивного снаряда является практическая невозможность обеспечения приемлемой вероятности попадания снаряда в цель малых размеров (например, корабль). Автономный метод управления обеспечивает в настоящее время попадание только в площадь довольно значительных размеров (например, город).

*Телеуправление* полетом реактивного снаряда так же, как и автономное, может быть выполнено на базе использования различных принципов.

Простейшей по своей сущности является командная система управления (рис. 3). Оператор, наблюдая за полетом снаряда и движением цели, передает по радио специальные сигналы-команды. Эти команды, принимаемые радиоприемником снаряда, вызывают срабатывание силовых механизмов, управляющих рулями. Таким образом, оператор может по своему желанию изменять направление и высоту полета снаряда, добиваясь попадания его в атакуемую цель.

Конструктивное выполнение этого способа управления реактивными снарядами может быть выполнено в различных вариантах. Остановимся на одном из них.

Радиолокационная станция, обнаружив цель, ведет за ней непрерывное наблюдение. Данные о расстоянии до цели и параметрах ее движения (скорость, направление, а для

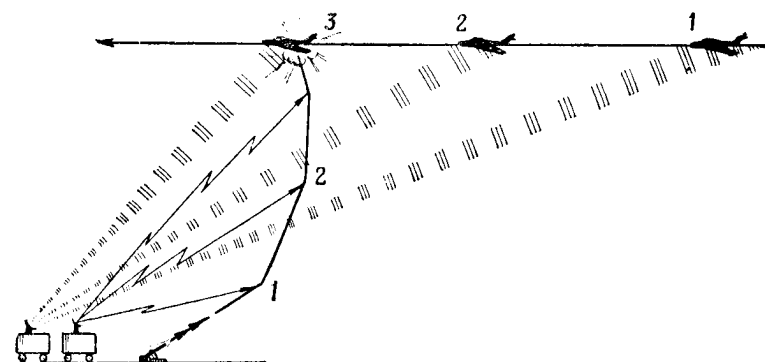


Рис. 3. Схема командного способа управления УРС

воздушных целей еще и высота полета), определенные счетно-решающим прибором, преобразуются в соответствующие команды-радиосигналы и передаются на второй радиолокатор (управления), который передает сигналы в эфир. Приборы реактивного снаряда принимают эти сигналы и в соответствии с ними изменяют направление полета. Таким образом, летящий реактивный снаряд непрерывно удерживается на линии: стартовая установка — атакуемая цель. Этот метод считается принципиально наиболее простым, так как с его помощью можно без особых затруднений управлять реактивными снарядами всех классов. В частности, этот принцип управления может получить широкое применение для наведения зенитных снарядов.

Несмотря на принципиальную простоту командного способа управления снарядом, практическое применение его связано с преодолением ряда технических трудностей, вытекающих из необходимости все время осуществлять преобразование наблюдаемых данных о цели и снаряде в специальные сигналы команд, передаваемые по радио на снаряд. А для этого нужно обеспечить непрерывное превращение координат, связывающих линии наводчик — снаряд — цель, в координаты, связанные с мгновенным направлением полета зенитного снаряда. Вызывается это тем, что в каждый отдельный момент направление полета зенитного снаряда образует некоторый угол с линией наводчик — цель (называемый углом цели). Угол представляет собой величину переменную, изменяющуюся в зависимости от характера траектории полета цели. Поэтому в посылаемые зе-



нитному снаряду автоматом-наводчиком сигналы-команды необходимо вводить поправки, определяемые путем расчетов.

Все это в свою очередь порождает второй недостаток данного способа управления — с помощью одной управляющей радиолокационной установки возможно управлять полетом только одного реактивного снаряда.

Другим способом дистанционного управления полетом снаряда является способ автоматического удержания снаряда в пределах луча радиолокационной станции управления (рис. 4). Сущность данного метода заключается в том, что с пункта наведения реактивного снаряда на цель направляется луч радиолокационной станции, являющейся одновременно станцией и наблюдения, и управления. Снаряд, двигаясь в узком конусе направленного луча радиолокационной станции, воспроизводящего линию наводчик — снаряд — цель, непрерывно выравнивает траекторию полета, аналогично тому, как это происходит при управлении реактивным снарядом на расстоянии с помощью сигналов-команд. Специальная аппаратура, установленная на реактивном снаряде, следит за тем, чтобы он не вышел из конуса луча радиолокационной станции, и тем самым наводит его на цель.

Однако и этот способ, по мнению специалистов, имеет свои недостатки. Дело в том, что действие рулей снаряда, когда он начинает удаляться от луча, должно зависеть не только от величины отклонения, но и характера его изменения, а также от скорости полета снаряда. Следовательно,

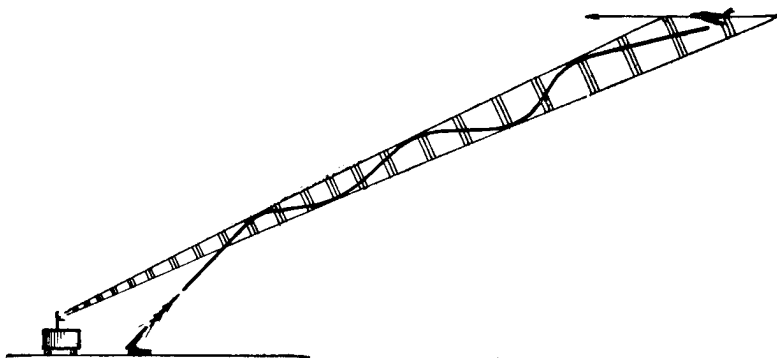


Рис. 4. Схема автоматического удержания УРС в луче радиолокационной станции

на реактивных снарядах нужно устанавливать точные и весьма чувствительные приборы — интеграторы.

Этот способ управления может широко применяться для наведения зенитных управляемых реактивных снарядов на воздушные цели. Правда, при этом возникают новые трудности. В частности, даже при установке на снарядах приборов-интеграторов использовать один луч, направленный на цель и ведущий снаряд, можно только в том случае, если цель движется прямо на установку, выпускающую зенитный снаряд. Иначе говоря, этот метод наведения зенитного снаряда на воздушную цель применим тогда, когда направление относительного перемещения вражеского снаряда совпадает (или незначительно расходится) с фактическим направлением его полета.

При значительном несовпадении относительного и фактического направлений полета снаряда противника (например, при перемещении цели по траектории с большой кривизной) наведение с помощью одного луча будет представлять значительные трудности. Поэтому американские специалисты предлагают применять два луча: один направляемый на цель, а другой — на снаряд. Луч, следящий за целью, мог бы перемещаться резко, следуя движению цели; а луч, ведущий снаряд, возможно более плавно. Таким образом, цель не будет выпущена из луча, и снаряд не лишится управления до включения в действие прибора самонаведения. При этом в конце траектории зенитного снаряда оба луча обязательно должны совместиться, так как в противном случае цель не будет поражена.

Одним из главных достоинств управления полетом снаряда путем автоматического удержания его в пределах направляющего луча радиолокационной станции является возможность одновременного наведения нескольких снарядов одной управляющей радиолокационной установкой. Увеличение же количества одновременно выпускаемых снарядов в несколько раз повышает вероятность поражения цели.

Большие возможности точного наведения снаряда в цель открывает так называемое телевизионное телеуправление. Установленный на снаряде телевизионный передатчик включается с приближением снаряда к цели и передает на командный пункт изображение местности. Наблюдая изображение цели на экране телевизионного приемника, расположенного на командном пункте, оператор производит точное наведение снаряда на цель посредством посылки на управляемый снаряд радиосигналов-команд.

Одним из недостатков систем телеуправления полетом реактивных снарядов считается принципиальная возможность борьбы с ними путем применения радиопомех, создаваемых противником, так как все системы телеуправления используют радиосигналы.

Из сказанного видно, что телеуправление может успешно применяться для наведения снарядов на цели небольших размеров и возможно только при условии одновременного наблюдения за целью и снарядом.

*Самонаведение* в большинстве случаев используется как метод управления полетом снаряда на конечном участке траектории. Применение этого метода позволяет обеспечить высокую вероятность попадания реактивного снаряда в цель даже в том случае, если она относительно мала и обладает подвижностью (если она маневрирует).

В настоящее время известны три принципа систем самонаведения: пассивный, активный и полуактивный.

Пассивный способ самонаведения снаряда на цель основан на принципе восприятия чувствительными элементами устройства самонаведения, расположенного на снаряде того или иного поля цели (тепловое, световое, электромагнитное и т. д.). Чувствительные приборы под воздействием физического поля цели фиксируют угол между направлением полета снаряда и направлением на цель, а наличие этого угла вызывает срабатывание силовых механизмов управления рулями, в результате чего снаряд самостоятельно наводится на источник излучения, т. е. цель (рис. 5).

Считается, что недостатком систем самонаведения, реагирующих на тепловое или световое поля цели, является ограниченная возможность их использования, обуславливаемая временем суток и состоянием погоды. В частности, днем ухудшаются условия для работы системы самонаведения снаряда, реагирующей на тепловое поле цели, а ночью — системы, реагирующей на световое поле. Осадки (дождь, снег, туман) ухудшают условия работы обеих систем самонаведения.

Недостатком систем самонаведения, реагирующих на физические поля цели, является также относительно небольшой радиус действия так называемых *головок самонаведения* и возможность их «обмана» противником, т. е. возможность применения ложных целей, обладающих аналогичной контрастностью.

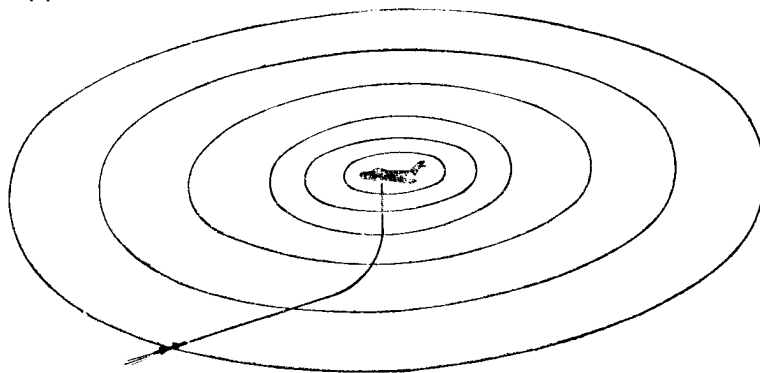


Рис. 5. Схема пассивного способа самонаведения УРС

Активный способ самонаведения снаряда на цель основан на принципе использования радиолокации. На снаряде устанавливается миниатюрная радиолокационная станция, обследующая определенный сектор пространства впереди снаряда. При появлении отраженного импульса происходит автоматическое исправление траектории полета снаряда, необходимое для попадания в цель (рис. 6).

Полуактивный способ самонаведения снаряда на цель, как и активный, основан на применении средств радиолокации. Но в отличие от активной системы управляемый снаряд не имеет передатчика и несет на себе только приемник. Цель облучается радиолокационной станцией, расположенной на земле, корабле или самолете. Отражен-

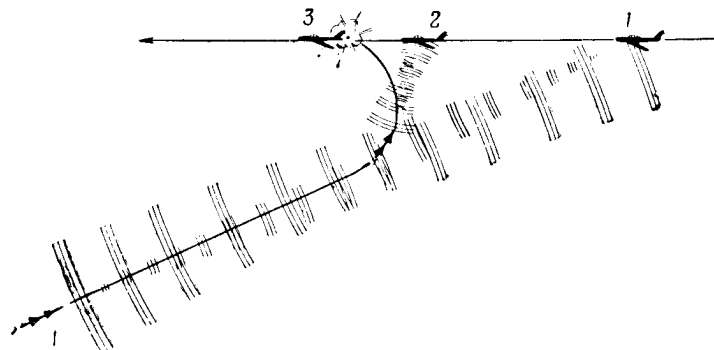


Рис. 6. Схема активного способа самонаведения УРС

ные от целей импульсы воспринимаются антенным устройством и приемником головки самонаведения реактивного снаряда, в результате чего происходит срабатывание силовых механизмов управления рулями и изменение направления полета снаряда (рис. 7).

Недостатками как активного, так и полуактивного принципов самонаведения является возможность борьбы со сна-

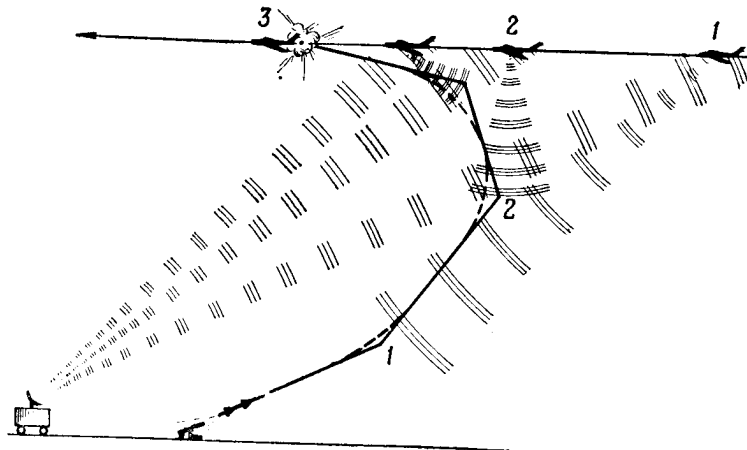


Рис. 7. Схема полуактивного способа самонаведения УРС

рядами с помощью активных помех и отвлечения их ложными целями (например, с помощью «забивающих» станций и металлизированных лент, фольги и т. п.).

Следует заметить, что телеуправление полетом снаряда с помощью радиосигналов-команд тоже подвержено радиопомехам, но по мнению некоторых специалистов, в меньшей степени, чем полуактивный и активный способы самонаведения. Объясняется это тем, что при телеуправлении на снаряде установлена радиоаппаратура, имеющая антенны, направленные в сторону командного пункта (т. е. в сторону от противника), тогда как антенные устройства систем самонаведения — в сторону цели (т. е. в сторону противника).

Пассивное самонаведение может быть эффективным только при нахождении снаряда на сравнительно небольшом расстоянии от цели (несколько километров), так как

потенциал физического поля цели, воспринимаемого приборами снаряда, резко уменьшается с увеличением расстояния до цели в результате атмосферных влияний (поглощения).

Для обеспечения достаточно высокой вероятности попадания снаряда в цель во многих образцах реактивных снарядов применяются комбинированные системы управления, т. е. системы, сочетающие автономное или телеуправление (или и то и другое) на большей части траектории с самонаведением на конечном участке траектории.

Что касается второго фактора, влияющего на эффективность применения оружия, — характера воздействия на цель, то он во многом определяется количеством и качеством взрывчатого вещества, которым снаряжен артиллерийский снаряд, авиационная бомба или торпеда. Существующие образцы управляемых реактивных снарядов могут нести заряды взрывчатого вещества, которые соответствуют зарядам крупнокалиберных авиационных бомб и торпед и намного превосходят заряды артиллерийских крупнокалиберных снарядов. Кроме того, многие образцы управляемых реактивных снарядов могут нести атомные и термоядерные заряды, обладающие большой мощностью взрыва.

### **Влияние метеорологических условий**

Влияние метеорологических условий на возможность боевого применения управляемых реактивных снарядов в целом незначительно, хотя отдельные системы управления (например включающие пассивное самонаведение) и зависят от метеоусловий. В ряде высказываний отмечается, что практически полная независимость использования этого оружия от состояния погоды, видимости, времени суток и других природных факторов дает управляемым снарядам ряд преимуществ перед авиационным оружием, эффективность применения которого все-таки зависит от метеоусловий.

### **Боевые возможности носителей**

Боевые возможности носителей управляемых реактивных снарядов в настоящее время еще не определены достаточно полно. Однако буржуазные военные специалисты считают, что боевые возможности кораблей — носителей управляемых снарядов позволят им решать задачи, свойственные не

только крупным артиллерийским кораблям, но и авианосцам.

Исходя из опубликованных в иностранной печати сведений, уже сейчас можно сделать некоторые выводы о боевых возможностях кораблей, вооружаемых управляемыми снарядами. Так, если считать, что эффективность зенитного управляемого реактивного снаряда «Терьер» близка к эффективности снаряда «Найк», то зенитное управляемое реактивное вооружение тяжелого крейсера «Бостон» (две спаренные установки для запуска ЗУРС типа «Терьер») способно уничтожить два самолета из числа одновременно атакующих корабль с высоты около 12—17 км). На такой высоте огонь нарезной зенитной артиллерии кораблей малоэффективен.

Если вероятность попадания снаряда типа «Регьюлус» в корабль не меньше, чем снаряда «Найк» в самолет (поскольку морская цель обладает большими размерами и значительно меньшей подвижностью, нежели воздушная), то, следовательно, корабли, вооруженные этими снарядами, будут обладать большими боевыми возможностями.

Можно ожидать также, что за счет вооружения самолетов авианосной и береговой авиации различными типами управляемых авиабомб и особенно реактивными снарядами боевые возможности авиации значительно возрастут. В качестве носителей управляемых реактивных снарядов в авиации США используются не только самолеты, но и вертолеты, вооруженные снарядами типа «Петрел» для борьбы с подводными лодками, находящимися в подводном положении.

Из сказанного выше следует, что:

а) дальности использования управляемых реактивных снарядов могут значительно превысить дальности применения существующих остальных видов оружия;

б) эффективность управляемых снарядов как средства поражения морских, наземных и воздушных целей может оказаться весьма высокой;

в) управляемые реактивные снаряды могут быть использованы широким кругом носителей оружия, в том числе и наиболее современными, обладающими высокими тактическими качествами;

г) боевые возможности носителей будут, по-видимому, значительно выше возможностей носителей существующих остальных видов оружия.

Благодаря этим качествам управляемое реактивное оружие может, по высказываниям ряда зарубежных военных

специалистов и официальных лиц, получить широкое признание в современных боевых действиях на море и его роль будет весьма большой.

Так, министр обороны США Вильсон в своем выступлении в сенате США заявил, что бюджетом на 1956 г. предусматриваются крупные ассигнования на создание различных типов управляемых снарядов. Помощник военно-морского министра США по авиации Д. Смит в статье «Система подвижных военно-морских баз в атомной войне» говорил, что «...оборона авианосных соединений от атак с воздуха будет в значительной степени зависеть от эффективности управляемых снарядов среднего калибра, запускаемых с крейсеров. Массированные налеты бомбардировщиков будут отражаться управляемыми снарядами с атомным зарядом... эффективным наступательным средством являются запускаемые с подводных лодок и надводных кораблей управляемые снаряды большого радиуса действия»<sup>1</sup>. В журнале «Airplane» (Англия) указывалось, что «в военно-морском флоте США планируется в ближайшем будущем заменить истребители-перехватчики управляемыми снарядами, а также сделать управляемые снаряды основным наступательным оружием крупных боевых кораблей».

Наряду с положительными качествами управляемое реактивное оружие имеет и ряд отрицательных. Наиболее существенными из них являются сложность конструкции снарядов, большая стоимость производства, незначительный запас снарядов, который может быть взят каждым из носителей, малая скорострельность и возможность снижения успешности применения управляемого реактивного оружия за счет создания помех для телеуправления и самонаведения и организации эффективной системы противовоздушной обороны.

Управляемое реактивное оружие является весьма грозным и быстро развивающимся видом оружия, имеющим большую перспективность. Поэтому в настоящее время во многих странах и прежде всего в США и Англии уделяется большое внимание совершенствованию существующих образцов этого вида оружия и созданию новых.

В период второй мировой войны наиболее широким фронтом работы по созданию различных образцов управляемых реактивных снарядов велась немецкой промышленностью, с участием армии и флота.

<sup>1</sup> „U. S. Naval Institute Proceedings“, № 2, февраль 1955 г.



Об общем уровне развития реактивного оружия в Германии в период второй мировой войны можно до некоторой степени судить по тактико-техническим данным созданных (применявшихся в боевых действиях и проходивших испытания) образцов реактивных снарядов (табл. 5).

Для поражения наземных целей, кроме V-1 (рис. 8) и V-2 (рис. 9), немцами применялись также другие реактивные снаряды (правда, в ограниченном количестве), запускаемые как с наземных стартовых устройств — А-4б (рис. 10), WGR-41, «Рейнботе» (рис. 11), так и с самолетов — Хеншель Hs-293, Хеншель Hs-294. Были разработаны

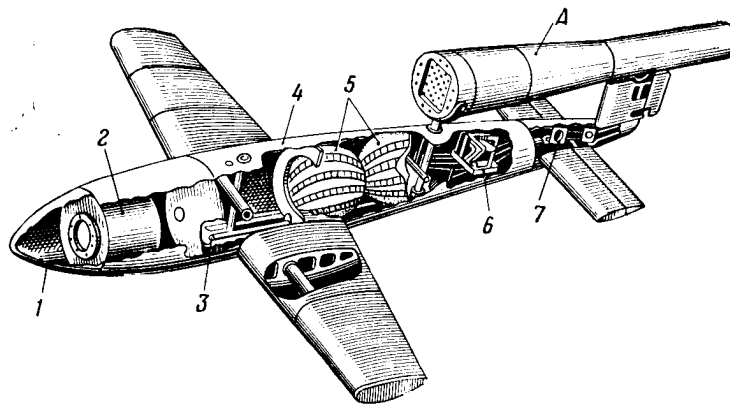


Рис. 8. Снаряд V-1:

А — двигатель; 1 — гироскоп; 2 — боеприпас; 3 — полз для направления движения по стартовой дорожке; 4 — баки для горючего емкостью 600 л; 5 — два баллона для сжатого воздуха (начальное давление 150 ат); 6 — автопилот; 7 — приборы для управления в полете

также реактивные снаряды для поражения воздушных целей, причем часть из них предназначалась для вооружения наземных батарей — «Вассерфаль» (рис. 12), «Шметтерлинг» V-3 (рис. 13), «Тайфун» (рис. 14), «Рейнтохтер» R-1 (рис. 15), «Энциан» E-4, а часть для вооружения самолетов — Хеншель Hs-298 (рис. 16), R4M (рис. 17), «Руршталь» X-4 (рис. 18), «Руршталь» X-7, RZ-73 «Фен», WGR.

Кроме боевых реактивных снарядов, в Германии был создан ряд образцов, предназначенных специально для исследовательских целей. К их числу относились, например, «Фойерлилие-25» (рис. 19), «Фойерлилие-55», «Хехт».

## Управляемые реактивные снаряды, разработанные

Название и год разработки конструкции	Назначение снаряда	Запуск	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
WGR-41 1942	Поражение наземных целей	С земли	ПРД	•	1,05
FZG 76 (V-1) 1943	Поражение наземных целей	С земли	ПуВРД	274	7,6
„Рейнботе“ 1943	Поражение наземных целей	С земли	Трехступенчатый ПРД	5600 + +5600 + +3400	11,2
A-4 (V-2) 1942	Поражение наземных целей	С земли	ЖРД	26 000	14,3
A-4b 1944	Поражение наземных целей	С земли	ЖРД	26 000	14,3
„Хеншель“ Hs-293 1943	Поражение морских и наземных целей	С самолета	ЖРД	640	3,55
„Хеншель“ Hs-294 1944	Поражение морских целей	С самолета	2 ЖРД	1 200	6,6
„Хеншель“ Hs-295 1944	Поражение морских и наземных целей	С самолета	2 ЖРД	1 200	5,3
C-2 „Вассерфаль“ 1943	Поражение воздушных целей	С земли	ЖРД	800	7,85
„Шметтерлинг“ Hs-117 (V-3) 1944	Поражение воздушных целей	С земли	ЖРД + 2 стартовых ПРД	380	3,75
„Тайфун“ Г 1944	Поражение воздушных целей	С земли	ЖРД	1 000	1,88

## в Германии в период второй мировой войны

Таблица 5

Размах кры- льев, м	Диаметр сна- ряда, м	Общий вес, кг	Дальность полета $\frac{км}{мили}$	Скорость полета $\frac{км/час}{м/сек}$	Высота по- лета, м	Система упра- вления	Примечание
Нет	0,16	32	$\frac{7}{3,8}$	$\frac{1224}{340}$	•	НУ	Стабилизируется вращением
5,3	0,82	$\frac{2200}{700}$	$\frac{320}{175}$	$\frac{450}{125}$	•	АУ	Запуск с ката- пульты
Нет	0,26	$\frac{1700}{40}$	$\frac{220}{120}$	$\frac{5760}{1600}$	•	НУ	
Нет	1,65	$\frac{12700}{1000}$	$\frac{320}{175}$	$\frac{5600}{1556}$	183 000	АУ	
6,0	1,65	$\frac{13000}{1000}$	$\frac{592}{320}$	$\frac{5600}{1556}$	183 000	АУ	Аналогичен А-4, дальность полета увеличена за счет планирования на крыльях, было за- пущено два сна- ряда
3,1	0,48	$\frac{790}{330}$	$\frac{5-8}{2,7-4,3}$	$\frac{500}{139}$	—	ТУ	Контактный взрыватель
4,0		$\frac{2175}{650}$	$\frac{6,5-10,0}{3,5-5,4}$	$\frac{900}{250}$	5400	ТУ	Модификация Hs-293 АО была выпущена в коли- честве 1700 шт. Предназначался для поражения ко- раблей ниже ват- ерлинии, при вхо- ждении в воду крылья отделялись
4,16		$\frac{2000}{581}$	$\frac{6,5-10,0}{3,5-5,4}$	•	7800	ТУ	Является увели- ченным вариантом Hs-293
2,31	0,95	$\frac{3500}{230}$	$\frac{50}{27}$	$\frac{2800}{778}$	18 000	ТУ	Неконтактный взрыватель
1,88 (стре- ловид- ность 34°)	0,35	$\frac{460}{40,8}$	$\frac{32}{17}$	$\frac{1100}{306}$	15 250	ТУ	В 1945 г. был под- готовлен к запуску в массовое произ- водство; имел не- контактный взры- ватель
Нет	0,10	$\frac{19,3}{0,6}$	$\frac{12}{6,5}$	$\frac{3240-3780}{900-1050}$	15 000	НУ	Стабилизируется вращением

Название и год разработки конструкции	Назначение снаряда	Запуск	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
„Рейнтохтер“ R-1 1944	Поражение воздушных целей	С земли	ПРД	4000	3,9
„Энциан“ E-4 1944	Поражение воздушных целей	С земли	ЖРД+4 стартовые ракеты	2000	3,6
„Рейнтохтер“ R-3 1944	Поражение воздушных целей	С земли	ЖРД+4 стартовые ракеты	1200	4,9
RZ-73 „Феп“ 1941	Поражение воздушных целей	С самолета	ПРД	•	•
WGR 1943	Поражение воздушных целей	С самолета	ПРД	•	1,2
„Хеншель“ Hs-298 1944	Поражение воздушных целей	С самолета	Двухступенчатый ПРД	220	2,00
„Руршталь“ X-4 1944	Поражение воздушных целей	С самолета	ЖРД	120	1,96
R4M 1944	Поражение воздушных целей	С самолета	ПРД	•	0,8
„Руршталь“ X-7 1944	Поражение воздушных целей	С самолета	Двухступенчатый ПРД	69	0,75
„Хехт“ 1941	Исследования	С земли	ЖРД	60	2,0
„Фойерлилие-25“ 1941	Исследования	С земли	ПРД+стартовая ракета	500	2,04
„Фойерлилие-55“ 1942	Исследования	С земли	ПРД+4 стартовые ракеты	4000	4,7

Примечание. В графе „Общий вес“ во всех таблицах в знаме

Продолжение

Размах кры- льев, м	Диаметр сна- ряда, м	Общий вес, кг	Дальность полета $\frac{км}{мили}$	Скорость полета $\frac{км/час}{м/сек}$	Высота по- лета, м	Система упра- вления	Примечание
2,64 (стрело- видность 38°)	0,54	$\frac{1750}{100}$	$\frac{16}{8,6}$	$\frac{1656-1764}{460-490}$	8400	ТУ	Неконтактный взрыватель
4,17	0,89	$\frac{1920}{500}$	$\frac{24,2}{13,2}$	$\frac{1102}{306}$	12 900	ТУ	Неконтактный взрыватель
3,0	0,54	$\frac{1560}{160}$	$\frac{18}{9,7}$	$\frac{1440}{400}$	14 700	ТУ	
Нет	0,07	$\frac{2,6}{0,3}$	•	$\frac{975}{270}$	—	НУ	
Нет	0,21	$\frac{110}{10}$	$\frac{9}{4,9}$	$\frac{1130}{315}$	—	НУ	Стабилизируется вращением
1,29 (стрело- видность 36°)	0,20	$\frac{95}{24,8}$	$\frac{4,4}{2,4}$	$\frac{900}{250}$	—	ТУ	Неконтактный взрыватель, упра- вление по прово- дам длиной 17,6 км
0,72	0,23	$\frac{59}{20}$	$\frac{6}{3,2}$	$\frac{900}{250}$	—	ТУ	В 1945 г. был запущен в массо- вое производство; телеуправление по проводам длиной 6 км
Нет	0,05	$\frac{3,5}{0,5}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1944}{540}$	—	НУ	Имеет склады- вающиеся стаби- лизаторы
0,59	0,14	$\frac{9}{2,5}$	$\frac{2,4}{1,3}$	$\frac{360}{100}$	—	ТУ	Управление по проводам
0,88	0,25	140	•	$\frac{1008}{280}$	•	ТУ	
1,11 (стрело- видность 40°)	0,24	120	•	$\frac{792}{220}$	•	•	
2,25 (стрело- видность 50°)	0,33	472	$\frac{7,5}{4,1}$	$\frac{1584}{440}$	8 850	•	Вариант с ЖРД имел общий вес 655 кг

натеде указан вес взрывчатого вещества или полезного груза.

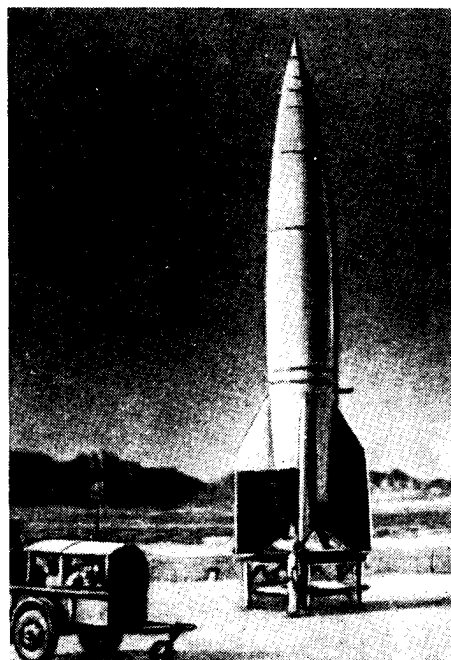


Рис. 9. Снаряд V-2

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

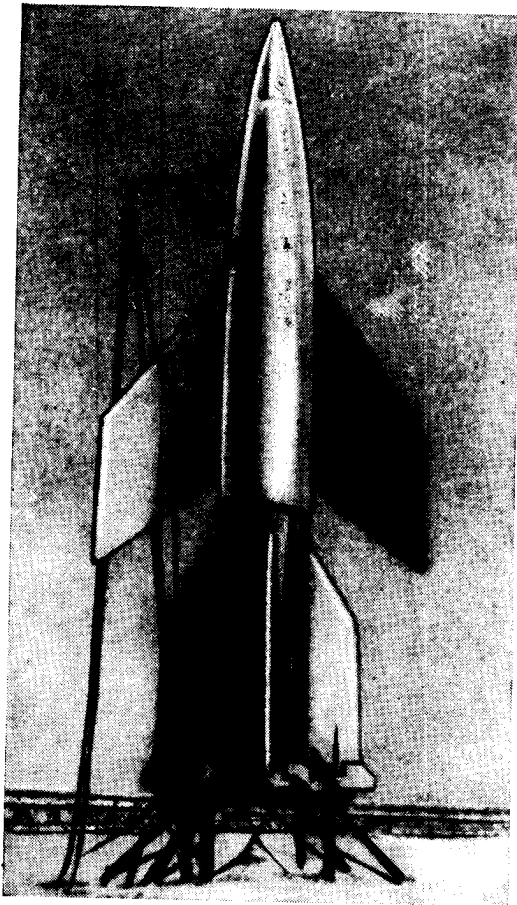


Рис. 10. Снаряд А-4б

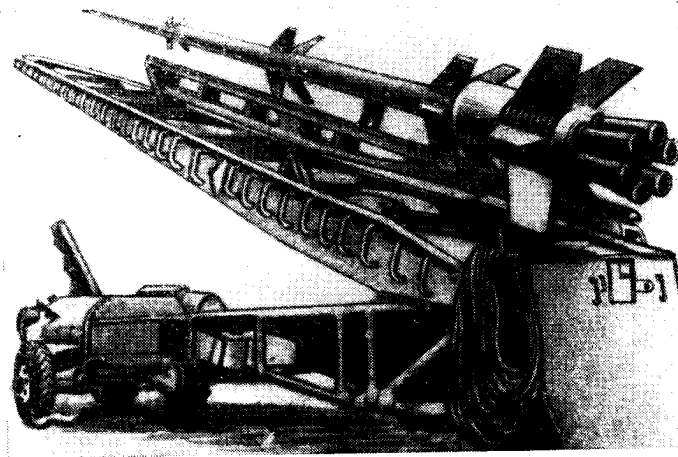


Рис. 11. Многоступенчатый снаряд „Рейботе“ на подвижной стартовой установке

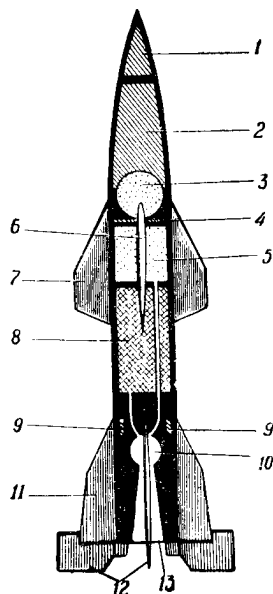
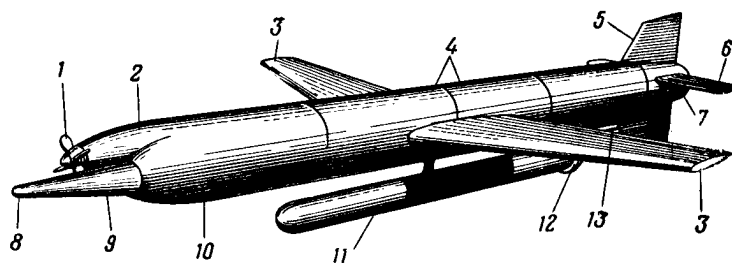


Рис. 12. Снаряд „Васерфаль“:

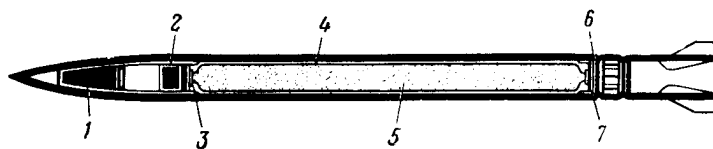
1 — взрыватель; 2 — боевое зарядное отделение; 3 — баллон сжатого воздуха; 4 — дренажное отверстие и клапан регулировки давления; 5 — визоль (горючее); 6 — сечение несущей плоскости; 7 — несущая плоскость; 8 — азотная кислота; 9 — сервомоторы; 10 — камера сгорания; 11 — хвостовое оперение; 12 — рули; 13 — выхлопное сопло





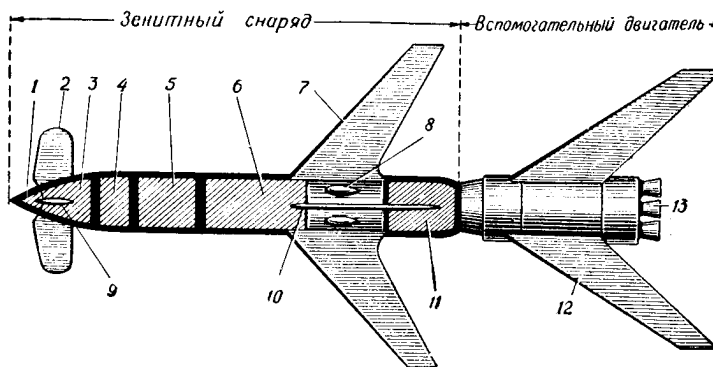
**Рис. 13.** Снаряд „Шметтерлинг“:

1 — воздушный винт генератора; 2 — отделение сжатого воздуха; 3 — спойлеры направления; 4 — отделение горючего; 5 — киль; 6 — спойлер глубины; 7 — огни наводки; 8 — взрыватель; 9 — боевое зарядное отделение; 10 — отделение радиоаппаратуры; 11 — нижний реактивный двигатель; 12 — сопло; 13 — трубка Пито



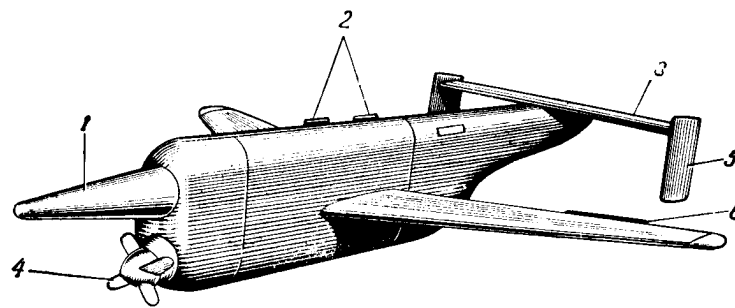
**Рис. 14.** Зенитный снаряд „Тайфун“:

1 — боевой заряд; 2 — заряд кордита; 3 — разрывающаяся диафрагма; 4 — кольцевой бак для горючего; 5 — бак для окислителя; 6 — разрывающаяся диафрагма; 7 — силовая плата



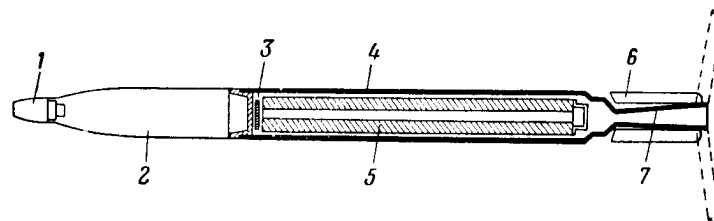
**Рис. 15.** Снаряд „Рейнтохтер“:

1 — взрыватель; 2 — руль поворота; 3 — двигатели руля поворота; 4 — гироскопы; 5 — радиоустановка; 6 — основной двигатель; 7 — плоскость главного снаряда; 8 — сопло основного двигателя; 9 — руль глубины; 10 — сечение плоскости главного снаряда; 11 — боевое зарядное отделение; 12 — стабилизирующая плоскость; 13 — сопла вспомогательного двигателя



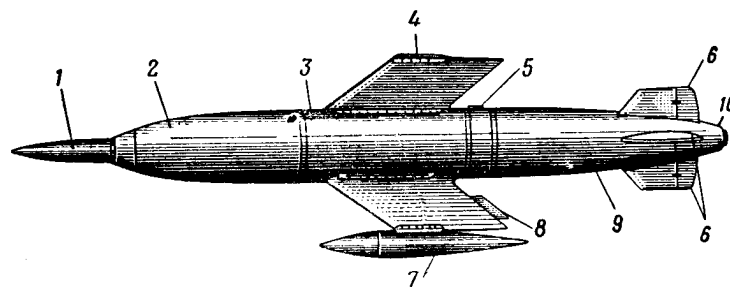
**Рис. 16.** Снаряд Hs-298:

1 — взрыватель и боевое зарядное отделение; 2 — узлы подвески; 3 — спойлер глубины; 4 — воздушный винт генератора; 5 — киль; 6 — спойлер направления



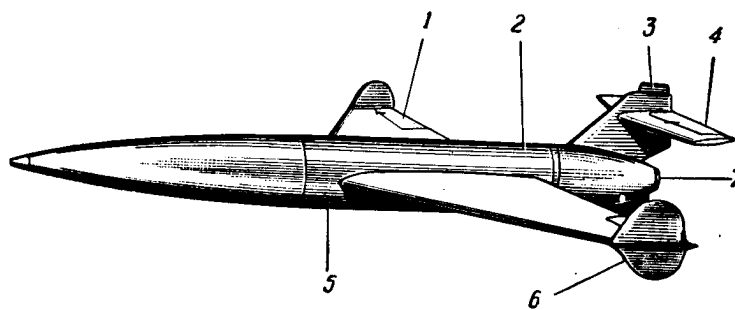
**Рис. 17.** Снаряд R4M:

1 — взрыватель; 2 — боевое зарядное отделение; 3 — электрический запал; 4 — камера сгорания; 5 — трубчатая диэлектрическая шашка; 6 — складывающийся стабилизатор; 7 — сопло



**Рис. 18.** Снаряд X-4:

1 — взрыватель; 2 — боевое зарядное отделение; 3 — бак с жидким горючим; 4 — электрическая лампочка; 5 — электрическая розетка; 6 — спойлеры; 7 — катушка; 8 — неподвижный флетчер; 9 — отделение гироскопов, батарей и электрической аппаратуры; 10 — сопло



**Рис. 19.** Снаряд „Фейерлилие-25“:

1 — элерон; 2 — отсек с набивкой из асбестового волокна; 3 — электрическая лампочка; 4 — руль глубины; 5 — отделение горючего и гироскопов; 6 — киль с электромагнитом; 7 — сопло

Несмотря на довольно большой размах работ в Германии по созданию реактивного оружия, разработка большинства образцов управляемых реактивных снарядов во время второй мировой войны не была закончена.



### РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ США

Несмотря на то, что работы в области управляемого реактивного оружия ведутся в ряде стран (США, Англии, Франции, Швеции, Италии, Швейцарии, Японии), наибольшего размаха и успехов в этой области достигли США. В этом легко усматривается проявление одной из сторон проводимой американскими реакционными кругами пресловутой политики «с позиции силы», т. е. политики безудержной гонки вооружений.

За последние годы правительство США предприняло ряд мер, направленных на увеличение выпуска управляемых реактивных снарядов и повышение их боевых свойств. Назначена даже специальная правительственная комиссия для контроля за организацией научно-исследовательской работы по усовершенствованию имеющихся и созданию новых образцов снарядов, массового промышленного изготовления снарядов, разрешения финансовых вопросов и выработки принципов использования управляемого оружия.

О большом внимании, уделяемом в США управляемому реактивному оружию особенно ярко свидетельствуют масштабы финансовых затрат. Так, за последние пять лет на работы в этой области было израсходовано около 7 млрд. долларов, причем около половины всей суммы приходилось на финансирование научных исследований<sup>1</sup>. В частности, как заявил 11 января 1955 г. представитель военного министерства США, в 1953/54 финансовом году на телеуправляемые виды оружия было ассигновано 634 млн. долларов. В 1954/55 финансовом году расходы на обеспечение работ в этой области (в том числе и на научно-исследовательскую работу) составили 1200 млн. долларов. В 1955/56 финансовом году на указанные работы ассигнована еще большая

<sup>1</sup> „Flight“, 22 октября 1955 г.

сумма, причем в последующие десять лет на работы в области телеуправляемого оружия предполагается ежегодно расходовать 1 млрд. долларов<sup>1</sup>.

Такие расходы на развитие управляемого реактивного оружия в США объясняются не только размахом работ, но и большой стоимостью каждого снаряда, представляющего собой комплекс новейших достижений современной науки и техники. В американской печати приводятся сведения о том, что на производство одного реактивного снаряда V-1 в период второй мировой войны затрачивалось 900 человеко-часов и 8500 долларов, а на производство одного снаряда V-2 — 3000—7000 человеко-часов и от 28 000 до 45 000 долларов<sup>2</sup>. Стоимость одного американского снаряда типа «Матадор» равна 90 000 долларов. Однако, несмотря на это, американские специалисты считают «выгодным» применение снарядов в войне, ибо, как они полагают, общие затраты на производство и использование управляемых реактивных снарядов для уничтожения цели вследствие высокой эффективности применения их будут меньше, чем затраты на производство и использование любого другого оружия для уничтожения этой же цели. Кроме того, возможность успешного применения управляемого реактивного оружия при решении не только тактических, но и оперативных и стратегических задач, по их мнению, вполне «окупает» большую стоимость снарядов.

Следует отметить, что при разработке различных образцов управляемых реактивных снарядов широко используются германские патенты (см. табл. 5).

США первыми из капиталистических стран после окончания второй мировой войны приступили к широким по масштабам планомерным работам по созданию, усовершенствованию и внедрению в части управляемых реактивных снарядов.

В зависимости от задач, решаемых реактивным оружием, оно подразделяется зарубежными военными специалистами на тактическое и стратегическое.

К тактическим видам реактивного оружия относятся управляемые реактивные снаряды с зарядами обычного или атомного ВВ, с дальностью действия до 800—1000 км

<sup>1</sup> „Interavia“, 1955, № 5.

<sup>2</sup> К. W. Gatland, Development of the guided missile, London, 1954 г.; имеется переводное издание: К. У. Гэтленд, развитие управляемых снарядов, изд. иностр. литературы, М., 1955 г.

(540 миль), предназначенные для решения задачи воздействия на объекты противника в тактической зоне огневой поддержки сухопутных войск, ударов по береговым объектам, кораблям в море и воздушным целям.

К стратегическим видам реактивного оружия относятся управляемые снаряды с дальностью действия свыше 800—1000 км, предназначенные для воздействия зарядами большой мощности (как правило термоядерными и, иногда, крупными атомными) на объекты противника стратегического значения.

В настоящее время принято на вооружение и запущено в массовое производство довольно большое количество образцов управляемого оружия всех классов. Ниже рассмотрим некоторые из них.

#### **Реактивные снаряды класса «земля — земля»**

Первыми образцами управляемого оружия, разработанными в США, явились такие образцы, как планирующая бомба «Бэт» (разработка с 1942 г., боевое применение — 1945 г.), управляемые авиабомбы «Робин», «Азон» (испытывалась в 1943—44 гг., применялась в Италии и Бирме в 1945 г.) и планирующие бомбы «Гломбы», применявшиеся еще в 1943 г. при налетах на Германию.

Эти первые образцы оружия относились к классу «воздух — земля» и дали возможность накопить некоторый опыт в деле освоения управляемого авиационного оружия, использованный потом при разработках снарядов других классов.

Уже после войны и захвата, в результате этого, материалов по немецкой реактивной технике и образцов ее, а также вывоза из Германии ряда лиц из числа конструкторского состава, руководящего и технического персонала, США начали широкие опыты с немецкими снарядами и американскими копиями их. Некоторые из этих копий (например КУУ-1 «Лун», авиационный снаряд JB-2 — оба копии V-1) были приняты и некоторое время состояли на вооружении флота и ВВС. Кроме того было создано большое количество копий ракеты V-2.

Снаряд КУУ-1 «Лун» имеет реактивный пульсирующий двигатель. «Лун» предназначается для нанесения ударов по важным береговым объектам и может запускаться как с береговых, так и корабельных стартовых устройств. Из печати известно о запуске снаряда «Лун» с подводных ло-

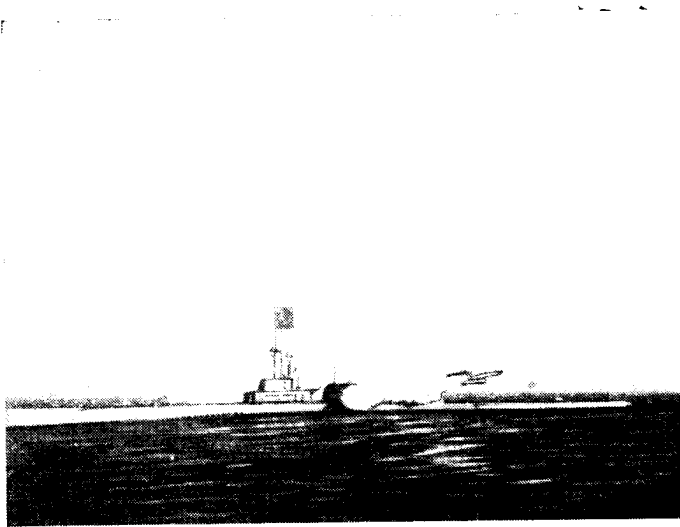


Рис. 20. Запуск снаряда „Лун“ с подводной лодки „Каск“

док «Каск» (рис. 20) и «Карбонеро» с применением стартовых ракетных ускорителей. Снаряды размещались в герметических ангарах, расположенных позади боевой рубки (рис. 21).

Снаряд ТМ-61 «Матадор» (рис. 22) явился одним из первых собственно американских образцов управляемого реактивного тактического оружия, поступившего на вооружение американских войск. В частности, авиадивизии, дислоцированные в Германии, имеют в своем составе специальные эскадрильи, вооруженные снарядами «Матадор». Для запуска снаряда не используется установка, смонтированная на автоприцепе (рис. 23). Как и «Лун», «Матадор»

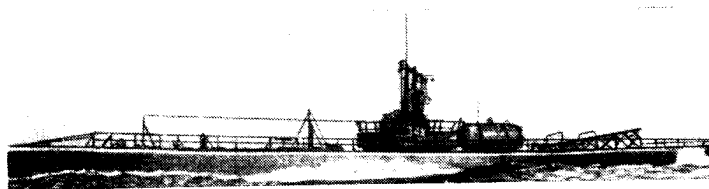


Рис. 21. Подводная лодка с ангаром для хранения УРС и стартовым устройством

## Снаряды класса

Форма и год создания снаряда	Шифр и название	Носитель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
1948	KUW-1 „Луи“	Подводные лодки, наземные установки	ПуВРД + стартовый ПРД с тягой 1800 кг	•	9,0
Дженерал Электрик 1949	„Гермес“ А-1	Наземные установки	ЖРД „Дженерал Электрик“	3 630	7,6
Глен Мартин 1949	TM-61 „Матадор“	Наземные установки	ТРД „Аллисон J-33-A-37“ + стартовый ПРД	3 175	12,0
Чанс-Воут 1951	SSM-N-8 „Регьюлус“	Надводные корабли, подводные лодки, наземные установки	ТРД „Аллисон J-33-A-14“ + 2 стартовых ПРД	2 270	9,7
Грумман 1951	SSM-N-(?) „Ригель“	Корабли и наземные установки	Реактивный двигатель „Марквардт“	•	•
Файрстоун 1953	SSM-A-17 „Капрал“	Наземные установки	ЖРД „Аэроджет“	9 000	12,7
Крайслер 1953	SSM-A-(?) „Редстоун“	Наземные установки	ЖРД „Норт Америкэн“	29 500	18,3



„земля—земля“

Таблица 6

Диаметр, м	Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета км мили	Скорость полета, м/сек	Высота полета, м	Система управления	Примечание
0,86	5,7	$\frac{2\ 200}{990}$	$\frac{320}{173}$	$\frac{720}{200}$	1 200	ТУ + АУ	Создан на базе германского управляемого снаряда V-1
0,81	2,3	5 440	$\frac{80}{43,2}$	Около $\frac{2\ 450}{680}$	30 000		Разрабатывался по заказу сухопутных сил США; является модификацией германского управляемого снаряда „Васерфаль“ С-2; имеет модификации „Гермес“ А-2 и „Гермес“ А-3, отличающиеся от основной модели увеличенными размерами
1,35	8,5	$\frac{5\ 440}{1\ 360}$	$\frac{875}{478}$	$\frac{1\ 116}{310}$	13 700	АУ+ТУ + +СН	Находится в массовом производстве
1,3	6,3	$\frac{6\ 590}{1\ 300}$	$\frac{320}{174}$	$\frac{965}{268}$	•	АУ+ТУ + +СН	Находится в массовом производстве
•	•	•	•	•	•	•	Разрабатывался по заказу ВМФ; работы приостановлены
0,76	Нет	5 440	$\frac{120}{65}$	$\frac{3\ 672}{1\ 020}$	82 000	ТУ + АУ	Разработан по заказу сухопутных сил США; имеет модификации: „Капрал Е“ и „Капрал F“, отличающиеся от основной модели большей дальностью полета и возможностью нести атомный заряд
1,5	Нет	18 150	$\frac{700}{380}$	Более $\frac{1\ 224}{340}$	•	•	Модификация германского снаряда V-2, предназначен для поражения крупных целей

Форма и год создания снаряда	Шифр и название	Носитель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
Корпель аэроаут лаборатори 1953	SSM-N-(?) „Лакросс“	Наземные установки	ТРД „Аллисон J-33-A“	2 090	•
Нортроп 1950	SM-62 „Спарк“	Наземные установки	ТРД „Аллисон J-71“	4 350	•
Норт-Америкэн 1954	SM-64 „Навахо“	Наземные установки	ТРД „Райт X-10“ + стартовый ПРД	•	•
Конвейр 1955	SM-65 „Атлас“	•	ЖРД „Норт-Америкэн“	•	30,5
Дуглас Эмерсон 1953	„Опест Джон“	Наземные установки	ПРД „Геркулес“	•	8,6
Конвейр 1948	MX-774	Наземные установки	Реактивный двигатель „Риэксшен Моторс“	3 600	9,6

Продолжение

Диаметр, м	Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета, км миль	Скорость полета, м/сек	Высота полета, м	Система управления	Примечание
1,14	Есть	4 540	Около $\frac{16}{8,6}$	$\frac{1000}{278}$	•	ТУ	В процессе производства; предназначен для вооружения корпуса морской пехоты
1,7	12	6 350	$\frac{8 000}{4 350}$	$\frac{960}{267}$	18000	АУ	Снаряд без хвостового оперения, но с несущими плоскостями; предназначен для поражения стратегической цели, может иметь термоядерный или атомный заряд
•	•	•	$\frac{8 000}{4 350}$	$\frac{3000-3600}{835-1000}$	30000	АУ	Разрабатывается по заказу военно-воздушных сил, крейсерская скорость—сверхзвуковая, предназначен для поражения стратегических наземных целей, может иметь атомный или термоядерный заряд; двигатель будет заменен на ПВРД
2,4	Нет	102000— 227000	$\frac{8 000}{4 350}$	Около $\frac{18 360}{5 100}$	916000	АУ	Многоступенчатая баллистическая ракета, может иметь термоядерный заряд, предназначена для поражения стратегических наземных целей
0,76	Нет	$\frac{2 700}{680}$	$\frac{30}{16,2}$	Около $\frac{1836}{510}$	9100	НУ	Разработан по заказу сухопутных сил США
0,76	•	•	•	•	15800		

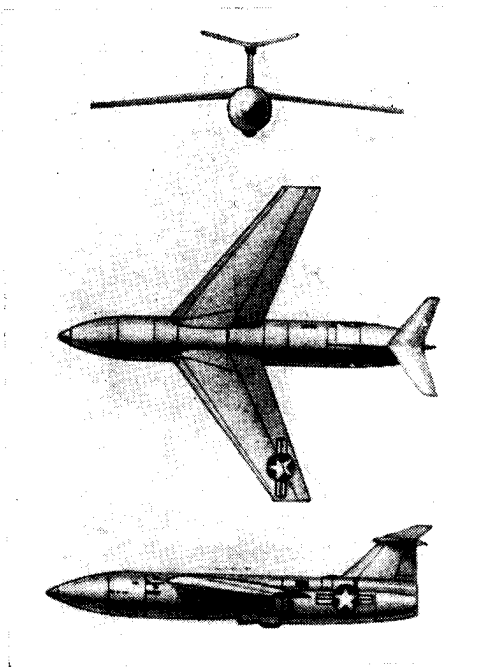


Рис. 22. УРС „Матадор“

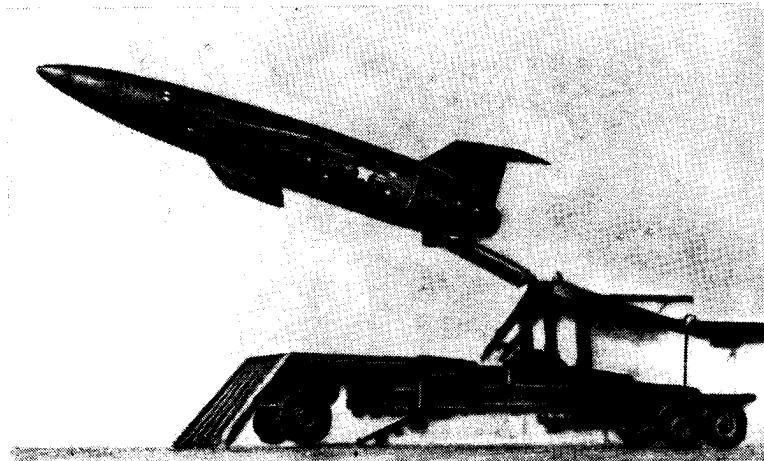
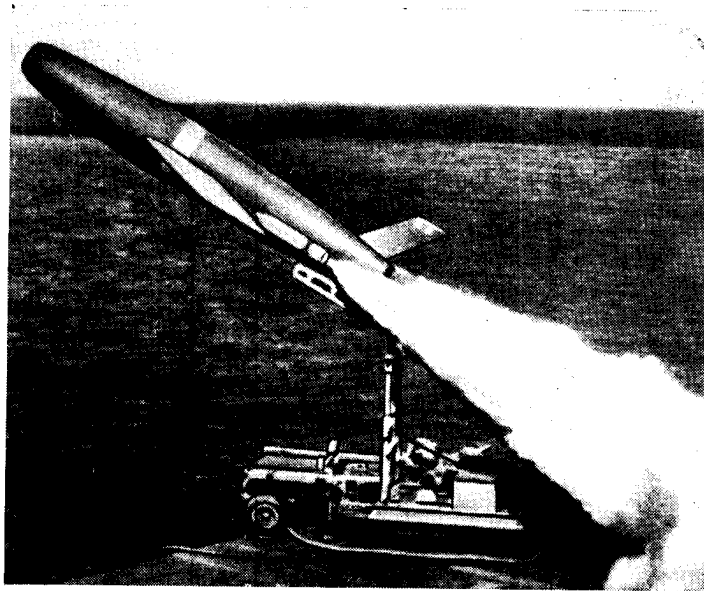


Рис. 23. УРС „Матадор“ в момент запуска с автоприцепа

запускается с помощью ракетного ускорителя. В полете он управляется по радио с наземного пункта, использующего радиолокационную станцию для контроля за полетом снаряда.



**Рис. 24.** Запуск снаряда «Регюлус» с устройства, смонтированного на автоприцепе и стоящего на палубе авианосца «Хенкок»

В настоящее время в США ведутся работы по модификации этого снаряда: «Матадор-2» должен иметь несколько большую скорость полета, а «Матадор-3» — обладать меньшими размерами и весом.

Снаряд SSM-N-8 «Регюлус», находящийся уже несколько лет в массовом производстве и состоящий на вооружении кораблей военно-морского флота, по своей конструкции аналогичен управляемому снаряду «Матадор». Запускается он при помощи двух пороховых стартовых ракет. С авианосцев он запускался с подвижного устройства, смонтированного на автоприцепе (рис. 24). Одновременно с этим проводятся эксперименты по запуску «Регюлуса» посредством паровых катапульт. На подводной лодке устрой-

ство для запуска снаряда размещено в кормовой части. Хранится «Регьюлус» в водонепроницаемом ангаре, расположенном позади боевой рубки. При хранении в ангаре крылья снаряда складываются.

Согласно справочнику иностранных флотов снарядами «Регьюлус» вооружен крейсер «Лос-Анжелос»<sup>1</sup>. Проводятся опытные работы по вооружению подобными снарядами подводных лодок типа «Наутилус».

Разработан и запущен в серийное производство также снаряд типа «Лакросс» оказания ближней огневой поддержки корпусу морской пехоты и сухопутным частям.

Большое внимание уделяется внедрению реактивного оружия в армии. В настоящее время на вооружении находятся управляемые снаряды «Капрал» и «Редстоун».

Управляемый снаряд SSM-A-17 «Капрал» представляет собой баллистическую ракету со сверхзвуковой скоростью полета и предназначается для поражения целей, расположенных в тактической и оперативной глубине противника, т. е. на расстоянии около 120 км (65 миль) от места запуска снаряда. Для запуска снаряд устанавливается на простую по устройству платформу (рис. 25) и «выстреливается» вертикально вверх. Во время взлета он управляется радиолокационным лучом. После выключения в определенной точке реактивного двигателя

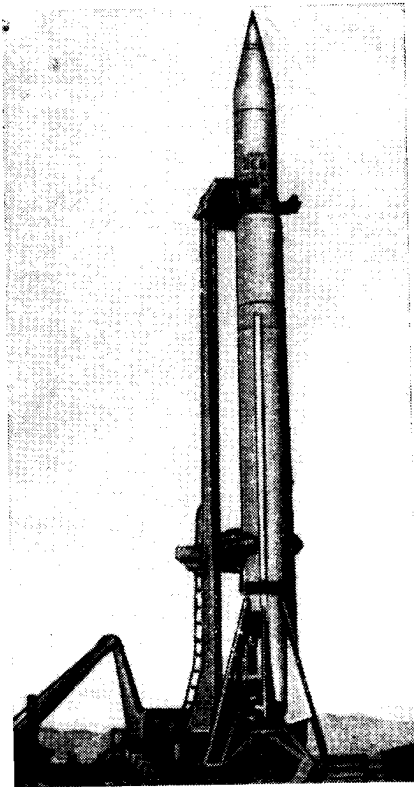


Рис. 25. УРС «Капрал» в положении для запуска

<sup>1</sup> „Jane's Fightings Ships 1955—56“, стр. 398.

снаряд продолжает полет, управляемый автономными приборами. Достоинством системы управления этого снаряда является ее высокая помехоустойчивость.

Кроме указанного образца, существуют модификации: «Капрал Е» и «Капрал F»<sup>1</sup>, предназначенные для дальней оперативной поддержки войск. Эти снаряды могут нести атомные заряды.

В настоящее время командование США вооружает снарядами «Капрал» вновь сформированные артиллерийские части армии, расположенные в Западной Германии. Из печати известно, что в начале 1956 г. в Европу должно было быть направлено шесть дивизионов, вооруженных этими снарядами. Каждый дивизион имеет 10 пусковых установок, которые обслуживают 250 человек. Один дивизион таких снарядов в 1955 г. уже находился в Германии<sup>2</sup>.

Управляемый снаряд «Редстоун», предназначенный для поддержки сухопутных войск при проведении ими как наступательных, так и оборонительных операций, создан на базе немецкой баллистической ракеты V-2. Конструкция ракеты позволяет разместить в ней атомный заряд.

Американские специалисты считают, что «Редстоун» (особенно с атомным зарядом) может применяться для нанесения удара по наиболее сильным и важным группировкам противника и объектам, расположенным на всей глубине тактической зоны его обороны, а также по некоторым крупным объектам, находящимся и в оперативной глубине. В частности, считается, что после удара этими ракетами можно создать условия для успешного ввода в бой бронетанковых войск, задача которых состоит в стремительном достижении цели.

Наряду с работами по созданию реактивных снарядов тактического и оперативного назначения в США разрабатываются и стратегические реактивные снаряды — межконтинентальные самолеты-снаряды и баллистические ракеты, способные преодолевать большие расстояния. Назначение таких снарядов, способных нести термоядерные и атомные заряды, — нанесение ударов по крупным военно-промышленным и административно-политическим центрам противника, т. е., в основном, воздействие по наиболее крупным тыловым объектам для снижения экономического и военного потенциала противника.

<sup>1</sup> „Interavia“ № 5, 1955 г., стр. 306—307.

<sup>2</sup> „Le Monde“, 24 декабря 1955 г., стр. 2.

Небезынтересно отметить, что в области создания межконтинентальных снарядов США тесно сотрудничают с Англией. Так, еще в 1954 г. между ними было заключено соглашение о создании управляемых снарядов с большой дальностью полета.

По мнению некоторых американских и английских специалистов, межконтинентальные управляемые реактивные снаряды и баллистические ракеты в будущем окажутся способными заменить стратегические бомбардировщики, являющие сегодня единственным средством удара по глубоким тылам противника. Причина такой замены, как они считают, заключается в следующем: по сравнению со стратегической авиацией УРС имеют большую точность поражения целей, могут одновременно наносить несколько ударов по целям, расположенным на всей территории противника, позволяют наносить более внезапные и массированные удары. Кроме того, ПВО страны с меньшей эффективностью сможет вести борьбу с межконтинентальными управляемыми снарядами и баллистическими ракетами, обладающими большой скоростью и высотой полета, чем с тяжелыми стратегическими самолетами, действия которой будут в некоторой степени затруднены мощной системой ПВО, основу которой составят зенитные управляемые реактивные средства.

Следует заметить, что другие американские и английские авторы считают, что вооружение стратегической авиации УРС типа «Раскал» существенно повышает ее боевые возможности. Поэтому говорить об утрате ей значения, по их мнению, еще рано.

По заявлению начальника штаба военно-воздушных сил, в настоящее время в США ведутся работы по созданию трех типов таких снарядов: «Снарк», «Навахо» и «Атлас».

Снаряд SM-62 «Снарк» (рис. 26) — дозвуковой самолет-снаряд, имеющий турбореактивный двигатель. Он относится к снарядам самолетного типа, т. е. выполнен по аэродинамической схеме, подобной самолетным схемам. Он имеет крылья, размах которых равен 12 м, а стреловидность 45°. С помощью турбореактивного двигателя до начала пикирования на цель снаряд совершает полет, как самолет. Запускается он с помощью вспомогательных стартовых реактивных двигателей (рис. 27). Заданное направление полета и дальность выдерживаются с помощью автоматической системы звездной навигации и автопилотов.



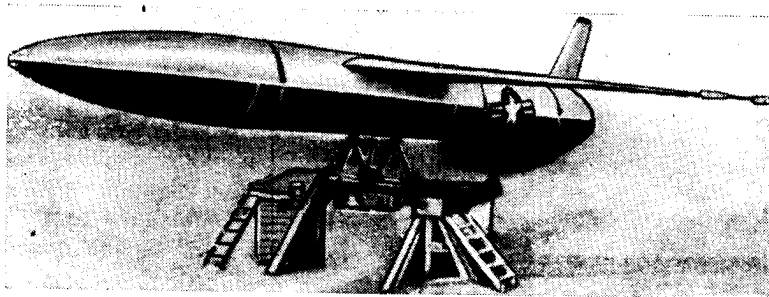


Рис. 26. Межконтинентальный УРС „Снарк“



Рис. 27. Запуск УРС „Снарк“

Стратегический управляемый реактивный снаряд SM-64 «Навахо», так же как и «Снарк», является снарядом самолетного типа.

Запуск снаряда на высоту порядка 15 000 м производится с помощью стартовых ракет, после чего он разгоняется до скорости около 3000 км/час и достигает высоты 30 км. Дальнейший полет совершается при помощи основных реактивных двигателей. Эти двигатели были испытаны еще в 1954 г. фирмой Норт Америкэн и в настоящее время усовершенствуются.

По сообщению прессы, снаряд «Навахо» будет иметь прямоточный реактивный двигатель, хотя в настоящее время он проходит испытания с турбореактивным двигателем. Одновременно совершенствуется и создается более надежная система автоматической астронавигации.

Стратегический управляемый реактивный снаряд SM-65 «Атлас» представляет собой многоступенчатую баллистическую ракету.

Как сообщается в прессе, отклонение снаряда «Атлас» составляет лишь 0,2% от дистанции, т. е. при дальности полета 8000 км (4320 миль) отклонение будет равно 16 км (8,6 мили). Однако некоторые иностранные специалисты утверждают, что вследствие того, что снаряд развивает огромную скорость, у него создается большое поверхностное трение о воздух при движении на нисходящей ветви траектории (при возвращении в атмосферу), вследствие чего аэродинамические свойства снаряда из-за оплавления оперения изменятся. Это в известной степени может отразиться на рассеивании снарядов в районе цели.

Наряду с управляемыми реактивными снарядами в США приняты на вооружение и неуправляемые снаряды. В частности, в настоящее время в массовом производстве находится неуправляемый реактивный снаряд «Онест Джон» (рис. 28), весьма простой по устройству. Запускается он с самодвижущихся установок, имеет ракетный двигатель, работающий на твердом топливе (пороховая ракета «Геркулес»). Снаряды типа «Онест Джон» предназначаются для оказания непосредственной огневой поддержки наземным войскам путем массированных огневых ударов по объектам противника, находящимся на переднем крае и в непосредственной близости от него, и могут быть снабжены атомными зарядами.

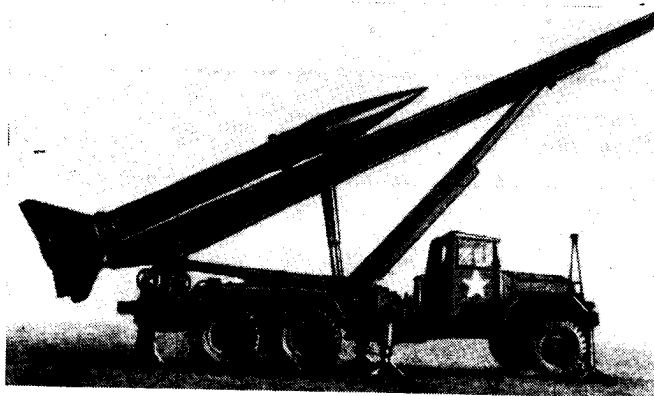


Рис. 28. Неуправляемый реактивный снаряд „Онест Джон“

#### Реактивные снаряды класса «воздух — земля»

За последние годы в США разрабатывалось несколько образцов снарядов «воздух — земля», которые можно разделить на три основные группы: неуправляемые реактивные снаряды, управляемые и планирующие бомбы и управляемые реактивные снаряды (табл. 7).

*Неуправляемые реактивные снаряды* были созданы и применялись еще во время второй мировой войны для нанесения ударов с воздуха по наземным целям. В настоящее время в США находятся на вооружении снаряды «Холи Моусиз», «Рэм», «Тайни Тим», М-8 и М-8 супер.

Снаряд «Холи Моусиз» (рис. 29) представляет собой высокоскоростную ракету, по своему разрушительному

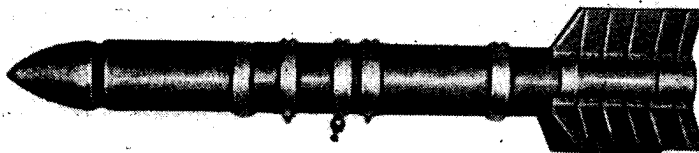


Рис. 29. Неуправляемый авиационный реактивный снаряд „Холи Моусиз“

## Снаряды класса „ВОЗ

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Носитель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр снаряда, м
Неуправляемые ре						
1943	М-8	Самолет	ПРД	•	0,9	0,11
1943	М-8 супер	Самолет	ПРД	•	1,75	0,11
1943	3,5 AR	Самолет	ПРД	•	1,37	0,09
1944	„Тайни Тим“	Самолеты	ПРД	13 620	3,66	0,30
	„Холи Моу-сиз“	Самолеты	ПРД	•	1,83	0,13
	„Рэм“	Самолеты	ПРД	•	•	0,15
Управляемые						
	Х-4	Самолеты	Нет	—	•	•
	„Азон“	Самолеты	Нет	—	•	•
	„Разон“	Самолеты	Нет	—	•	•
	„Тарзон“	Самолеты	Нет	—	8,23	•
	„Рок“	Самолеты	Нет	—	•	•
П л а н и р у ю						
	„Гломб“	Самолеты	Нет	—	•	•
	„Бэт“	Самолеты	Нет	—	•	•

## дух—земля"

Т а б л и ц а 7

Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета	Скорость полета	Высота полета м	Система управле- ния	Примечание
		км мили	км/час м/сек			

## активные снаряды

Нет	16	0,5	936	—	НУ	Имеет складывающиеся стабилизаторы	
	2,3	0,27	260				
Нет	47	1,0—1,5	1400	—	НУ		
	18	0,5—0,8	390				
Нет	25	1,0—1,5	1260	—	НУ		Имеет модификации 5,0 AR и 5,0 HVAR, характерные большими размерами и большим весом заряда
	9	0,5—0,8	350				
Нет	582,9	0,9—1,3	878—990	—	НУ		
	68	0,48—0,7	244—275				
Нет	63,5	•	1483	—	НУ		
			412				
Нет	•	•	•	—	НУ		

## авиабомбы

—	•	•	•	—	ТУ	Управление по проводам
—	454	•	•	—	ТУ	
—	450	•	•	—	ТУ	
—	5000	•	•	—	ТУ	
—	•	•	•	—	ТУ	

## шие бомбы

•	450	•	•	—	АУ+СН
•	•	15—20 8,1—10,8	•	—	СН

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Носитель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр снаряда, м
Управляемые ре						
Мак Доннел 1945	KSD-1 „Горгойль“	Самолеты	ЖРД	•	3,0	•
Мак Доннел 1945	KDD-1 „Кэтидид“	Самолеты	ПВРД „Мак Доннел-Шмидт“	•	3,3	•
Грумман 1952	QF6F „Хелкэт“	Запуск с земли или авианосцев	Авиационные моторы „Пратт и Уитни“ R-2800	2000 л. с.	10,1	•
Глен Мартин 1954/1955	ASM-N-7 „Баллап“	•	•	•	3,35	0,3
Глен Мартин, Фейрчайлд 1953	ASM-N-5 „Горгон V“	Самолеты	ПВРД	•	6,6	0,8
Чанс Воут, Истмен Кодак 1953	AUM-N-4 „Дов“	•	•	•	•	•
Белл 1953	GAM-63 „Раскал“	Тяжелые бомбардировщики	ЖРД	2720	10,5	1,37
Фейрчайлд, нац. бюро стандартов 1954	AUM-N-2 „Петрел“	Самолеты, вертолеты	ТРД „Фейрчайлд J-44“	450	7,32	0,61

Продолжение

Размер крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета км		Скорость полета км/час		Высота полета м	Система управления	Примечание
		мили	ми/сек	мили	м/сек			
активные снаряды								
2,55	•	8	936	•	•			
	450	4,3	260					
3,7	•	•	324	•	•			Может запускаться с земли с катапульты, время работы двигателя 40 минут. Используется как мишень
			90					
13	5160	2900	600	11700	ТУ			Беспилотный самолет, несущий заряд взрывчатого вещества
	900	1566	167					
•	•	•	•	•	•			В стадии развития
Есть	720	32	1600	•	ТУ			Разрабатывался для ВМС развитие приостановлено
		17,3	444					
Есть	•	•	•	•	•			Предназначен для поражения подводных лодок
Есть	•	160	1836	25 000—	АН+ТУ			Может запускаться с бомбардировщиков В-52 и В-58
		86,4	510	30 000				
3,96	680	32	864	•	ТУ+СН			Предназначен для борьбы с подводными лодками и надводными кораблями
		17,3	240					

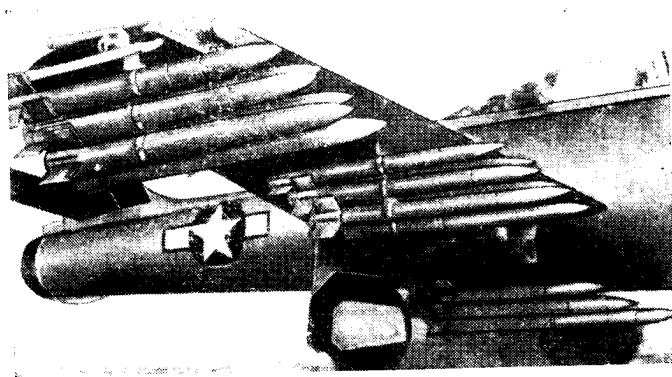


Рис. 30. Подвеска реактивных снарядов «Холи Моусез» под крыльями и фюзеляжем самолета «Тандерджет»

действую примерно равную 5-дюймовому артиллерийскому снаряду.

Подвешиваются указанные снаряды под крыльями самолета (рис. 30) и предназначаются для нанесения ударов по кораблям, транспортам, танкам, поездам, автотранспорту, понтонным мостам.

Снаряд «Рэм» (рис. 31) был создан в период интервенции в Корее и предназначался для действий против броне-

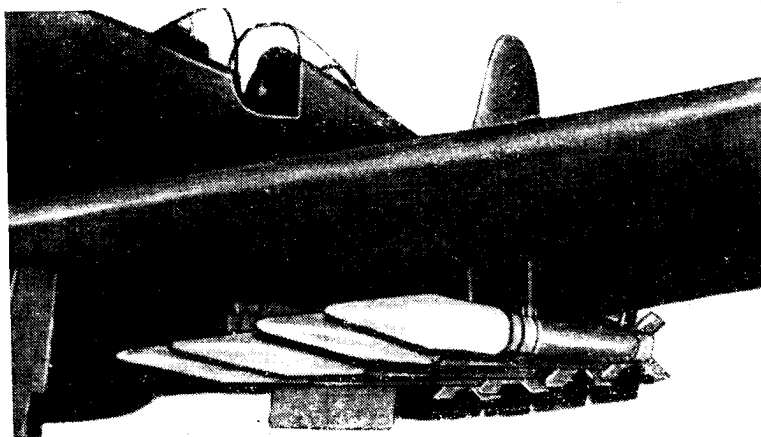


Рис. 31. Четыре неуправляемых авиационных реактивных снаряда «Рэм», подвешенные под крылом самолета



машин, кораблей, а также железобетонных и земляных укреплений. Снаряд имеет заряд кумулятивного действия.

Снаряд «Тайни Тим» (рис. 32), состоящий на вооружении авиации американских военно-морских сил, имеет мощный заряд ВВ и значительный общий вес. По разрушительному действию снаряд «Тайни Тим» и 12-дюймовый артиллерийский снаряд примерно равны. Первый, по утверждению американцев, пробивает железобетон толщиной 1 м.

Неуправляемые авиационные снаряды М-8 и М-8 супер относятся к пороховым и имеют складывающееся оперение, стабилизирующее снаряд в полете. По действию на цель они примерно равноценны 100—120-мм артиллерийским снарядам. Подвеска их производится под крыльями или

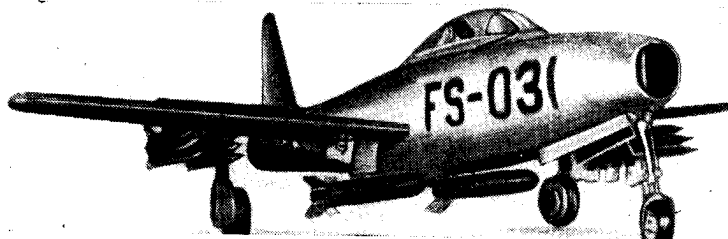
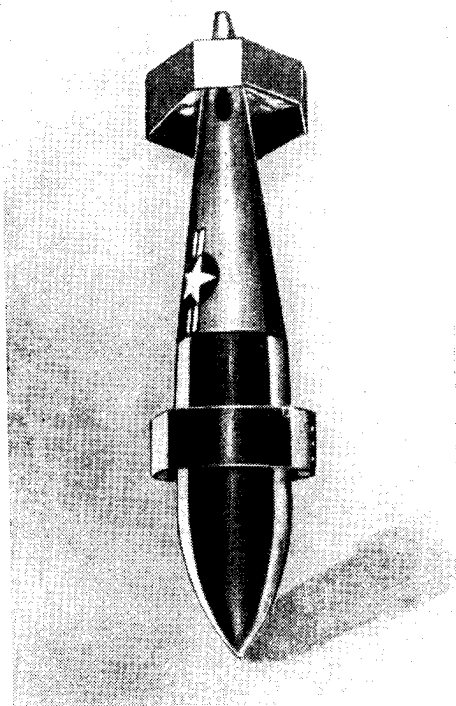


Рис. 32. Два неуправляемых авиационных реактивных снаряда «Тайни Тим», подвешенные под фюзеляжем самолета F-84E «Рипаблик» (под крыльями подвешены неуправляемые реактивные снаряды «Холи Моусиз»)

фюзеляжем самолетов. Применяются для штурмовки наземных войск и малых и вспомогательных кораблей, а также как снаряды воздушного боя.

*Управляемые бомбы*, как и неуправляемые реактивные снаряды, впервые применялись еще во время второй мировой войны. Они не имеют реактивных двигателей, почему и не относятся собственно к реактивному оружию. Одной из первых бомб подобного типа была бомба Х-4, управляемая с самолета по тонким проводам, которые разматывались с катушек, находившихся на самой бомбе. Позднее американцы разработали конструкции бомб, управляемых по радио. Сначала была создана бомба «Азон», управляемая только по направлению (азимуту), и бомбы «Разон» и «Тарзон» (рис. 33), управляемые как по азимуту, так и по дальности.



**Рис. 33.** Управляемая авиационная бомба «Тарзон»

«Азон» представлял собой обычную бомбу весом 454 кг, снабженную электробатареями, радиоприемниками, антенной, расположенной в хвостовой части, и прочими приборами управления. Бомба имела элероны, обеспечивавшие поперечную устойчивость, и вертикальные рули, позволявшие управлять движением бомбы по направлению (по азимуту). Возможность управления бомбой по направлению обеспечивала довольно большую точность поражения длинных узких целей (например, мостов, железнодорожных составов). По утверждению американских специалистов, из 100 сброшенных бомб «Азон» 25 попало в цель (в таких условиях в цель попадает в среднем лишь 1,7 обычных бомб).

Управляемая бомба «Разон» представляла собой усовершенствованный вариант бомбы «Азон». Введение вертикального управления с помощью специальных приборов повы-

сило вероятность прямых попаданий. Во время второй мировой войны такие бомбы весьма успешно использовались против малых целей. Точность бомбометания их была довольно высокой. Так, сброшенные с высоты 4500 м в условиях хорошей видимости, они поражали точечные цели, имея отклонение не более 20 м.

Однако управляемые бомбы типа «Азон», «Разон» и «Тарзон» имели следующий недостаток: при использовании этих бомб самолет для наблюдения за их полетом должен был, как и при обычном бомбометании, все время находиться в районе цели, т. е. в зоне огня зенитной артиллерии. Бомба «Тарзон» применялась в войне в Корее.

Вскоре после окончания второй мировой войны в США была создана управляемая бомба «Рок» (рис. 34), имевшая телевизионные приборы, размещенные в носовой части. Управление бомбой осуществлялось по радио на основании телевизионных данных. На испытаниях бомба показала высокую точность попадания: при бомбометании с высоты около 5000 м площадь рассеивания в диаметре не превышала 60 м.

В период второй мировой войны в США были созданы бомбы типа «Гломб». Последние имели меньшую точность наведения, сравнительно простую конструкцию и дальность действия до 32 км (17,3 мили). Бомбы эти являлись плани-

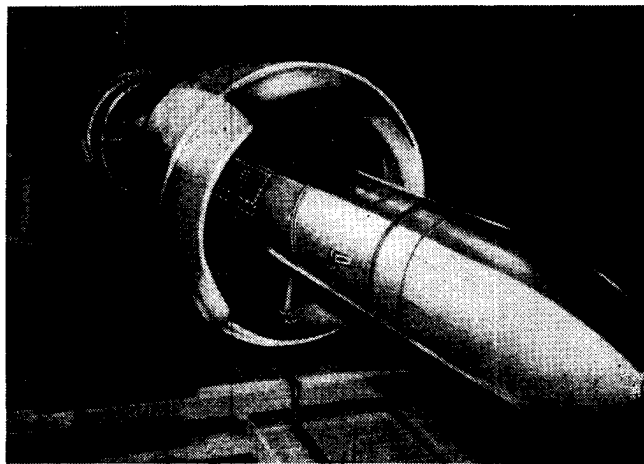


Рис. 34. Управляемая авиационная бомба «Рок»

рующими и управлялись с помощью радиосигналов, передаваемых с самолета-носителя.

Другим образцом планирующей бомбы (в настоящее время снятой с вооружения авиации флота США) была ASM-N-2A «Бэт» (рис. 35). Эти бомбы были созданы по заказу военно-морского флота США еще в ходе второй мировой войны.

Бомба «Бэт» наводилась на цель с помощью активного устройства самонаведения, установленного в головной части, что позволяло использовать ее для ударов с расстояний порядка 15—20 км по движущимся морским целям.

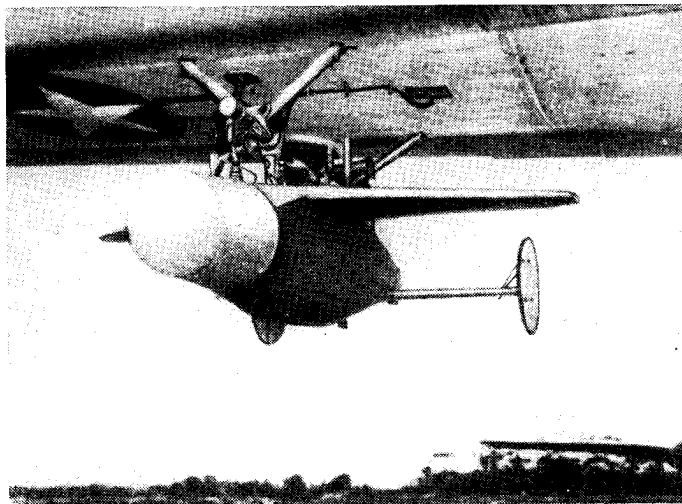
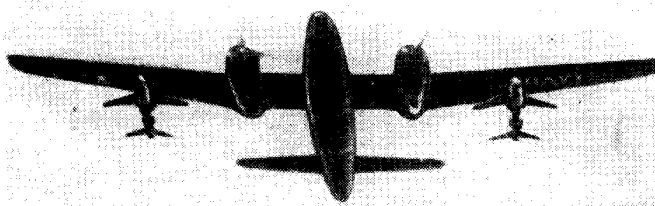


Рис. 35. Планирующая авиационная бомба «Бэт»

*Управляемые реактивные снаряды.* Первыми авиационными управляемыми реактивными снарядами США явились состоявшие на вооружении снаряды типа JB-2 (авиационный вариант немецкого снаряда V-1), а также снаряды типа JB-3 (телеуправляемые), предназначенные в основном для борьбы с самолетами-снарядами V-1 и имевшие неконтактный взрыватель. Кроме того, были разработаны различные модификации снаряда «Горгон», в том числе и экспериментальные, и снаряд «Горгойл», предназначенный для поражения морских и наземных целей. В настоящее



**Рис. 36.** Подвешенные под крыльями самолета «Нептун» управляемые реактивные снаряды «Петрел»

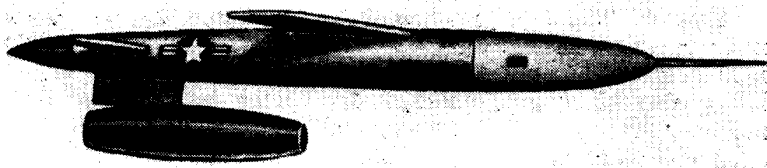
время на вооружении ВВС и авиации ВМФ США ни один из указанных снарядов не состоит.

Сейчас в США на вооружении находится реактивный управляемый снаряд AUM-N-2 «Петрел» (рис. 36), предназначенный для борьбы с подводными лодками, находящимися в подводном положении, а также с надводными кораблями. Снаряд приводится в движение турбореактивным двигателем «Фейрчайлд J-44». Боевая часть отделяется от корпуса снаряда при вхождении ее в воду. Этими снарядами вооружаются самолеты и вертолеты противолодочных сил США. Из сообщений американской печати можно предположить, что снаряд «Петрел» снабжен устройством для самонаведения, реагирующим на звуковое или электромагнитное поле подводной лодки.

Снаряд ASM-N-4 «Дов», состоящий на вооружении противолодочной авиации США, аналогичен по назначению и сходен по устройству со снарядом «Петрел». По некоторым сведениям «Дов» имеет тепловое устройство самонаведения.

Кроме того, по заказу ВМФ США разрабатывался авиационный УРС ASM-N-5 «Горгон» (модификация «Горгон IV», рис. 37).

По сообщениям печати США, компания Бэлл Эйркрафт Корпорейшн в течение многих лет работает над усовер-



**Рис. 37.** Авиационный управляемый реактивный снаряд «Горгон IV»

шенствованием снаряда GAM-63 «Раскал», предназначенного для вооружения самолетов бомбардировочной авиации дальнего действия В-52, В-47, В-58 «Хастлер». Считается, что дальность действия снаряда «Раскал», обладающего сверхзвуковой скоростью полета, дает возможность самолету, носителю снаряда, запускать его, находясь за пределами не только зоны огня зенитной нарезной артиллерии, но и досягаемости зенитных управляемых снарядов, используемых для противовоздушной обороны цели.

Снаряд имеет комбинированную систему управления: вначале он управляется приборами автономного (программного) управления, а затем (на среднем и конечном участке пути) оператор, находящийся на бомбардировщике, применяет телеуправление для наведения снаряда на цель.

Снаряд запускается с самолетов на высоте 12—15 км, далее с помощью собственного двигателя поднимается на высоту до 25—30 км (автономное управление), с которой пикирует на цель (телеуправление).

Следует указать, что наряду с разработкой и усовершенствованием образцов управляемых реактивных снарядов в США уделяется внимание и использованию беспилотных самолетов, несущих груз взрывчатого вещества и используемых в качестве управляемых снарядов. При этом предполагается использовать как старые (поршневые) самолеты, так и современные (с реактивными двигателями). В частности, во время войны в Корее американцами были применены таким образом бомбардировщики Грумман «Хеллкэт», снабженные телевизионной аппаратурой.

В настоящее время, по сведениям печати, под беспилотные самолеты приспособлены бомбардировщики В-17, В-26, истребитель F-80. Все они снабжены специальными приборами управления на расстоянии.

#### **Реактивные снаряды класса «земля — воздух»**

При создании управляемых реактивных снарядов этого класса американцы широко использовали конструкции немецких снарядов, разрабатывавшиеся для целей объектов ПВО фашистской Германии во время второй мировой войны для отражения массированных налетов американской авиации, которая действовала на больших высотах, используя для бомбометания радиолокационные прицелы.

В настоящее время в США разрабатывается и принято

на вооружение около десятка различных образцов зенитных управляемых реактивных снарядов (табл. 8).

Первым снарядом класса «земля — воздух», созданным в США сразу после окончания второй мировой войны, был снаряд SAM-N-2 «Ларк» (рис. 38), снабженный радиолокационным устройством самонаведения. «Ларк» состоял на вооружении. Снят с вооружения в последние годы в связи с созданием более совершенных снарядов. В настоящее время используется только как учебный для целей боевой подготовки и отработки системы ПВО кораблей.

Недостатки снаряда «Ларк» были учтены в конструкции нового ЗУРС SAM-N-7 «Терьер», предназначенного для за-

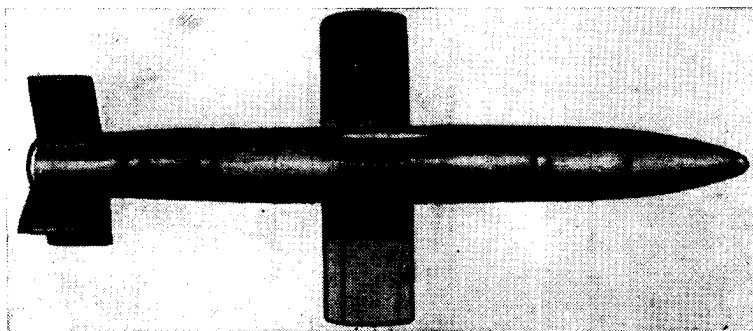


Рис. 38. Зенитный управляемый реактивный снаряд «Ларк»

пуска с кораблей (рис. 39) и созданного по заказу военно-морского флота. Наведение снаряда «Терьер» на воздушную цель осуществляется по лучу радиолокационной станции. Для увеличения вероятности поражения цели снаряд имеет устройство самонаведения, действующее на конечном участке траектории. Такая система управления позволяет запускать их в одиночку и группами. Запуск осуществляется с помощью вспомогательной пороховой ракеты (бустера), топливо которой по истечении трех секунд сгорает, и она (ракета) отделяется от снаряда. Далее полет происходит за счет работы основного реактивного двигателя снаряда. Взрыв боевого заряда вызывается неконтактным взрывателем.

## Снаряды класса

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Поситель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр, м
1944	КАН-1 „Литл Джо“	Наземная установка	ПРД „Джато“ + +4 стартовых ПРД	450	•	•
Боинг 1945—1948	ГАПА	Наземные установки	ПВРД + стар- товый ПРД	•	3,0	•
Фейрчайлд 1949	SAM-N-2 „Ларк“	Наводный корабль	ЖРД+2 стар- товых ПРД	280	4,4	0,45
Конвейр, Бендикс 1951	SAM-N-7 „Терьер“	Наводные корабли	ПРД + старто- вый ПРД	•	4,5	0,3
Дуглас, Уэстерн- Электрик 1950	SAM-A-7 „Найк 1“	Наземные установки	ЖРД+старто- вый ПРД	•	6,1	0,3
Дуглас, Уэстерн- Электрик 1956	SAM-A-9 „Найк- Геркулес“	Наземные установки	ЖРД+старто- вый ПРД	•	7,62	•



Т а б л и ц а 8

## „земля—воздух“

Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета	Скорость полета	Высота полета м	Система управле- ния	Примечание
		км мили	км/час м/сек			
•	• 45	$\frac{3,1}{1,7}$	$\frac{648}{180}$	3 000	ТУ	Имеет четыре кресто- образно расположенных крыла и неконтактный взрыватель
Нет	•	•	$\frac{2970}{825}$	•	•	Некоторые образцы имеют крылья, а в ка- честве двигателя ЖРД
1,9	550	$\frac{16,0}{8,6}$	$\frac{1080}{300}$	9 000	ТУ+СН	Снят с вооружения флота; выпуск не про- изводится
Нет	1 152	$\frac{32}{17,3}$	$\frac{2448}{680}$	17 000	ТУ+СН	Находится на воору- жении военно-морского флота; изготовлено око- ло 1000 шт.; имеет мо- дификацию „Терьер I“
1,5	$\frac{450}{140}$	$\frac{27,0}{14,6}$	$\frac{2520}{700}$	23 000	ТУ+СН	Находится на воору- жении армии; промыш- ленности заказано бо- лее 1000 шт.
•	•	$\frac{120}{64,8}$	$\frac{2560}{710}$	•	ТУ+СН	Может нести атомный заряд; на базе этого снаряда разрабатывает- ся снаряд „Найк-Зевс“

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Носитель	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр, м
Бендикс 1949	SAM-(?)-(?) „Локки“	•	ПРД „Гранд Сентрал“	•	1,8	0,08
Боинг 1952	JM-99 „Бомарк“	Наземные установки	2 ПВРД „Марквардт“ + стартовый ПРД	2×4540	20,0	•
Бендикс, Мак Донелл 1953	SAM-N-6 „Тэлос“	Надводные корабли	ПВРД фирмы „Мак Донелл“ + стартовый ПРД	•	4,3	0,3
Рейтеон 1954	SAM-N-(?) „Хаук“	Наземные установки	ЖРД	•	•	•
Бендикс, Боинг 1954	SAM-A-(?) „Тритон“	Наземные установки	•	•	•	•
Белл	AM-A-(?) „Шрайк“	Наземные установки	•	•	•	•
Конвейр 1955	AM-(?) „Таргар“	Надводные корабли	•	•	3,66	•

Продолжение

Размах крыльев, м	Общий вес кг	Дальность полета	Скорость полета	Высота полета м	Система управле- ния	Примечание
		км мили	км/час м/сек			
•	•	•	•	•	НУ	Создан на базе немецкого снаряда „Тайфун“
•	3 860	$\frac{400}{216}$	$\frac{3\,704}{1\,029}$	18 000	ТУ + СН	Беспилотный перехватчик, несет на борту снаряды класса „воздух—воздух“ GAR-98 „Фалкон“
•	1 420	$\frac{\text{Более } 32}{17,3}$	$\frac{\text{Более } 2\,448}{680}$	•	ТУ + СН	Разрабатывался по заказу военно-морского флота; находится на вооружении, имеет модификации „Тэлос-W“ и „Тэлос-L“, обладающие большей дальностью и скоростью
•	•	$\frac{\text{Около } 80}{43,2}$	•	•	•	Зенитный управляемый снаряд для поражения воздушных целей, летящих на небольшой высоте, разработан по заказу военно-морского флота
•	•	•	•	•	•	Предназначен для вооружения наземных частей
•	•	•	•	•	•	Предназначен для вооружения наземных частей
•	•	•	•	•	•	В массовом производстве: поражающее действие сильнее, чем у „Терьера“

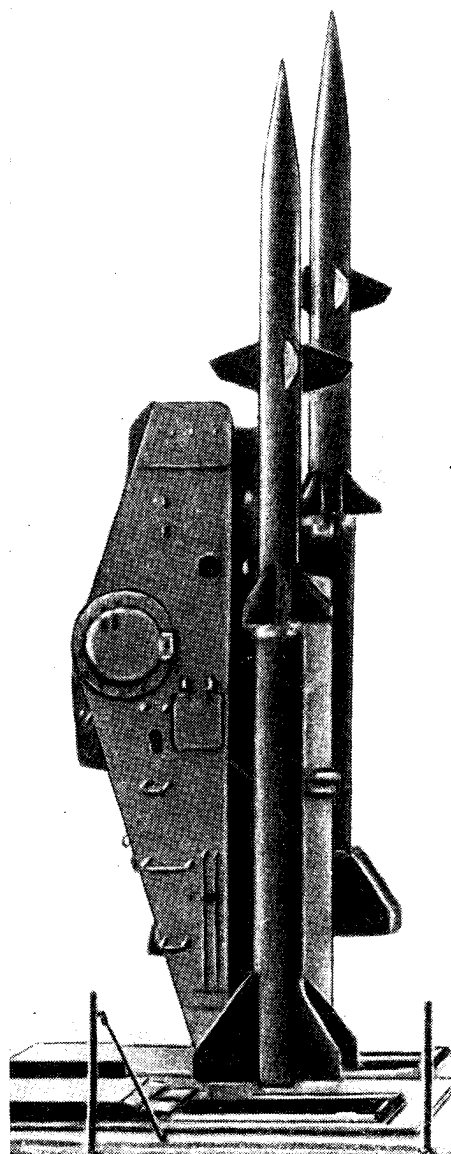


Рис. 39. Зенитный управляемый реактивный снаряд „Терьер“ (в спаренной корабельной установке для запуска)

Этими снарядами вооружен американский тяжелый крейсер «Бостон» (рис. 40). Для запуска снарядов на нем имеется две спаренные установки с автоматическим заряданием<sup>1</sup>. Скорострельность установок — 8 выстрелов в минуту (по данным печати). Аналогичное вооружение предполагается установить на тяжелом крейсере «Канберра».

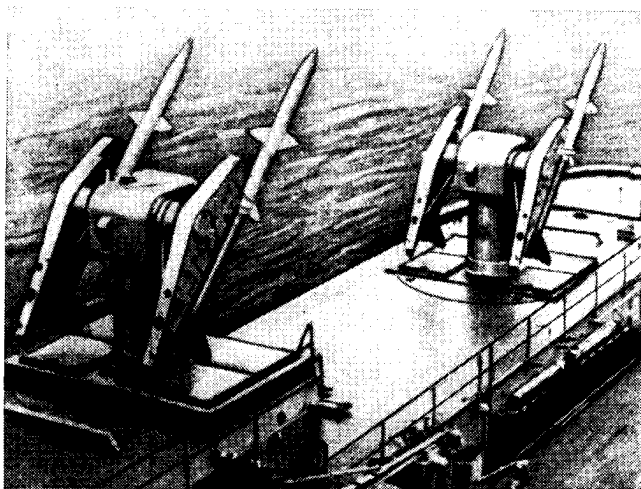


Рис. 40. Установка для запуска ЗУРС «Терьер» на крейсере «Бостон»

В настоящее время проводятся тренировочные учения по запуску зенитных снарядов «Терьер» с кораблей. Этими снарядами был также вооружен устаревший линейный корабль «Миссисипи» (рис. 41), исключенный в настоящее время из списков флота.

Предполагается, что зенитными снарядами «Терьер» будет вооружен корпус морской пехоты США для решения задач противовоздушной обороны береговых объектов флота и плацдармов десантирования.

Первым снарядом класса «земля — воздух», принятым на вооружение армии, а также частей ПВО США, осуществляющих оборону более 30 важнейших городов и про-

<sup>1</sup> По данным американской прессы, в начале 1957 г. крейсер «Бостон» — носитель зенитного телеуправляемого реактивного оружия — введен в состав Атлантического флота США.

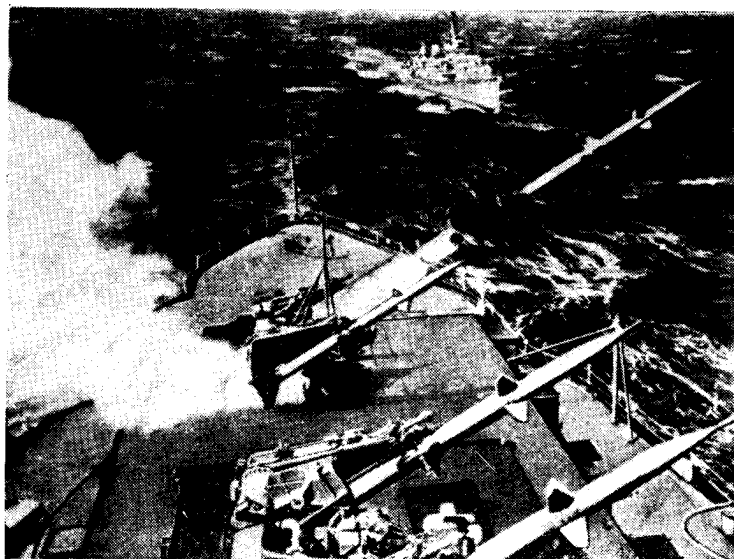


Рис. 41. Запуск ЗУРС «Терьер» с линейного корабля «Миннесота»

мышленных центров, явился снаряд SAM-A-7 «Найк» (рис. 42). В систему ПВО страны вошло несколько дивизионов, вооруженных снарядами «Найк». Каждый дивизион, включает до 16 стартовых установок. Дивизионы вводятся в состав армейских зенитно-артиллерийских бригад<sup>1</sup>.

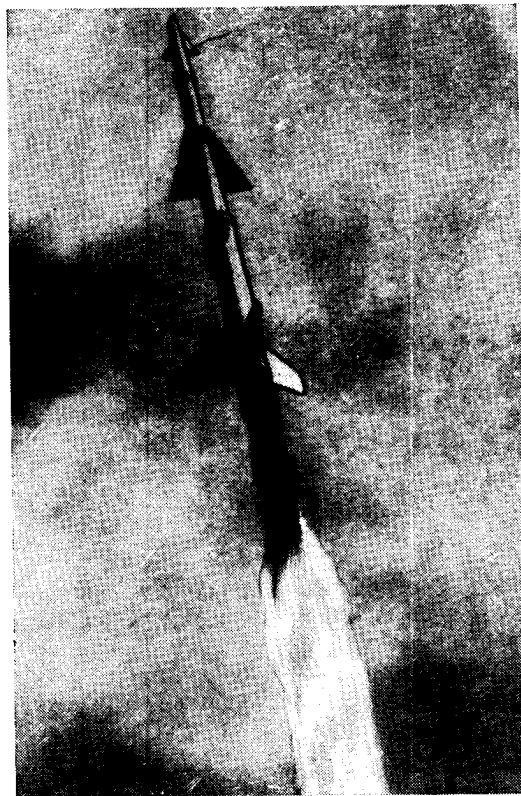
Запуск снаряда «Найк» производится со специальных подвижных установок с дистанционным управлением (рис. 43). Наведение осуществляется с наземных постов, оборудованных приборами обнаружения и наблюдения за полетом цели и управления полетом снаряда, что обеспечивает довольно высокую вероятность поражения воздушной цели (рис. 44).

Недавно в США была сконструирована новая модель этого снаряда — «Найк В» («Найк-Геркулес»), по размерам более крупная, чем предыдущие, и способная нести атомный заряд. Применение атомных зарядов позволит, по мнению американских специалистов, повысить вероятность поражения отдельно летящих самолетов, а также наносить удары по соединениям самолетов в воздухе.

<sup>1</sup> „Life“, 8 февраля 1954 г.

Несмотря на существенное улучшение конструкции снаряда «Найк», в последнее время в американской печати высказываются мнения, что он уже устарел. Главным недостатком «Найка» считается ограниченная дальность действия, не обеспечивающая перехвата современных самолетов.

По мнению американских специалистов, для успешной защиты от массированных налетов современных бомбардировщиков требуется беспилотный перехватчик дальнего действия. Первым таким перехватчиком, как заявил помощник министра авиации США Гарднер, считается поступающий на



**Рис. 42.** Зенитный управляемый реактивный снаряд „Найк“ в полете (до отделения стартовой ракеты)

вооружение военно-воздушных сил беспилотный носитель JM-99 «Бомарк» (рис. 45). Если «Найк» может быть эффективно применен против бомбардировщиков, находящихся на расстоянии 27—37 км (15—20 миль) от обороняемого объекта, то «Бомарк» будет использоваться с наземных стартовых установок для уничтожения воздушных целей на расстоянии около 460 км (250 миль) от охраняемого объекта<sup>1</sup>. При запуске снаряд поднимается по вертикали, набирая скорость за счет стартовой пороховой ракеты.

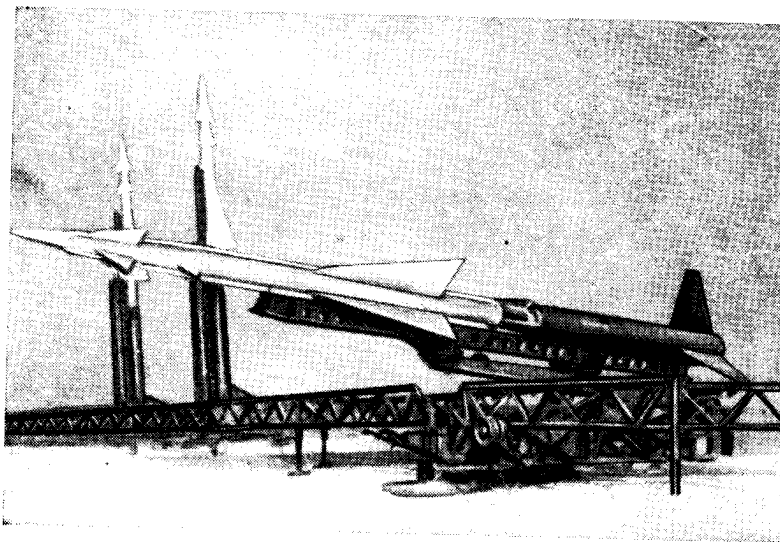


Рис. 43. Батарея ЗУРС «Найк»

Два мощных прямоточных реактивных двигателя позволяют ему развивать скорость<sup>2</sup> около 3700 км/час. «Бомарк» имеет устройство самонаведения на цель.

В результате дальнейших работ в этой области для американского военно-морского флота был создан снаряд

<sup>1</sup> После выпуска снарядов «Фэлкон» перехватчик «Бомарк» спускается на парашюте. Использование перехватчика «Бомарк» в качестве носителя снарядов «Фэлкон» позволит, по мнению американских специалистов, поражать снарядом «Фэлкон» воздушные цели на высотах, не доступных для снарядов «Найк» и «Тэлос».

<sup>2</sup> «New York World telegram and Sun», 24 марта 1955 г.



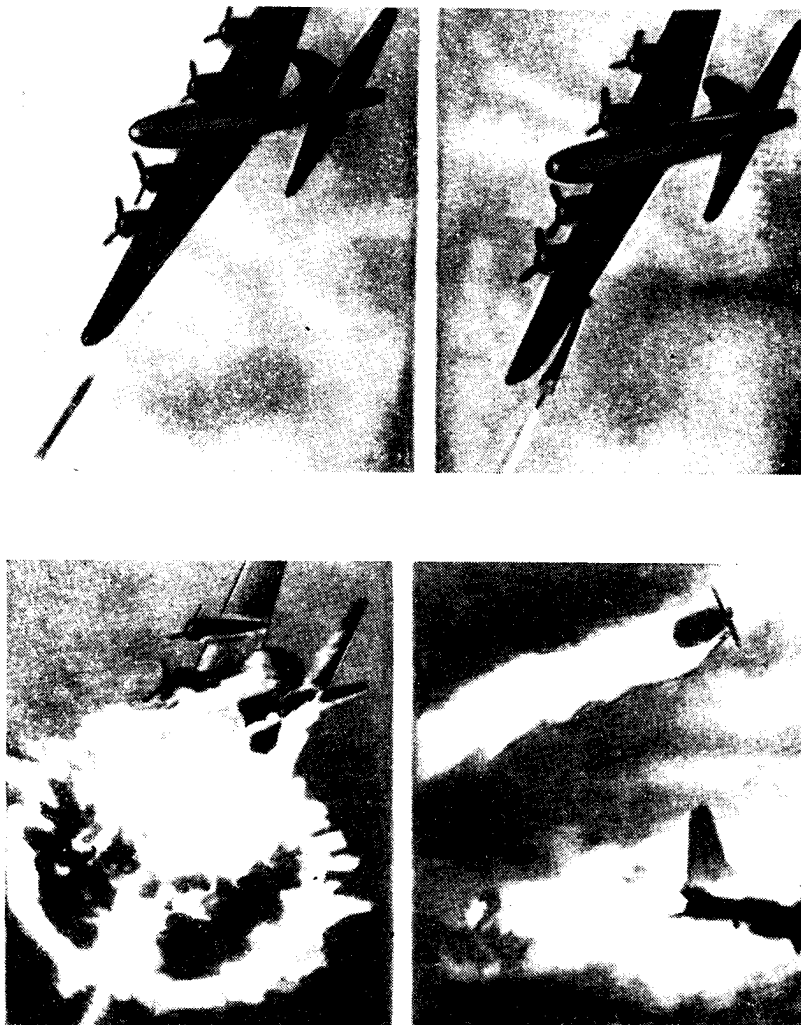
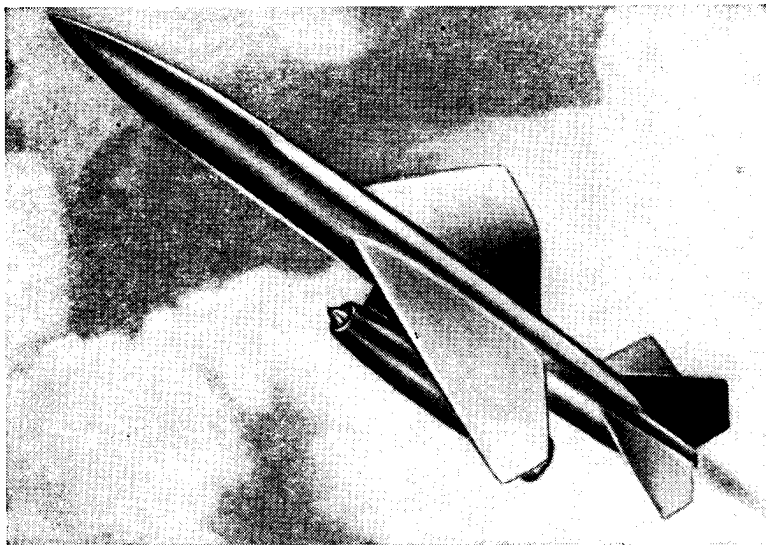
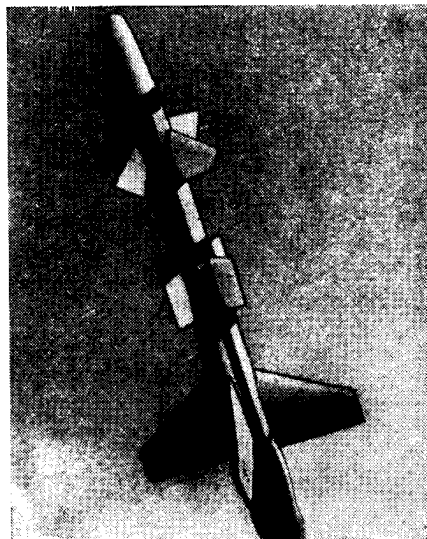


Рис. 44. Поражение воздушной цели зенитным управляемым реактивным снарядом „Найк“;  
*слева направо* прибор самонаведения наводит снаряд на цель — бесшляпный бомбардировщик В-17; снаряд приближается к самолету; взрыв снаряда вблизи самолета; гибель самолета



**Рис. 45.** Управляемый реактивный снаряд-перехватчик „Бомарк“ (является носителем управляемых реактивных снарядов „Фэлкон“)



**Рис. 46.** Зенитный управляемый реактивный снаряд „Тэлос“

SAM-N-6 «Тэлос» (рис. 46). В настоящее время разрабатываются различные варианты этого снаряда, в том числе «Тэлос-W», «Тэлос-L»<sup>1</sup>. По заказу военно-морского флота США фирма «Рэйтеон» работает также над созданием нового зенитного управляемого реактивного снаряда SAM-N-(?) «Хок», который в отличие от других снарядов будет способен поражать скоростные самолеты, летящие на бреющем полете. Ведется разработка и нового образца зенитного снаряда для армии «Локки». Как сообщалось в печати «Локки» предназначается для создания заградительного противовоздушного огня.

#### Реактивные снаряды класса «воздух — воздух»

Все существующие образцы снарядов класса «воздух — воздух», находящиеся на вооружении американской истребительной авиации, делятся в США на две группы: неуправляемые и управляемые реактивные снаряды (табл. 9).

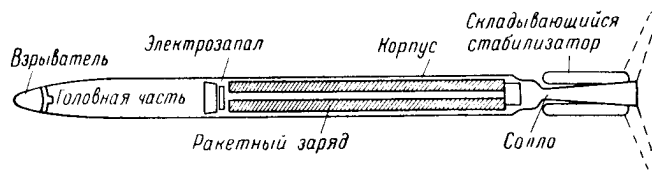


Рис. 47. Неуправляемый реактивный снаряд «Майти Маус»

Неуправляемые реактивные снаряды представляют собой, как правило, небольшие снаряды, в которых в качестве двигателя используется пороховая ракета. Дальность полета незначительна. Попадание в цель обеспечивается за счет придания им должного направления в момент выстрела (прицеливание самолетом). Размещаются снаряды под крыльями или фюзеляжем в специальных держателях или кассетах, причем и те и другие могут быть постоянно закрепленными или выдвигаемыми. К числу неуправляемых реактивных снарядов относятся «Майти Маус» (рис. 47) и «Аэромайт».

Одноместный всепогодный истребитель Норт Америкэн F-86D «Сейбр» имеет в нижней части фюзеляжа выдвиг-

<sup>1</sup> „Flying“, ноябрь 1955 г.

## Снаряды класса

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Носители	Двигатель	Неуправляемые ре		
				Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр снаряда, м
Управление вооружений ВМС 1949	„Майти Маус“	Истребители	ПРД	•	1,0	0,07
	• „Аэромайт“	Истребители	ПРД	•	•	•
Управляемые ре						
1946	„Горгон“ П-А	Истребители	ЖРД	160	•	•
Хьюз 1949	МХ-904	Истребители	•	•	•	•
Райен 1950	ААМ-А-1 и ААМ-Х-1 „Файрберд“	Истребители	ПРД+стартовый ПРД	•	2,3	0,15
Белл 1951	ААМ-Н-(?) „Метеор“	Истребители	ЖРД	•	•	•
Глен Мартин 1953	ААМ-Н-4 „Ориол“	Истребители и бомбардировщики	Реактивный двигатель	•	•	•

Таблица 9

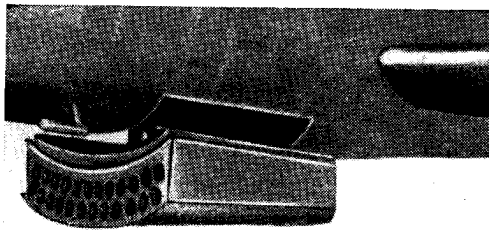
## „Воздух—воздух“

Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета		Собствен- ная ско- рость $\frac{\text{км/час}}{\text{м/сек}}$	Система управле- ния	Примечание
		км	мили			
активные снаряды						
•	8,1	•		$\frac{3\ 182}{884}$	—	Создан на базе немецкого снаряда 4М, имеет радиовзрыватель, стабилизаторы складывающиеся
•	•	•		•	—	
активные снаряды						
•	•	•		$\frac{792}{220}$	ТУ	Время работы двигателя — 2 минуты, имеет модификацию „Горгон“ II-C
•	$\frac{34}{4,4}$	•		$\frac{2\ 664}{740}$	•	
0,9	270	$\frac{3,5}{1,9}$		$\frac{\text{более } 1\ 224}{340}$	ТУ+СН	Предназначался для ВВС и ВМС США; в настоящее время изготовление прекращено
•	$\frac{230}{11,3}$	•		$\frac{3\ 600}{1\ 000}$	•	Разрабатывался по заказу ВМС; работы приостановлены
•	680	$\frac{37}{20}$		$\frac{\text{около } 2\ 448}{680}$	•	Разрабатывался по заказу ВМС; в 1954 г. развитие приостановлено

Фирма и год разработки снаряда	Шифр и название снаряда	Носители	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м	Диаметр снаряда, м
Дуглас, Сперри 1951	ААМ-N-2 „Спарроу-I“	Истребители	ПРД	•	2,5	0,15
Хьюз, Филко 1950	GAR-98 „Фэлкон“	Истребители	ПРД	2 725	1,8	0,15
Глен Мартин, Филко 1954	ААМ-N-7 „Сайдундер-I“	•	ПРД	•	2,79	0,13
Дуглас, 1956	„Динг-Динг“	•	ЖРД „Норт Америкэн“	•	•	•

Продолжение

Размах крыльев, м	Общий вес, кг	Дальность полета		Собствен- ная ско- рость $\frac{\text{км/час}}{\text{м/сек}}$	Система управле- ния	Примечание
		км	мили			
0,66	230	$\frac{8,1}{4,4}$		$\frac{3\ 600}{1\ 000}$	TV + CH	Разработан по заказу ВМС, находится в серийном производстве, имеет две модификации ААМ-N-3 „Спарроу-II“, и ААМ-N-4 „Спарроу-III“, находящиеся в стадии развития; имеют повышенные дальность полета и точность наведения
.	50	$\frac{8}{4,3}$		$\frac{3\ 600}{1\ 000}$	CH	Находится в серийном производстве, предназначен для вооружения истребителей F-89, F-102; имеет модификации „Фэлкон-II“ и „Фэлкон-III“, отличающиеся от „Фэлкон-I“ системой телеуправления. В конструкции корпуса и оперения использована фенольная пластическая масса с добавлением волокон (для прочности), способная выдержать $t=500^\circ$
.	68	.		$\frac{2450}{680}$	.	Разрабатывался по заказу ВМС; находится в стадии развития и серийного производства; имеет модификацию „Сайдуиндер-II“
.	2270	.		.	.	В стадии разработки

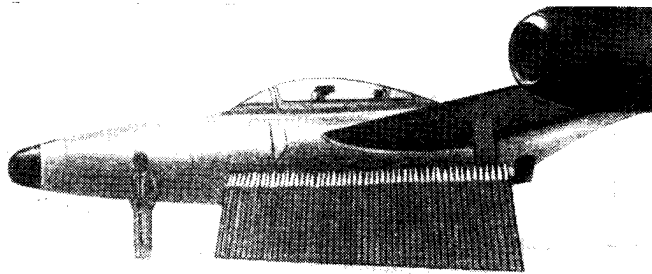


**Рис. 48.** Выдвижная кассета под фюзеляжем истребителя F-86D «Сейбр» для 24 неуправляемых реактивных снарядов «Майти Маус»

ную кассету для 24 реактивных снарядов «Майти Маус» (рис. 48). В момент выхода из кассеты скорость «Майти Маус» (относительно самолета) составляет 160 км/час, а при прохождении мимо передней части самолета — 800 км/час.

Самолет Норт Америкэн F-100 «Суперсейбр» имеет под крыльями две кассеты, вмещающие по 45 реактивных снарядов «Майти Маус»; истребитель F7V3 «Катлесс» — 32 реактивных снаряда «Майти Маус».

Истребитель Нортрон F-89D «Скорпион» несет в кассетах, вделанных в крылья, до 104 ракет (рис. 49).

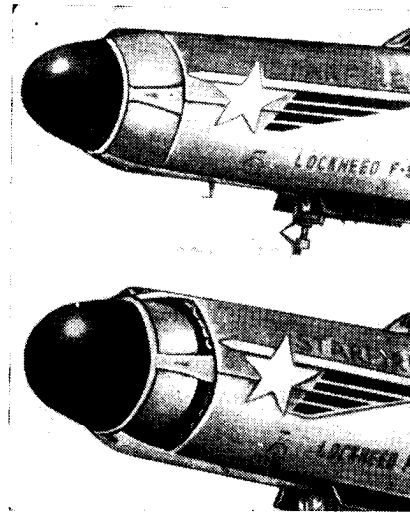


**Рис. 49.** Всезональный истребитель F-89D «Скорпион» и боекомплект одной кассеты в крыле — 52 неуправляемых реактивных снаряда



Конструкция стреляющего устройства позволяет вести стрельбу одиночными снарядами или залпом.

На двухместном всепогодном истребителе Локхид F-94C «Старфайр» реактивные снаряды «Майти Маус» (или «Аэромайт») размещаются в 24 направляющих трубах, расположенных в носовой части самолета вокруг радиолокатора (рис. 50). Кроме того, в крыльях имеется еще две



**Рис. 50.** Размещение 24 неуправляемых реактивных снарядов «Аэромайт» на всепогодном истребителе Локхид F-94C «Старфайр» (вверху — кассеты, расположенные вокруг радиолокатора, закрыты аэродинамическими щитами, внизу — щитки убраны)

кассеты на 12 снарядов каждая. На рис. 51 показан выпуск реактивных снарядов.

По мнению американских специалистов, вооружение истребителей реактивными неуправляемыми снарядами потребует изменения тактики их действия. В частности, эти истребители при атаке цели должны будут заходить на нее не с хвоста, как это делалось раньше, а сбоку (с траверза). На испытаниях, проходивших в 1954 г., вероятность попадания таких снарядов в цель была равна примерно 27% при полной автоматизации системы управления огнем.

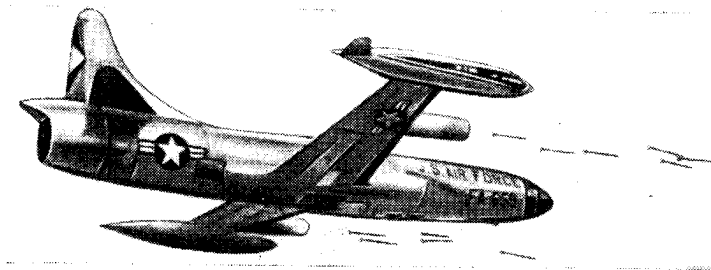


Рис. 51. Выпуск реактивных снарядов „Майти Маус“ из крыльевых кассет всепогодного истребителя Локхид F-94С „Старфайр“

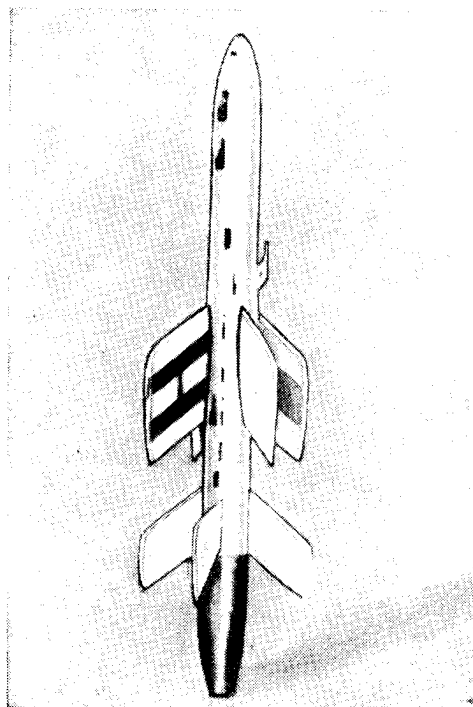
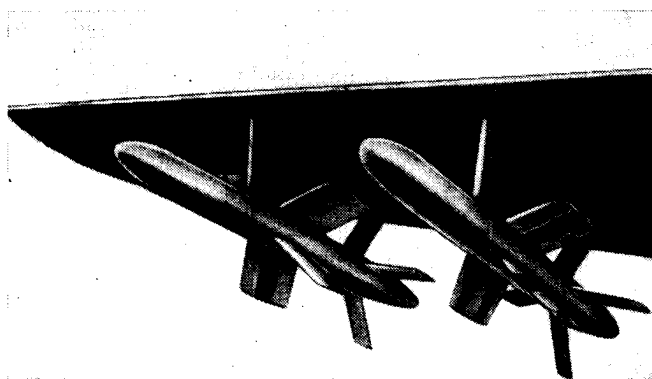


Рис. 52. Управляемый реактивный снаряд „Файрберд“

*Управляемые реактивные снаряды* типа ААМ-А-1 и ААМ-Н-1 «Файрберд» (рис. 52) впервые в ограниченном количестве были изготовлены американской промышленностью в 1950 г. Эти снаряды предназначались для перехвата самолетов-снарядов. Испытания снаряда происходили в 1951—1952 гг. на военно-воздушной базе в Голломане (Мексика). Снаряды размещались под крыльями самолета (рис. 53) и запускались с помощью ускорителя.



**Рис. 53.** Авиационные управляемые реактивные снаряды «Файрберд», подвешенные под крылом самолета

Управление снарядом в начале полета производится по радио с самолета-носителя, а вблизи цели — приборами самонаведения. В носовой части снаряда размещается радиовзрыватель.

В связи с созданием новых, более совершенных конструкций управляемых снарядов класса «воздух — воздух» производство снаряда «Файрберд» промышленностью прекращено.

Снаряд ААМ-Н-4 «Ориол» предназначался для вооружения истребительной и бомбардировочной авиации флота США в данное время производство его прекращено.

В настоящее время стандартным реактивным снарядом истребительной авиации флота является ААМ-Н-2 «Спарроу-1», имеющий две модификации ААМ-Н-3 «Спарроу-2» и ААМ-Н-4 «Спарроу-3».

«Спарроу-1» имеет самонаведение на конечном участке траектории; системы управления «Спарроу-2» и «Спар-



Рис. 54. Всепогодный истребитель Дуглас F-3D «Скайнайт», несущий под крыльями четыре управляемых реактивных снаряда «Спарроу»

роу-III» несколько видоизменены<sup>1</sup>. Точность попадания в цель этих снарядов американскими специалистами считается весьма высокой.

На испытаниях снаряды «Спарроу» запускались со всепогодных истребителей Дуглас F-3D «Скайнайт» (рис. 54), базирующихся на авианосцы. Снаряды размещались по два под каждым крылом самолета.

Для военно-воздушных сил США создан самый маленький и легкий снаряд GAR-98 «Фэлкон» (рис. 55)<sup>2</sup>. Снаряд имеет устройство самонаведения.

Первым истребителем, специально сконструированным для несения УРС «Фэлкон», является перехватчик «Конвейер» F-102 с дельтаобразным крылом. В 1955 г. проводились первые испытания по запуску снарядов с этого самолета.

Указанными снарядами предполагается вооружить также всепогодные истребители Норт Америкэн F-86D «Сейбр», Нортроп F-89 «Скорпион», Локхид F-94 «Старфайр», истребители последней модификации Норт Америкэн F-100

<sup>1</sup> „Flight and Aircraft Engineer“, 28 января 1955 г.

<sup>2</sup> В настоящее время ведутся работы над модификациями „Фэлкон-II“ и „Фэлкон-III“, обладающими большей точностью наведения, дальностью полета и повышенной разрушительной силой.

«Суперсейбр», Локхид F-104, а также беспилотный перехватчик Боинг JM-99 «Бомарк» (см. рис. 45).

Последними образцами снарядов класса «воздух — воздух», сконструированными в США, являются снаряды типа ААМ-N-7 «Сайдвиндер», предназначенные для авиации военно-морского флота.

Наряду с боевыми реактивными снарядами в США применяются образцы снарядов, созданные специально для обеспечения боевой подготовки частей (табл. 10) и проведения экспериментальных работ научно-исследовательских учреждений (табл. 11).

Для обеспечения боевой подготовки частей и кораблей в настоящее время в США используются как специально разработанные для этой цели мишени, так и устаревшие управляемые реактивные снаряды, запасы которых еще имеются. К первым относятся KDD-1 «Кэтидид», «Файрби»

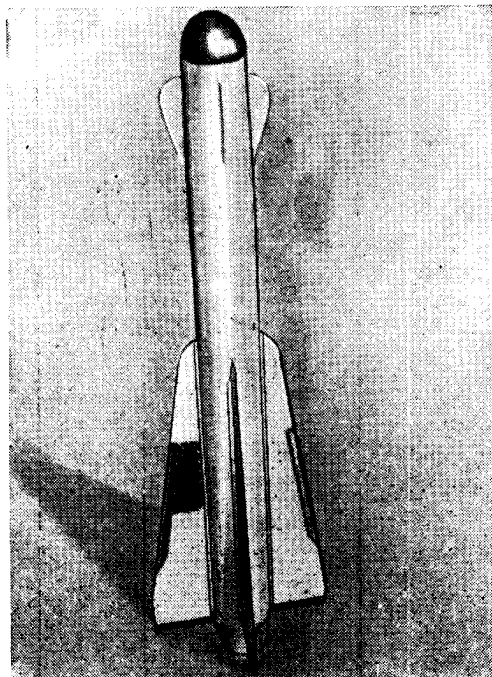


Рис. 55. Авиационный управляемый реактивный снаряд «Фэлкон»

## Управляемые реактивные снаряды, применяющиеся

Фирма и год создания снаряда	Шифр и название снаряда	Место запуска	Двигатель	Сила тяги основного двигателя кг	Длина снаряда м
Глен Мартин 1946	KDM-1 „Пловвер“	Самолет или корабельная катапульта	ПВРД „Марквард“ RI-30	640	6,7
1948	„Луи“ KUW-1	Наземная установка	ПуВРД „Форд-Шмидт“ + стартовый ПРД с тягой 1800 кг	•	7,6
Глоб 1949	KD5G-1	•	ПуВРД „Маквардт“ RI-46 MA-2	80	•
Фейрчайлд 1949	SAM-N-2 „Ларк“	Береговые установки и надводные корабли	ЖРД + 2 стартовых ПРД	280	4,4
Райен 1952	Q-2 „Файрби“	Самолет и наземная установка	ТРД „Турбомека марбор“ J-69	430	5,4

Таблица 10

## в США в качестве мишеней

Диаметр снаряда м	Размах крыльев м	Общий вес кг	Даль- ность полета $\frac{км}{мили}$	Скорость полета $\frac{км/час}{м/сек}$	Высота полета м	Система упра- вления	Примечание
.	3,0	.	.	более $\frac{1224}{340}$	.	.	
0,82	5,7	450	$\frac{240}{130}$	$\frac{648}{180}$	1200	ТУ	
.	3,3	.	.	$\frac{540}{150}$	.	ТУ	Продолжитель- ность полета 75 минут
0,45	1,9	550	$\frac{16}{8,6}$	$\frac{1080}{300}$	1000	ТУ	
.	3,6	820	.	$\frac{830}{230}$	14000	ТУ	Спускается на двухступенчатом парашюте, при запуске с земли применяется стартовая ракета с тягой 4540 кг

## Управляемые реактивные снаряды, применяющиеся

Фирма и год создания	Шифр и название снаряда	Место запуска	Двигатель	Сила тяги кг	Длина снаряда м
Авиационная лаборатория Калифорнийского технологического института 1944 Дуглас	„Прайвиг“ А	Наземная башня высотой 11 м	ЖРД „Аэроджет“ + стартовый ПРД с тягой 9740 кг	450	2,4
1945	WAC „Капрал“	Наземная башня высотой 30,5 м	ЖРД „Аэроджет“ + стартовый ПРД с тягой 22 700 кг	680	4,8
ВМС	„Кобра“	Наземная установка	ПВРД + стартовый ПРД	1200	•
1945 НАКА	НАКА	Самолет	ПВРД	•	4,2
1946 НАКА	МХ-570 „Тнамат“	Наземная установка	ЖРД + стартовый ПРД с тягой 3269 кг	90	4,3
1946	Х-1	Самолет или наземная установка	ЖРД	2720	9,3
Белл	„Аэробиг“	Наземная башня высотой 42 м	ЖРД „Аэроджет“ + стартовый ПРД	•	5,7
1946 Аэроджет, Дуглас					
1947					
Глен Мартин, Рикшен Моторс	„Викинг“ 7	Наземная установка, подводный корабль	ЖРД	9300	14,5
1948 Дуглас	„Бампер“	Наземная установка	ЖРД	25400+ +680	14+4,8
1949					
ВМС	„Дикон“	Аэростат	ПРД	2600	2,7
1952					
Боинг	„Тритон“	•	•	•	•
1951					



Таблица 11

## в США для экспериментальных работ

Диаметр снаряда, м	Размах крыльев, м	Общий вес кг	Даль- ность полета $\frac{км}{мили}$	Скорость полета $\frac{км/час}{м/сек}$	Высота полета м	Примечание
•	Нет	230	$\frac{18}{9,7}$	•	•	Имеет модификацию „Прайвит“ F с размахом крыльев 1,5 м
0,30	Нет	300	•	$\frac{4500}{1250}$	70 000	В качестве стартовой ракеты используется модифицированный двигатель снаряда „Тайни Тим“
0,15	Нет	32	•	•	•	Имеет 4 стабилизатора
0,4	Нет	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	Имеет 4 крыла
1,4	8,4	$\frac{5900}{300}$	$\frac{160}{86,4}$	$\frac{2376}{660}$	24 000	Пилотируется человеком
0,38	Нет	$\frac{7560}{68}$	•	$\frac{4500}{1250}$	288 000	Используются для медицинских исследований влияния полета на животных (обезьян и мышей), изготовлено 81 шт.
0,8	Нет	4300— 4700	•	$\frac{5400}{1500}$	320 000	Создан на базе германского снаряда V-2, имеет несколько модификаций, изготовлено 14 шт.
1,65	Нет	12 700+ +300 22,6	•	•	390 000	Двухступенчатый снаряд, состоящий из A-4 (первая ступень) и WAC „Капрал“ (вторая ступень); построено 8 шт.
0,15	Нет	•	•	$\frac{4320}{1200}$	80 000	Запуск производился на высоте 15 км, максимальное ускорение 60 g.
•	•	•	•	•	•	

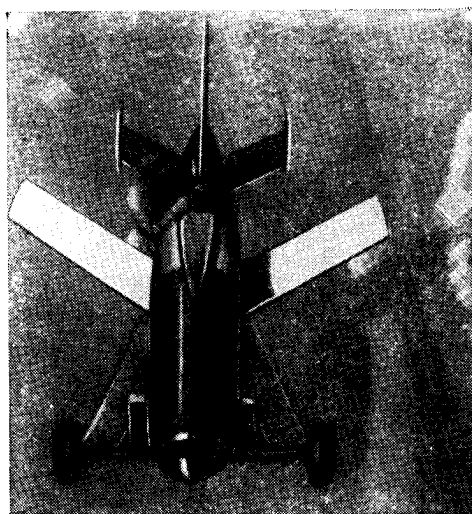


Рис. 56. Управляемый реактивный снаряд-мишень „Файрби“

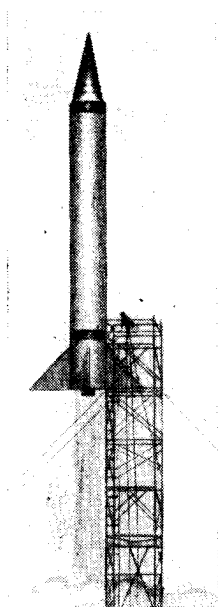
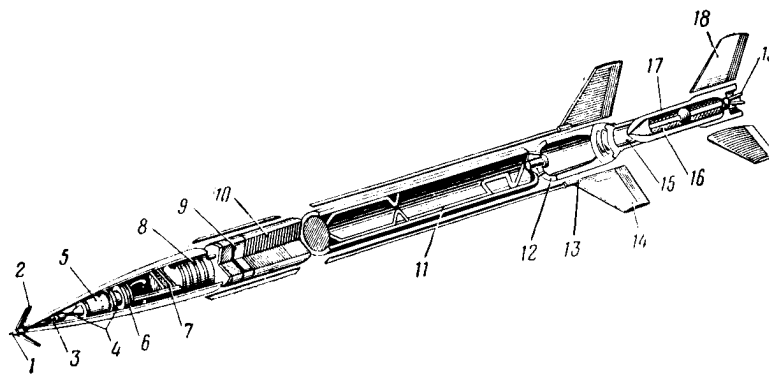
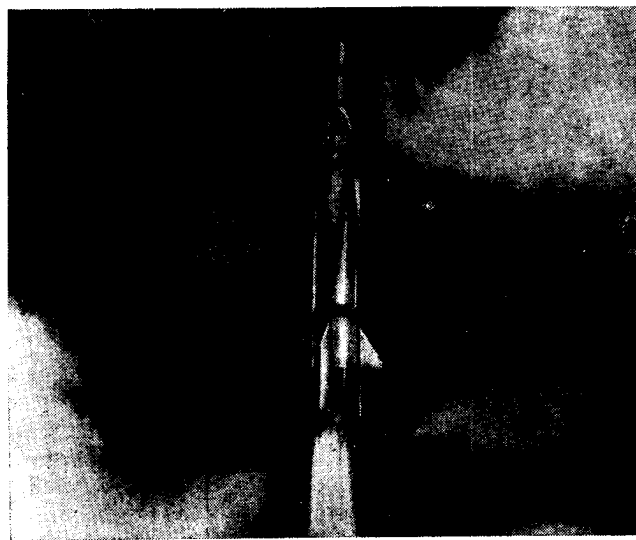


Рис. 57. Взлет экспериментального реактивного снаряда „Викинг“



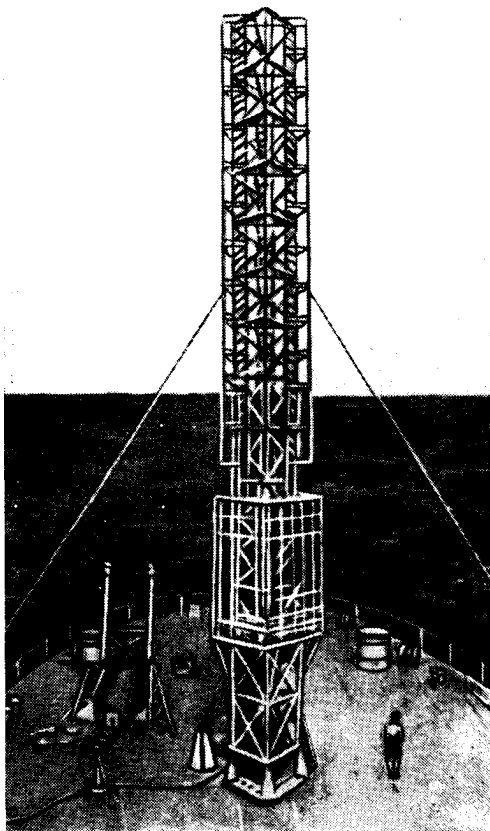
**Рис. 58.** Снаряд „Аэроби“ фирмы „Аэроджет“:

в головной части снаряда находится герметическая кабина с парашютом. В переднем отсеке головной части размещено телеметрическое оборудование, а в заднем — анестезированные обезьяны, вращающийся барабан для мышей, баллон с кислородом, а также кинокамера. 1 — передний конус; 2 — антенна; 3 — генератор; 4 — телеметрическое оборудование; 5 — передатчик; 6 — батареи; 7 — контейнер для животных; 8 — записывающий прибор; 9 — радиомаяк; 10 — парашют; 11 — баки для топлива; 12 — двигатель; 13 — хвостовая часть; 14 — стабилизатор; 15 — крепление стартового ускорителя; 16 — запальник; 17 — камера сгорания порохового двигателя; 18 — стабилизатор; 19 — сопло



**Рис. 59.** Составной снаряд „Бампер“ на взлете: последняя ступень достигла высоты 390 км при весе оборудования в последней ступени 22,6 кг

Q-2 (рис. 56), «Пlover» KDM-1 и др. Из числа вторых наиболее широко используются снаряды «Лун», «Ларк» и, частично, «Регюлус» и «Матадор».



**Рис. 60.** Снаряд «Аэроб» в пусковой башне на палубе американской плавучей испытательной базы «Нортон Саунд»

Кроме того, в процессе разработки снарядов и баллистических ракет американцы создали целый ряд управляемых реактивных снарядов и ракет специально для целей проведения экспериментальных исследований (аэродинамических, высотных и др.). Из этой группы УРС наиболее известны баллистические ракеты «Викинг» (рис. 57), «Аэроб» (рис. 58 и 60), двухступенчатая ракета «Бампер» (рис. 59), некоторые модификации снарядов «Гана» и т. п.

Все сказанное выше свидетельствует о большом внимании, уделяемом в США управляемому реактивному оружию. Однако США не являются единственной капиталистической страной, в которой ведется работа по созданию новых и дальнейшему совершенствованию имеющихся образцов управляемых реактивных снарядов.

---

### **РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ АНГЛИИ, КАНАДЫ И АВСТРАЛИИ**

Англия приступила к планомерной работе по созданию собственных образцов управляемых реактивных снарядов в 1949 г. хотя, по некоторым данным, эти работы были начаты еще в 1944—45 гг. В 1949 г. в Англии была составлена программа работ по созданию управляемого реактивного оружия для военно-воздушных сил, военно-морского флота и сухопутной армии.

В соответствии с этим английские военные специалисты и наметили план работ по созданию соответствующих образцов управляемых реактивных снарядов и разработке способов их использования. Экспериментальные работы в этой области проводились известными английскими исследовательскими центрами «Уэпенз истэблишмент» в Уэсткоте и «Ройял эйркрафт истэблишмент» в Фарнборо.

В настоящее время к работам, связанным с созданием и производством управляемых реактивных снарядов в Англии, привлечено более 150 фирм и компаний. За последние годы на испытательных центрах в Вумере (Австралия) и Аберпорте (графство Уэльс) было запущено свыше 1500 экспериментальных управляемых реактивных снарядов.

В вопросах производства управляемого реактивного оружия Англия получает значительную помощь от США. Отдельные английские фирмы широко используют опыт американцев в этой области. В частности, английская фирма «Бристоль» заключила соглашение с американской компанией «Боинг».

Характерно, что разработка образцов управляемых реактивных снарядов в Англии так же, как и в США, производится, как правило, по отдельным составным частям, т. е. определенная фирма разрабатывает и выпускает лишь одну определенную часть управляемого реактивного снаряда. Так, приборы телеуправления для снарядов разрабатывает и

производит фирма «Сперри жироскоп компани», корпуса снарядов — фирма «Армстронг Уайтуорт», а двигатели к ним — фирма «Армстронг Сиддли». Только одна «Инглиш электрик» разрабатывает и производит на своих заводах полностью весь управляемый реактивный снаряд.

Над образцами телеуправляемых снарядов в настоящее время в Англии работают фирмы (помимо указанных выше) «Хокер Сиддли груп», «Бристоль», «Виккерс», «Фейри», «Де Хэвилленд». Причем работы ведутся над реактивными управляемыми снарядами всех классов. Недавно началась работа над созданием образца межконтинентального управляемого реактивного снаряда, способного нести атомный или термоядерный заряд.

В настоящее время в Англии запущен в серийное производство управляемый реактивный снаряд «Файрфлэш» класса «воздух — воздух». По сообщению английской печати<sup>1</sup>, этот снаряд должен был поступить в 1956 г. на вооружение английских бомбардировщиков.

Одновременно ведутся работы над другими снарядами. Так, фирма «Армстронг Уайтуорт» продолжает совершенствование телеуправляемого реактивного снаряда «Канард» класса «земля — воздух» с четырьмя и восемью наружными стартовыми вспомогательными ракетами (рис. 61).

После тщательных испытаний на полигоне в Вумере этот снаряд должен поступить в серийное производство. Как сообщало английское адмиралтейство, в 1956 г. этими управляемыми снарядами предполагалось вооружить корабль «Гердл Несс».

Эта же фирма работает над вторым управляемым снарядом, имеющим некоторое конструктивное сходство с первым снарядом.

Фирма «Инглиш электрик» заканчивает работу над зенитным управляемым реактивным снарядом, который, по сообщениям английской печати, может развивать скорость до 3200 км/час и поражать бомбардировщики противника на высоте более 15 000 м. Экспериментальная модель этого снаряда, проходившая испытания в Аберпорте и в Вумере, имеет реактивный двигатель на жидком топливе и четыре двухступенчатые вспомогательные ракеты с последовательным процессом горения.

Фирма «Бристоль» проводит испытания реактивного управляемого снаряда SVT-1 внешне похожего на амери-

<sup>1</sup> „Times“ от 13 февраля 1956 г.

кацкий беспилотный перехватчик «Бомарк». Если принять во внимание тесное техническое сотрудничество фирмы «Бристоль» с американской фирмой «Бонинг», то можно

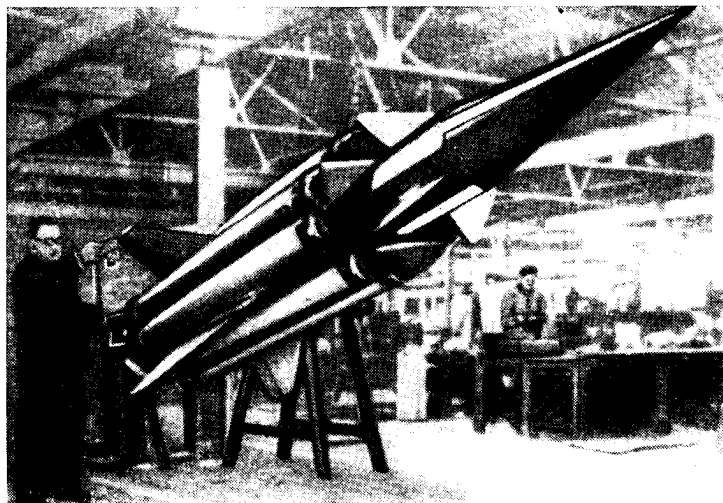


Рис. 61. Английский управляемый реактивный снаряд «Канард»

предположить, что этот снаряд создан при технической помощи американцев и имеет тактико-технические данные, близкие к данным «Бомарк» фирмы Бонинг.

Фирма Де Хавиллэнд работает над управляемым реактивным снарядом, предназначенным для вооружения истребителей типа Глоетер «Джевелли». Продемонстрированные фирмой Де Хавиллэнд экспериментальные образцы управляемого оружия во многом напоминают управляемые снаряды, которыми вооружены реактивные ночные истребители типа «Метеор» (рис. 62). По данным американской печати этот снаряд может иметь головку самонаведения, реагирующую на инфракрасное излучение цели.

Фирма «Фейри» разрабатывает, кроме нескольких образцов зенитных управляемых реактивных снарядов, беспилотный самолет-снаряд с дельтаобразным крылом. Этот снаряд создается на базе самолета с вертикальным взлетом конструкции этой же фирмы.

**Канада** получает управляемые реактивные снаряды из США (с правом производить их на своих заводах) и одно-

## Управляемые реактивные снаряды

Фирма и год создания конструкции снаряда	Шифр и название снаряда	Класс снаряда	Двигатель	Сила тяги основного двигателя кг	Длина снаряда м
					А п
1942	Z	„Земля — воздух“	ПРД	•	1,8
1942	RP 3,0	„Воздух — земля“	ПРД	•	1,6
Ройял Эйркрафт испытательный завод 1945	„Лонгшот“	Экспериментальный	ПРД + 3 стартовых ПРД	•	•
Виккерс 1946	TR	Экспериментальный	ЖРД	400	3,3
Ройял Эйркрафт испытательный завод 1946	„Лоп-Геп“	„Земля — воздух“, экспериментальный	ЖРД + стартовый ПРД	450	4,3
Фейри, Ройял Эйркрафт испытательный завод 1947	„Студж“	„Земля — воздух“, экспериментальный	ПРД + 4 стартовых ПРД (тяга 2512 кг)	136	2,3
Фейри, Ройял Эйркрафт испытательный завод 1948	KTV-1	„Земля — воздух“, экспериментальный	ЖРД	450	4,83
Ройял Эйркрафт испытательный завод 1948	LXSTV-2669	Экспериментальный	Нет	—	1,5

<sup>1</sup> Составлена на основании данных, опубликованных в журналах К. У. Гэтленд „Развитие управляемых снарядов“. Издат. иностр. литера



Т а б л и ц а 12

Англии, Канады и Австралии<sup>1</sup>

Диаметр сна- ряда, м	Размах крыльев, м	Общий вес снаряда, кг	Дальность по- лета снаряда, км мили	Скорость полета снаряда $\frac{\text{км/час}}{\text{м/сек}}$	Высота по- лета снаряда, м	Система управления	Примечание
Г л и я							
0,10	Нет	$\frac{25,4}{4,3}$	•	•	6000	НУ	Неконтактный взрыватель
0,08	Нет	$\frac{\cdot}{27,2}$	$\frac{1,0}{0,54}$	$\frac{1728}{480}$	•	НУ	Мог иметь бронь-бойную головку ве-сом 11,3 кг
•	•	•	•	•	•	НУ	Запускается с са-молета или с назем-ной установки; был показан в Фарнборо
0,45	2,42	425	$\frac{35}{18,9}$	$\frac{1080-1440}{300-400}$	$\frac{300-400}{400}$	•	Предназначен для аэродинамических исследований мало-звуковых скоростей
0,21	0,7	•	•	$\frac{1600}{444}$	•	ТУ	В 1949 г. был по-казан на выставке СВАС
0,3	2,05	335	•	$\frac{560}{155}$	•	ТУ	Запуск производит-ся с наземной уста-новки
•	•	360	•	$\frac{3200}{889}$	•	ТУ	Эксперименталь-ный снаряд имеет посадочный парашют
0,13	0,33	•	•	$\frac{2448}{680}$	•	НУ	Запускается с по-мощью трех порохо-вых стартовых ракет (тяга 3632 кг)

<sup>1</sup>„Interavia“, 1955 г., № 5; „Journal of space flight“, апрель 1954 г., стр. 1—8, туры, М., 1956 г.

Фирма и год создания конструкции снаряда	Шифр и название снаряда	Класс снаряда	Двигатель	Сила тяги основного двигателя кг	Длина снаряда м
Фейри 1950	VTO	Экспериментальный	2 ЖРД	400	3,0
Бристоль 1950	JVT-1	„Земля—воздух“, экспериментальный	2 ПВРД + стартовый ПРД	•	4,6
Инглиш электрик 1951		„Земля—воздух“	ЖРД + 4 двухступенчатых стартовых ПРД	•	•
Армстронг, Уайтуорт 1950	AWA „Канард“	„Земля—воздух“, экспериментальный	(?) + 8 (или 4) стартовых ПРД	•	5,3
Армстронг, Уайтуорт, Сперри 1954	EE	„Земля—воздух“	(?) + 8 стартовых ПРД	•	•
Де Хавиллэнд 1954	•	„Воздух—воздух“	•	•	•
					<b>К а</b>
Военно-исследовательский комитет 1953	„Велвет-глав“	„Воздух—воздух“	•	•	•
					<b>А в с т</b>
Министерство обороны 1951	„Джиндвик“ E 7/48	Летающая мишень	ТРД „Армстронг-Сидли“	680	6,6

Продолжение

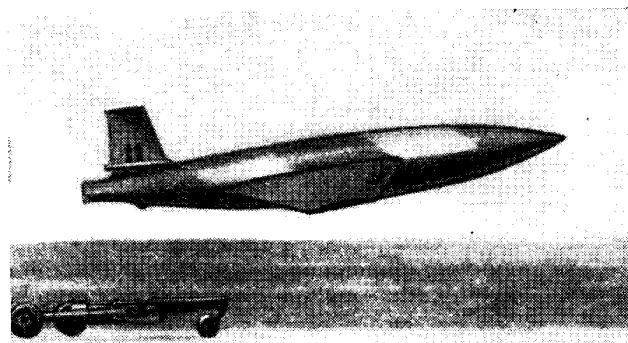
Диаметр снаряда, м	Размах крыльев, м	Общий вес снаряда, кг	Дальность полета снаряда, км мили	Скорость полета снаряда $\frac{\text{км/час}}{\text{м/сек}}$	Высота полета снаряда, м	Система управления	Примечание
0,6	3,0	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	$\frac{2448}{680}$	20 000	•	Экспериментальный снаряд без телеуправления был показан в Фарнборо
•	•	•	•	$\frac{3200}{889}$	15 000	ТУ	Прошел испытания в Аберпорте и Вумере, планируется в серийное производство
•	•	•	•	•	•	ТУ	
•	•	•	•	•	•	ТУ	Прошел испытания в Аберпорте и Вумере, предназначен для вооружения кораблей
•	•	•	•	•	•	•	По данным английской и американской печати поступил в серийное производство
на да							
•	•	•	•	•	•	•	В процессе развития, предназначен для вооружения всепогодного истребителя „Авро Канада“ CF-100
ра лия							
•	5,7	•	$\frac{1000}{540}$	•	•	ТУ	Является модификацией немецкого снаряда V-1, запускается с тележки



**Рис. 62.** Стрельба ночного истребителя NF11 «Метеор» экспериментальным управляемым реактивным снарядом фирмы Де Хавилленд

временно ведет работы по созданию собственных управляемых снарядов.

В августе 1953 г. под Оттавой производились опытные запуски с канадского самолета «Сейбр» управляемого реактивного снаряда «Велвет-глав» класса «воздух — воздух»,



**Рис. 63.** Австралийский реактивный снаряд-мишень «Джиндвик»

который должен стать стандартным вооружением всепогодного истребителя «Авро Канада» CF-100.

В процессе разработки находится управляемый реактивный снаряд класса «земля — земля», предназначенный для вооружения армии.

**Австралия** участвует в создании и испытании английских снарядов. Создана летающая мишень «Джиндвик» (рис. 63).

### РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ ФРАНЦИИ

Франция, так же как США и Великобритания, ведет регулярные работы в области управляемых реактивных снарядов всех четырех классов, причем снаряды класса «земля — земля» подразделяются на противотанковые снаряды (снаряды ближнего действия) и снаряды большой разрушительной силы (снаряды дальнего действия).

Одним из снарядов ближнего действия, созданным промышленно-техническим управлением ВВС, является снаряд «Сфекма-5200», имеющий дальность действия 2 км и пробивающий броню любого современного танка<sup>1</sup>. Этот снаряд уже поступил на вооружение войск.

Позднее был сконструирован снаряд «Сфекма-5210», имеющий большую дальность действия.

Для поражения наземных целей научно-исследовательским управлением по производству вооружения был создан снаряд типа «Антак», тактико-технические данные которого схожи с данными снаряда «Сфекма-5200». Снаряд «Антак» находится в серийном производстве.

Для поражения наземных целей, находящихся на удалении более 100 км, создан снаряд SE-4200, несущий крупный заряд взрывчатого вещества. Запуск этого снаряда производится с помощью вспомогательной пороховой ракеты, и только после достижения снарядом определенной скорости и высоты полета начинает работать прямоточный реактивный двигатель. Специальная аппаратура позволяет изменять скорость полета снаряда.

Снаряды класса «земля — воздух», по взглядам французских военных специалистов, предназначены для увеличения зоны огневого воздействия средств противовоздушной обороны на средства воздушного нападения противника. Французскими конструкторами создано два основных об-

---

<sup>1</sup> „Revue de defence nationale“, декабрь 1955 г., стр. 633—635.

разца снарядов этого класса, имеющих взлетный вес около тонны. Промышленно-техническое управление ВВС разработало снаряд «Парка», который наводится на цель по лучу радиолокатора. Установка для запуска этого снаряда имеет устройство для грубой наводки снаряда при запуске.

Снаряд SE-4300, имеющий большую дальность действия, наводится на цель по лучу радиолокатора. Запуск снаряда производится вертикально вверх.

Боевая досягаемость по высоте у обоих снарядов более 20 000 м, скорость полета — околосвуковая. Эти снаряды имеют жидкостные реактивные двигатели и мощные стартовые пороховые ракеты.

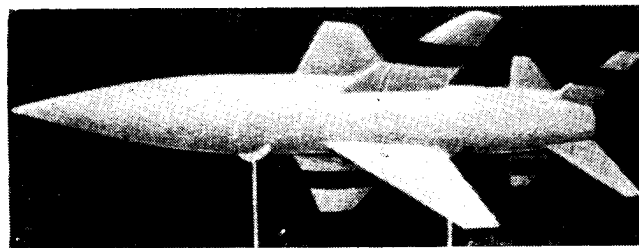


Рис. 64. Французский управляемый реактивный снаряд «Матра М-04»

Из снарядов класса «воздух — воздух» наибольший интерес представляют снаряды «Матра М-04» (рис. 64) и «Сфекма». Снаряд «Матра М-04» выполнен по так называемой аэродинамической схеме «утка», т. е. органы управления вынесены вперед по отношению к несущим поверхностям снаряда (крестообразным). Снаряд «Сфекма» имеет также крестообразное крыло. Оба эти снаряда имеют телеуправление, обладают подвижностью, достаточной для совершения любых маневров, необходимых для перехвата самолетов противника, летящих со скоростью звука.

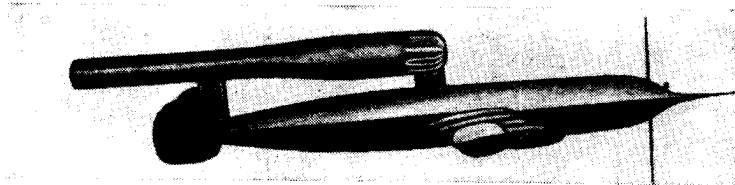
Заряды взрывчатого вещества этих реактивных снарядов позволяют уничтожать современные бомбардировщики даже в том случае, если взрыв снаряда происходит на значительном расстоянии от них. Дальность полета этих снарядов превышает дальность действительного огня авиационных пушек.

К числу управляемых реактивных снарядов класса «воздух — земля» относится снаряд «Сфекма-10», обладающий

незначительной дальностью и предназначенный для вооружения легкого штурмовика «Потэз-75». Этот снаряд может быть использован и для вооружения наземных частей.

Наряду с работами по созданию боевых реактивных снарядов во Франции ведутся работы по созданию и совершенствованию снарядов-мишеней и экспериментальных снарядов.

Одним из снарядов-мишеней является снаряд «Арс-550» (рис. 65), имеющий некоторое сходство с немецким снарядом V-1. Как и немецкий снаряд, он имеет пульсирующий реактивный двигатель. За 9 минут снаряд поднимается на высоту 4000 м и имеет продолжительность полета — 35 минут. Запускается этот снаряд катапультной. После остановки двигателя (произвести остановку двигателя в полете можно



**Рис. 65.** Французский экспериментальный управляемый реактивный снаряд «Арс-550»

сигналом по радио) происходит раскрытие парашютирующей системы, что обеспечивает безаварийный спуск снаряда на землю и повторное использование. Снаряд непотопляем, что позволяет производить посадку его на воду.

Наряду с этим снарядом-мишенью, который уже запущен в серийное производство и широко используется в качестве летающей мишени, во Франции применяется снаряд «Сфемма-5510» со стреловидным крылом. Продолжительность полета — 45 минут. Снаряд имеет прибор для дымопуска, облегчающий наблюдение за ним во время полета.

Для экспериментальных работ во Франции используются управляемые реактивные снаряды как серийной постройки, так и специальной конструкции. Так, снаряд «Матра М-04» был запущен с экспериментальными целями над Сахарой с самолета Хэндли Пейдж «Галифакс», летящего на высоте 4000 м. Кроме этого, он запускался с экспериментального истребителя SNCASE «Гроньяр».

## Управляемые реактивные

Фирма и год создания конструкции снаряда	Название и шифр снаряда	Класс снаряда	Двигатель снаряда	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
Сфекма 1954	„Сфекма-5200“	„Земля — земля“, „воздух-земля“	ПРД	•	•
Сфекма	„Сфекма-5210“	„Земля — земля“	ПРД	•	•
DEFA	„Аптак“	„Земля — земля“	ПВРД + стартовый ПРД	•	•
SNCA 1955	SE-4200	„Земля — земля“	ПВРД + 4 стартовых ПРД	•	1,88
DEFA 1955	„Парка“	„Земля — воздух“	ЖРД + стартовый ПРД	•	•
	SE-4300	„Земля — воздух“	ЖРД + стартовый ПРД	•	•
Сфекма, SNCAN 1952	„Сфекма-10“	„Воздух — земля“, „земля-земля“	ЖРД	•	•
Матра, SNCASE 1952	„Матра М-04“	„Воздух — воздух“	ЖРД	1250	4,6



Таблица 13

## снаряды Франции

Диаметр снаряда, мм	Размах крыльев, м	Полетный вес снаряда, кг	Дальность полета снаряда, км мили	Скорость полета снаряда, км/час м/сек	Высота полета снаряда, м	Система управления	Примечание
•	•	•	$\frac{2}{1,08}$	•	•	ТУ	Противотанковый снаряд, создан на базе немецкого снаряда Х-4, управляется по проводам
•	•	•	•	•	•	•	Разновидность снаряда „Сфекма-5200“ имеет большую дальность
•	•	•	$\frac{2,4}{1,3}$	•	•	•	
•	•	136	$\frac{100}{54}$	$\frac{1040}{290}$	•	•	
•	•	1000	•	$\frac{1180}{330}$	20 000	ТУ	Стартовое устройство позволяет осуществлять грубую наводку снаряда при запуске
•	•	1000	•	$\frac{1180}{330}$	20 000	ТУ	
•	•	•	$\frac{3}{1,62}$	•	•	•	Противотанковый снаряд
0,4	1,77	460	•	$\frac{1800}{500}$	•	ТУ	

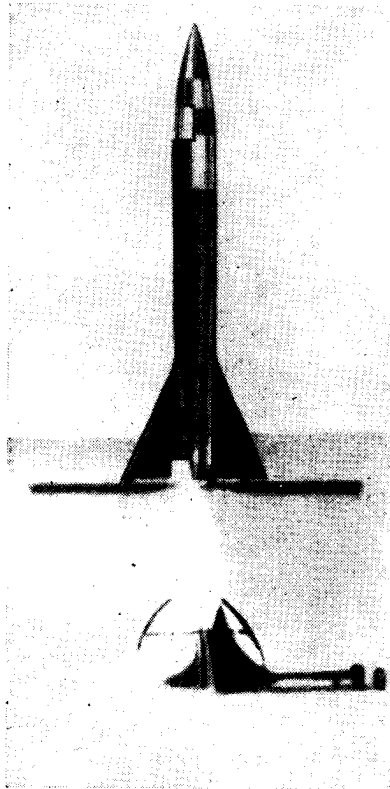
Фирма и год создания конструкции снаряда	Название и шифр снаряда	Класс снаряда	Двигатель снаряда	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
Сфекма, SNCAN	„Сфекма“	„Воздух—воздух“	Двухступенчатый ПРД	•	•
	„Арс-550“	Снаряд-мишень	ПуВРД	•	•
Сфекма	„Сфекма-5510“	Снаряд-мишень	ТРД „Турбомека Марбор“	400	•
Сфекма, SNCAN 1948	„Арсенал-5501“	Снаряд-мишень и экспериментальный	ПуВРД „Арсенал“	180	6,0
LRBA 1950	„Вероника“	Экспериментальный	ЖРД	4000	6,0
1955	Модель 1522	„Воздух—земля“, „воздух-воздух“	•	•	•
ECA	ECA 20, ECA 26	Экспериментальный	•	•	•
Предприятия Кана Тюрка	—	Экспериментальный	•	•	•

Продолжение

Диаметр сна- ряда, м	Размах крыльев, м	Общий вес снаряда, кг	Дальность по- лета снаряда, км	Скорость по- лета снаряда, км/час	Высота поле- та снаряда, м	Система упра- вления	Примечание
•	•	130	•	свыше 1224	—	ТУ	
•	•	660	•	340	•	ТУ	В серийном производ- стве; имеет парашюти- рующую систему для спуска на землю
•	•	665	•	450	•	ТУ	Имеет прибор для ды- мопуска, обеспечиваю- щего наблюдение за по- летом снаряда, и поса- дочный парашют
•	4,25	660	320	900	14 000	ТУ	Имеет прибор для ды- мопуска, обеспечиваю- щего наблюдение за по- летом снаряда, и поса- дочный парашют
•	•	100	173	480	5 850	ТУ	Создан на базе немец- кого снаряда V-1, запуск производится со старто- вой тележки, спуск на парашюте.
0,54	Нет	1000	240	5000	88 000— 120 000	•	Устойчивость при за- пуске достигается раз- матыванием с барабанов четырёх тросов, прикре- пленных к кронштейнам стабилизаторов
•	•	•	•	•	•	•	В стадии развития
•	•	•	•	•	•	ТУ	Предназначен для экс- периментальных работ с аппаратурой телеуправ- ления
•	•	•	•	•	•	ТУ	Предназначен для экс- периментальных работ с аппаратурой телеуправ- ления

Для экспериментальных целей используется также реактивный снаряд «Сфекма-10».

К числу экспериментальных реактивных снарядов специальной конструкции относится баллистическая ракета «Вероника» (рис. 66). Запуск ракеты производится без дополнительных стартовых ракет с платформ небольшого раз-



**Рис. 66.** Французский экспериментальный управляемый реактивный снаряд «Вероника»

мера. Снаряд может иметь боевую головку и использоваться для поражения целей, находящихся на удалении до 240 км (130 миль).

По сообщению бывшего французского министра авиации Д. Катруа, во Франции ведутся работы по созданию управляемых снарядов дальнего действия класса «земля — земля»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> „Interavia“ № 5, 1955 г.

### РЕАКТИВНОЕ ОРУЖИЕ ДРУГИХ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАН

**Швеция**, не прекращая экспериментальных работ в области создания и совершенствования образцов управляемого реактивного оружия, наладила производство шести из них. В частности, сейчас в производстве находятся управляемые реактивные снаряды классов «земля — воздух», «воздух — земля» и «земля — земля».

К выполнению программы развития и производства телеуправляемого оружия привлечены известные промышленные предприятия «Сааб» и «Бофорс».

Командование вооруженными силами Швеции намеревается реорганизовать свои военно-воздушные силы с тем, чтобы задачу уничтожения самолетов противника в верхних слоях воздушного пространства возложить на части, вооруженные управляемым оружием, а борьбу с самолетами противника в нижних и средних слоях воздушного пространства — на истребительную авиацию.

Одновременно проводится ряд мероприятий по вооружению управляемым оружием частей сухопутных и военно-морских сил Швеции.

Для обеспечения проведения этих мероприятий в системе вооруженных сил Швеции создано Бюро по управляемому оружию.

**Швейцария** уже несколько лет проводит планомерные работы по созданию зенитного управляемого реактивного вооружения. К разработке привлечена известная фирма «Эрликон, Бюрле и К<sup>0</sup>».

В настоящее время ведутся работы над зенитным реактивным управляемым снарядом «Эрликон» (рис. 67) с неконтактным взрывателем. Запуск снаряда производится с подвижной пусковой установки.

Этот снаряд вызвал интерес командования американской армии, и он проходил испытания на полигоне Кокоа во Флориде (США) под шифром МХ-1868.

## Управляемые реактивные снаряды

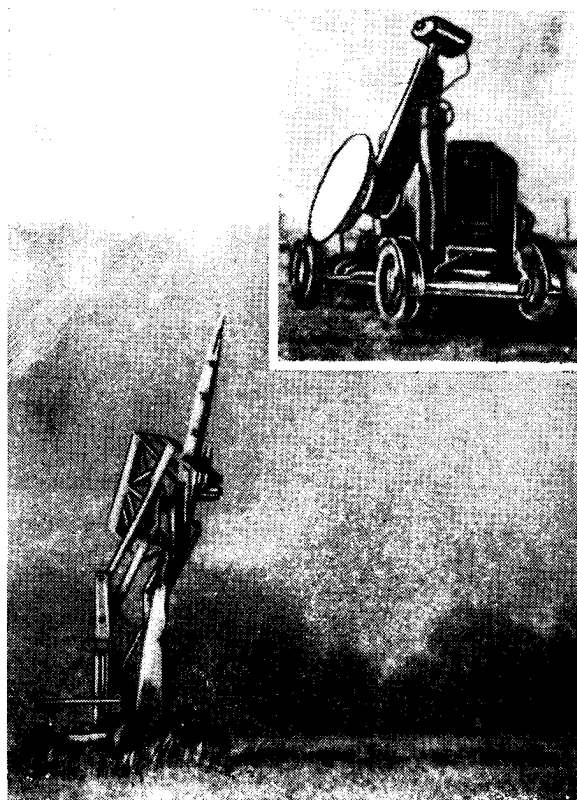
Фирма и год создания конструкции	Шифр и название снаряда	Класс снаряда	Двигатель	Сила тяги основного двигателя, кг	Длина снаряда, м
Ш в е й					
Эрликон 1950	тип 54	„Земля — воздух“	ЖРД	600	5,0
Эрликон 1949	•	„Воздух — воздух“, „Воздух — земля“	ПРД	•	Около 1
Испано-Сунза 1954	•	„Воздух — воздух“, „воздух — земля“ и „земля — земля“	ПРД	1200	1,1
Я п о					
1944	„Бака“	„Воздух — земля“	3 ПРД	2400	5,97
Токійский университет 1954/55	„Пенсил“	Экспериментальный	ЖРД	•	•
Токійский университет 1954/56	„Бэби Т“	Экспериментальный	ЖРД	•	12,8
И т а					
Аурелло Роботти 1954	„A. R. 4“	Экспериментальный	ЖРД	•	•

Таблица 14

## Швейцарии, Японии и Италии

Диаметр снаряда, м	Размах крыльев, м	Общий вес снаряда, кг	Дальность полета снаряда, км мили	Скорость полета снаряда, км/час м/сек.	Высота полета снаряда, м	Система управления	Примечание
ц а р и я							
0,31	•	$\frac{250}{20}$	$\frac{20}{10,8}$	$\frac{2750}{764}$	25 000	ТУ	Имеет неконтактный взрыватель; проходил испытания в США под шифром МХ-1868
0,08	Нет	$\frac{10}{1,0}$	•	$\frac{2500}{694}$	•	НУ	
0,08	•	$\frac{10}{1}$	$\frac{14}{7,5}$	$\frac{3100}{861}$	•	НУ	Имеет неконтактный взрыватель икумулятивный заряд
н и я							
0,60	4,94	$\frac{2060}{515}$	$\frac{90}{48,6}$	$\frac{790}{220}$	—	—	Управление пилотом-смертником, запуск на высоте 8000 м (в среднем)
•	•	•	•	Около $\frac{2448}{680}$	•	•	В процессе испытаний
0,45	•	•	•	$\frac{1426}{396}$	3960	•	В процессе испытаний; создан на базе снаряда „Бэби“, имеет модификацию „Бэби R“ (длина 14 м)
л и я							
•	•	•	•	•	•	•	

Кроме того, фирма «Эрликон» производит неуправляемые снаряды с пороховым двигателем (калибр 80 мм), предназначенные для поражения наземных и воздушных целей.



**Рис. 67.** Швейцарский зенитный управляемый реактивный снаряд «Эрликон» (в США проходил испытания под обозначением MX-1868) в момент выстрела:

*справа сверху* прицел с установленным на нем лучевым радиопередатчиком

По сообщениям зарубежной печати в настоящее время работы по созданию управляемых реактивных снарядов ведутся также в Японии и Италии. Норвегия, в свою очередь, недавно ассигновала 700 тыс. долларов на развитие управляемого оружия.



### **ВЗГЛЯДЫ ИНОСТРАННЫХ ВОЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРС**

В иностранной печати опубликован ряд высказываний отдельных военных специалистов относительно некоторых оперативно-тактических принципов использования управляемых реактивных снарядов.

По мнению военных деятелей США, военно-морские флоты и армии с появлением управляемого реактивного и атомного оружия хотя и не утратили своего значения, но характер и успешность их действий в большой степени стали зависеть от исхода первого столкновения в воздухе, в котором наряду с широким использованием управляемых беспилотных средств не менее широко будут применяться самолеты, пилотируемые человеком. Это свидетельствует о сохранении авиацией своего прежнего значения в боевых действиях и о необходимости и в современных условиях добиваться превосходства в воздухе.

Применение управляемых реактивных снарядов в боевых действиях на суше вызовет увеличение глубины операционной зоны, продолжительности и направленности боевых действий, рассредоточение боевых порядков войск и материальной части, разделение крупных группировок сил на множество мелких самостоятельно действующих частей. Кроме того, уменьшится зависимость боевых действий от погоды и времени суток, повысится роль обеспечивающих действий.

Так, указывается, что при наступлении войск с целью прорыва обороны противника управляемые реактивные снаряды класса «земля — земля» могут быть использованы для непосредственной огневой поддержки своих войск, а также для изоляции района прорыва от подходящих резервов противника путем создания зоны радиоактивного заражения. Считается также, что при осуществлении маневра охвата

группировки вражеских войск подобная изоляция воспрепятствует фланговому маневру его резервов. Весьма выгодным признается использование управляемых снарядов для нанесения ударов по коммуникациям противника, особенно в местах скопления транспорта и войск и на узлах коммуникаций.

При действиях в обороне указывается на целесообразность применения управляемых реактивных снарядов класса «земля — земля» по группировкам сил наступающего противника в районах их сосредоточения. Считается при этом, что, располагая части, вооруженные управляемыми реактивными снарядами, с расчетом не производить их перебросок на большие расстояния, можно будет внезапно наносить удары по противнику. Считается также, что превосходство противника в воздухе или на земле в таких случаях не воспрепятствует использованию управляемых реактивных снарядов до тех пор, пока ударами вражеской бомбардировочной авиации и управляемых снарядов не будут уничтожены или приведены в негодность стартовые установки.

Что касается выбора объектов для нанесения ударов с применением реактивных снарядов, то при этом следует учитывать недостаточную точность попадания некоторых из них<sup>1</sup> в наземные цели малых размеров и их высокую стоимость. Поэтому цели, по которым целесообразно нанесение ударов управляемыми реактивными снарядами класса «земля — земля», по мнению американских военных специалистов, должны быть достаточно больших размеров (по площади), чтобы перекрыть рассеивание снарядов и иметь большое военное значение. В частности, считается, что для снарядов с дальностью действия 37—185 км (20—100 миль) целями могут быть крупные скопления войск, железнодорожные станции, склады, важные командные пункты, порты и военно-морские базы, армейские плацдармы и передовые укрепления. Для снарядов с дальностью действия до 55 км (30 миль) целями могут быть более мелкие объекты — тяжелые фортификационные сооружения, важные мосты, скопления войск и машин, военные полевые склады и т. д.

Разбирая вопросы оперативно-тактических принципов использования управляемых реактивных снарядов класса «земля — земля», американские специалисты считают, что,

---

<sup>1</sup> Что особенно относится к снарядам с автономным управлением (в основном, ракеты) и к некоторым из телеуправляемых УРС.

несмотря на довольно большую стоимость снарядов, их целесообразнее применять массированно. Для массирования огня и обеспечения надежности управления стартовые устройства рекомендуется сводить в тактические единицы. Такие тактические единицы могут получать огневые задачи от группы армий или от командующего на театре военных действий. Таким образом, на широком фронте, где находится ряд армий, может быть достигнута высокая концентрация огня по одной цели, подавление или уничтожение которой имеет важное значение для успеха операций на всем театре военных действий.

В этой связи указывается на особые требования, предъявляемые к организации оперативного управления огнем. В частности, существует мнение, что принципы управления и использования беспилотных средств воздушного нападения должны исходить из принципов использования авиации, с видоизменением их применительно к новым средствам. Управляемые реактивные снаряды рассматриваются как дополнение к пилотируемой авиации, повышающее ее боевые возможности. Поэтому руководство использованием управляемых снарядов в боевых действиях предлагается возложить на командование военно-воздушных сил. Существуют мнения, что части, вооруженные управляемыми снарядами, следует укомплектовывать и личным составом военно-воздушных сил, как наиболее подготовленным.

Все вышеприведенное относится к высказываниям, в основном американских военных специалистов, по вопросам использования УРС класса «земля — земля» в условиях ведения боевых действий на сухопутных театрах, когда они применяются для поражения тех или иных наземных целей.

Применение управляемых реактивных снарядов в боевых действиях на море позволит повысить эффективность поражения одиночных целей, идущих в рассредоточенных боевых порядках, когда «классический» (в недавнем прошлом) торпедно-артиллерийский удар не всегда будет возможно осуществить, а действия авиации (вооруженной бомбо-торпедным оружием) будут серьезно затруднены применяемыми в системе ПВО кораблей зенитными управляемыми реактивными снарядами.

Военное руководство США считает одной из важных задач военно-морского флота действия против берега. При этом лучшим, если не единственным, средством нападения на сильно защищенные береговые объекты считаются управляемые реактивные снаряды, запускаемые с кораблей (в том

числе с подводных лодок, находящихся в надводном или подводном положении), самолетов и береговых установок. Не меньшее значение придается также использованию ЗУРС с кораблей, как наиболее эффективных средств в отражении ударов авиации противника.

В военно-морском флоте США оперативно-тактические принципы применения управляемых реактивных снарядов класса «земля — земля» во многом схожи с принципами использования авианосной авиации. В частности, считается, что военно-морские силы могут использовать управляемые реактивные снаряды при решении оперативно-тактических (уничтожение кораблей противника в море и базах, нанесение ударов по береговым объектам, огневая поддержка высадки десантов и т. д.) и стратегических (разрушение или вывод из строя важных объектов стратегического значения — крупных промышленных центров, военных баз, железнодорожных узлов и др.) задач.

Применение управляемых снарядов класса «земля — земля» для решения указанных задач возможно с надводных кораблей и подводных лодок, массированно и одиночно по групповым и одиночным целям. При этом считается, что использование беспилотных средств воздушного нападения в отличие от авианосной авиации практически не зависит от метеорологических условий, времени суток и т. д. В то же время удары, наносимые с помощью управляемых реактивных снарядов, более внезапны и эффективны (с точки зрения оценки потерь авиации и управляемых снарядов), чем удары авиации, а потому более выгодны с точки зрения экономики средств, расходуемых на достижение одного и того же результата.

Из-за небольшой точности попадания неуправляемых реактивных снарядов в цель (особенно при ведении огня по точечным целям) использовать их для решения тактических задач далеко не всегда выгодно. Отмечается, что, несмотря на проводящиеся с 1950 года в различных странах усиленные поиски путей уменьшения их рассеивания, значительных успехов пока не достигнуто. Кроме того, дальность полета существующих неуправляемых реактивных снарядов с пороховыми двигателями, которыми могут быть вооружены надводные корабли, подводные лодки, самолеты и сухопутные части, в настоящее время не превосходит дальности действия артиллерии.

В военно-воздушных силах, по мнению буржуазных военных специалистов, в связи с ухудшением маневренности

самолетов, имеющих сверхзвуковую скорость и снижением эффективности бомбо- и торпедометания, реактивные управляемые снаряды явятся единственным эффективным средством как воздушного боя, так и нанесения ударов по береговым объектам и кораблям противника. Вместе с тем использование зенитных управляемых реактивных снарядов в системе противовоздушной обороны позволит более или менее эффективно вести борьбу с воздушными целями (вражескими самолетами и беспилотными средствами нападения), атакующими наземные объекты.

Появление управляемых снарядов класса «воздух — земля» вызвано стремлением повысить эффективность и безопасность воздействия авиации на сильно охраняемые объекты противника. По мнению американских специалистов, в современных условиях бомбардировочная авиация уже не сможет достичь крупных успехов, применяя обычные (неуправляемые) и даже управляемые бомбы при прежних способах бомбометания, особенно при действиях против хорошо обороняемых целей. Применение же управляемых реактивных снарядов «воздух — земля» позволит наносить удары по объектам противника не только с точностью, в несколько раз превосходящую точность бомбометания с пикирования, но и с дистанций, не достигаемых для крупнокалиберной нарезной артиллерии ПВО. Некоторые американские специалисты прямо заявляют: «Мы должны отказаться от произвольно падающих бомб и как можно скорее сосредоточить максимум внимания на управляемых бомбах»<sup>1</sup>.

Этому вопросу посвящено много выступлений в печати видных военных руководителей и специалистов, в которых признается исключительно большая роль управляемых реактивных снарядов класса «земля — воздух» и «воздух — воздух» в системе ПВО.

Зенитная нарезная артиллерия в настоящее время считается недостаточно эффективным средством противовоздушной обороны, особенно в борьбе с управляемыми реактивными снарядами противника, летящими с большой скоростью и на большой высоте. Гораздо более эффективным средством противовоздушной обороны, по мнению военных специалистов, являются зенитные управляемые реактивные снаряды.

---

<sup>1</sup> „Flight and Aircraft Engineer“, 28 января 1955 г.

Наряду с признанием роли управляемых реактивных снарядов в системе ПВО в заявлениях указывается и на их недостатки, выявившиеся в ходе испытаний. Общим недостатком всех образцов зенитных реактивных снарядов считается возможность создания их системам управления активных помех специальными станциями самолетов противника.

По мнению американских военных специалистов, самолеты-перехватчики, даже обладающие сверхзвуковой скоростью, не являются эффективным средством борьбы со скоростными бомбардировщиками противника, так как не обладают достаточной маневренностью и могут не обладать достаточным превосходством в скорости над ними. Вместе с тем боевые свойства истребительной авиации могут быть значительно улучшены за счет вооружения ее управляемыми реактивными снарядами.

Эффективная система противовоздушной обороны страны, административно-промышленных центров, военно-морских баз, соединений кораблей в море, по мнению американских специалистов, может быть достигнута только при наличии широкоразвитой сети пунктов радиолокационного наблюдения и комбинированном использовании нарезной артиллерии, истребительной авиации и управляемых реактивных снарядов класса «земля — воздух» и «воздух — воздух».

—————

### **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ**

В связи с ростом боевых возможностей современной авиации и беспилотных средств воздушного нападения, обусловливаемых увеличением скорости, дальности и высоты полета, а также увеличением их поражающего действия за счет применения атомного и термоядерного оружия, иностранные военные специалисты уделяют очень большое внимание вопросам противовоздушной обороны.

Стремительное развитие в послевоенный период реактивной авиации и появление атомного и управляемого реактивного оружия сделали возможным нанесение внезапных мощных ударов по важным объектам противника. Совершенствование средств воздушного нападения обуславливает, в силу взаимозависимости, развитие средств защиты и необходимость разработки соответствующих мероприятий по противовоздушной обороне.

Развитие сил и средств воздушного нападения, с одной стороны, и сил и средств противовоздушной обороны, с другой — оказывает в свою очередь сильное влияние на характер боевых действий в современных условиях. Возможность нанесения ударов с воздуха с применением атомного и термоядерного оружия заставляет пересматривать вопросы организации частей и соединений, приемы их боевого использования, сосредоточения сил и средств как в районах боевых действий, так и на узлах сообщений; по-новому решать вопросы тылового обеспечения и размещения баз снабжения; на новой качественной основе решать задачи рассредоточения крупнейших политико-экономических и военно-промышленных объектов страны.

Таким образом, увеличившиеся возможности нападения с воздуха в связи с резким улучшением летно-технических характеристик самолетов как тактической, так и стратегической авиации, а также в связи с появлением на вооруже-

нии военно-воздушных сил ряда армий атомного, термоядерного и реактивного оружия дальнего действия поставили перед необходимостью предъявления к противовоздушной обороне качественно новых, повышенных требований. По мнению ряда буржуазных военных специалистов, роль противовоздушной обороны в современной войне неизмеримо возросла и она рассматривается как основной элемент активной противоатомной защиты.

В американской военной печати за последнее время вопросам противовоздушной обороны отводится все более и более значительное место. При этом основное внимание уделяется проблеме организации защиты от ударов с воздуха жизненно важных центров страны и больших территорий американского континента. В прессе отмечается, что прошли те времена, «когда Америка могла считаться относительно неуязвимой с воздуха». Усилившееся внимание к проблемам ПВО демагогически «аргументируется» якобы наличием угрозы для США со стороны стран демократического лагеря.

Считается, что для эффективной защиты континента США ПВО должна включать <sup>1</sup>:

— систему предварительного оповещения и сопровождения цели в сочетании с использованием всепогодных истребителей, вооруженных управляемыми снарядами класса «воздух — воздух»;

— распространение линии предварительного оповещения на север, запад и восток для предупреждения о налете за несколько часов с тем, чтобы самолеты командования стратегической авиации имели достаточно времени для взлета, а оборонительные средства пришли в состояние боевой готовности.

При этом считается, что такая линия предварительного оповещения будет иметь смысл только в том случае, если она будет сочетаться с вооруженным воздушным патрулированием. Утверждается, что подобный вид дальней обороны будет дорого стоить, но поскольку реактивные снаряды самолетов этой службы патрулирования могут иметь атомные головки, они будут обладать большой разрушительной силой, что позволит успешно поражать как отдельные быстролетающие воздушные цели, так и группы их.

<sup>1</sup> „Anti-aircraft journal“, март — апрель 1954 г.; „Air Force Magazine“, февраль 1954 г.



Ближняя оборона, использующая батареи, вооруженные управляемыми снарядами класса «земля — воздух», сможет защитить такие города, как Нью-Йорк, Вашингтон, Лос-Анжелос и другие, базы командования стратегической авиации, атомные заводы, предприятия военной промышленности и т. п.

При защите такого огромного района, как Северная Америка, система радиолокационных станций должна быть способна следить за самолетами противника с момента их обнаружения и опознавания до того, как они будут сбиты или отвлечены от объекта нападения.

Задачами противовоздушной обороны по защите континента определяется и организационная структура системы противовоздушной обороны США. Американское командование прилагает все усилия, чтобы в соответствии с разработанной доктриной противовоздушной обороны континента создать и организацию сил и средств ПВО. С этой целью проводятся в последнее время самые разнообразные мероприятия.

3 августа 1954 г. министр обороны США Вильсон заявил представителям печати, что настало время создания централизованного управления системы ПВО США<sup>1</sup>. Вскоре после этого было объявлено, что решением комитета начальников штабов и совета национальной безопасности в США было создано объединенное командование противовоздушной обороны континента<sup>2</sup>, которое директивой министерства обороны приступило к исполнению своих обязанностей с 1 сентября 1954 года. Штаб этого командования находится в Колорадо Спрингс<sup>3</sup>.

Это командование объединило бывшее командование ПВО военно-воздушных сил с командованием ПВО американской армии (включая все батареи управляемых снарядов и радиолокационные центры оповещения) и со всеми частями ПВО военно-морских сил США.

Эти силы и средства включают в себя: истребительные авиасоединения число которых в 1957 г. должно достигнуть 37, части зенитной артиллерии, 100 батарей зенитных управляемых реактивных снарядов «Найк», патрульные самолеты морской авиации и радиолокационные станции, которых

<sup>1</sup> „Times“, август 1954 г., стр. 6.

<sup>2</sup> „U. S. Naval Institute Proceedings“, № 11, 1954 г., стр. 1289—1290; журнал „Aviation Week“, 9 августа 1954 г.

<sup>3</sup> „Interavia“, № 4, 1955 г., стр. 260.

в системе ПВО насчитывается около 130<sup>1</sup>. На командующего войсками ПВО, который непосредственно подчиняется объединенной группе начальников штабов<sup>2</sup>, возложена ответственность за организацию ПВО страны.

Командующему ПВО континента подчинены силы и средства, относящиеся ко всем трем видам вооруженных сил (военно-морских, военно-воздушных и сухопутных сил). Эти силы и средства включают в себя эскадрильи истребительной авиации, части зенитной артиллерии, батареи зенитных управляемых реактивных снарядов, патрульные самолеты морской авиации, подразделения национальной гвардии, резервные части военно-морских и военно-воздушных сил<sup>3</sup>.

Командование ПВО континента призвано решать следующие задачи:

— обеспечить разработку координированных планов действия сил и средств, участвующих в выполнении общей задачи, связанной с ПВО континента;

— обеспечивать в период чрезвычайного положения эффективное оперативное руководство и управление всеми силами и средствами, предназначенными для непосредственной ПВО континента США;

— создать единый военный исполнительный орган, который в случае воздушного нападения смог бы обеспечить тесное взаимодействие по вопросам ПВО с органами управления гражданской обороны территории США, представителями государственных и общественных организаций;

— координировать свои действия со штабом военно-воздушных сил ПВО Канады, расположенным в Сант-Губерте (провинция Квебек, вблизи Лис-Монреаля)<sup>4</sup>.

Система противовоздушной обороны США включает не только периферийные посты воздушного наблюдения и оповещения, но многочисленные посты, расположенные внутри страны.

Для борьбы с бомбардировщиками противника и его управляемыми реактивными снарядами дальнего действия должны использоваться, по мнению американского военного командования, все средства, так как одна истребительная авиация и тем более зенитная нарезная артиллерия эту за-

<sup>1</sup> „Revue militaire d'information“, № 259, 11 октября 1955 г., стр. 15.

<sup>2</sup> „Revue de defence nationale“, февраль 1955 г., стр. 233.

<sup>3</sup> „Flying“, август 1955 г.

<sup>4</sup> „New York Times“, 22 октября 1954 г., стр. 13.

дачу решить не может из-за больших скоростей и высот полета современных самолетов и реактивных снарядов.

Несовершенство материальной части, навигационной аппаратуры и другие конструктивные недостатки истребительной авиации, а также зависимость ее действий от времени суток и погоды не дают возможности полностью решить задачу борьбы с бомбардировочной авиацией противника, не говоря уже о перехвате реактивных управляемых снарядов. Это, естественно, заставляет обращать серьезное внимание на повышение роли наземных средств ПВО, дальнейшее их развитие и усовершенствование. Однако, так как действия зенитной артиллерии при отражении атак самолетов, летящих на больших высотах и с большой скоростью, не могут быть достаточно эффективными, то наиболее перспективным из наземных средств ПВО, по мнению иностранных специалистов, являются зенитные управляемые реактивные снаряды.

Из различных образцов зенитных реактивных управляемых снарядов, разрабатываемых по заказу армии США, получил наибольшее распространение снаряд «Найк», предназначенный для ближней обороны различных объектов в системе ПВО континента. Этими снарядами вооружен ряд частей противовоздушной обороны. Низшим подразделением является батарея.

В иностранной печати также указывается, что противовоздушная оборона объекта или района от воздушных налетов противника должна в современных условиях осуществляться следующим образом:

- обнаружение радиолокационными станциями дальнего действия (или кораблями и самолетами радиолокационного дозора) авиации противника на расстоянии нескольких сот километров от объекта удара;

- оповещение различных сил и средств о появлении противника;

- взлет истребителей и атака ими обнаруженных самолетов противника;

- запуск зенитных управляемых реактивных снарядов дальнего действия;

- запуск зенитных управляемых реактивных снарядов ближнего действия для непосредственной обороны объекта;

- огонь батарей зенитной нарезной артиллерии.

Такая организация противовоздушной обороны, по мнению иностранных специалистов, обеспечивает поражение одиночных самолетов, прорвавшихся на ближние подступы

к обороняемому объекту<sup>1</sup>. В качестве иллюстрации на рис. 68 приведена примерная схема противовоздушной обороны побережья.

Однако все возрастающая скорость самолетов и реактивных снарядов ставит требование увеличения радиуса действия огневых средств ближней обороны объекта, чтобы отодвинуть как можно дальше в сторону противника границу начала огневого воздействия на атакующие самолеты и снаряды противника и увеличить время для воздействия на цель. Следствием этого является непрерывное увеличение дальности полета зенитных управляемых реактивных снарядов и повышение требований к телеуправлению. Чтобы компенсировать неточности телеуправления зенитным снарядом на больших расстояниях от командного пункта, требуются более сильные заряды. Кроме того, по мере увеличения радиуса действия ПВО продолжительнее становится время управления снарядом. Это в свою очередь неблагоприятно сказывается на скорострельности.

Увеличение дальности полета снаряда и веса заряда, оснащение его сложной аппаратурой наведения вызывает увеличение размеров и веса снаряда, усложняет его конструкцию и удорожает изготовление.

Помимо предлагаемой системы расположения батарей: «линиями» на границах государства и «кустами» вокруг важных объектов, пригодной для таких стран как США, Канада и т. д., в зарубежной печати указывается целесообразность применения для малых государств, малоудаленных от театра военных действий, другой системы расположения батарей — «шахматной». При этой системе обороняется не граница государства и отдельные объекты на его территории, а вся территория государства (или несколько малых государств), как единый обороняемый район.

Предполагается, что при данной системе расположения батарей воздушный противник с первого же момента появления над территорией района может оказаться под непрерывным воздействием по меньшей мере четырех батарей, а при больших высотах цели — шести или восьми. Противник не сможет использовать для налета слабо защищенные в противовоздушном отношении участки местности, так как оборона ведется не отдельных важных объектов, а всей территории района.

Подавление обороны при использовании районной

<sup>1</sup> „Interavia“ № 5, 1955 г., стр. 318—319.

системы ПВО сильно затруднено. Кроме того, в значительной мере облегчается взаимодействие со службой воздушного оповещения, так как порайонное использование сил и средств этой службы совпадает по своему характеру с аналогичным расположением и использованием батарей зенитных управляемых снарядов.

Кроме того, при такой системе организации противовоздушной обороны опасность внезапного нападения уменьшается до минимума, а количество снарядов, выпускаемых по противнику, увеличивается, так как значительно большее число батарей может одновременно вести огонь, чем при сосредоточении средств ПВО вокруг одного объекта.

Во время второй мировой войны для обеспечения противовоздушной обороны объекта приходилось прибегать к маневрированию средствами ПВО, защищая от ударов с воздуха в соответствии с изменением обстановки то один, то другой объект (или один и тот же меняющий свое место).

При противовоздушной обороне района системой батарей, расположенных в шахматном порядке, та-

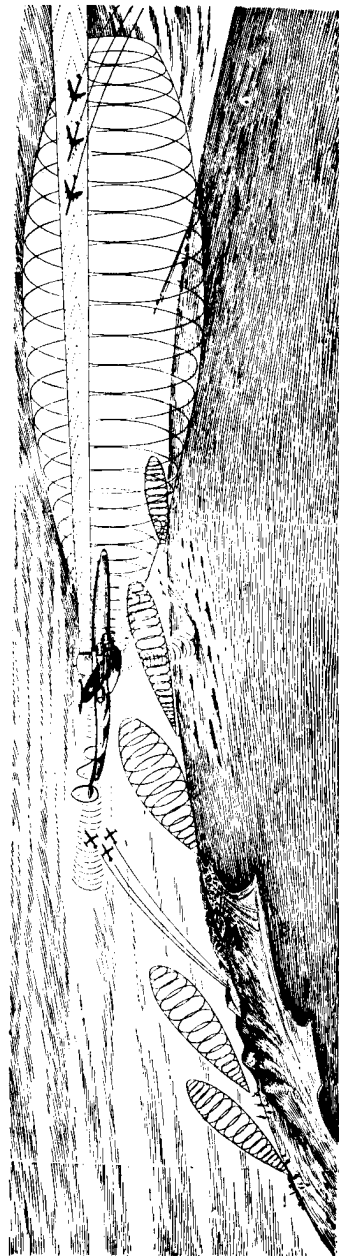


Рис. 68. Схема современной противовоздушной обороны американского континента

кое маневрирование становится излишним. Появляется тем самым возможность организовывать противовоздушную оборону по принципу, до некоторой степени аналогичному миллионной системе сбора по тревоге. Если батареи зенитных управляемых снарядов занимают позиции вблизи промышленных предприятий, то уже в мирное время для обслуживания этих батарей можно подобрать постоянные расчеты из местных лиц непризывных категорий или освобожденных от воинской повинности в связи с работой на производстве. Эти люди будут непосредственно участвовать в защите района, в котором находятся их место работы и дома, что невозможно при военной мобилизации.

Наряду с зенитными управляемыми реактивными снарядами, по мнению американского командования, в системе противовоздушной обороны должны широко использоваться истребительная авиация и зенитная нарезная артиллерия.

При использовании истребительной авиации во избежание опасности поражения истребителей-перехватчиков зенитными управляемыми реактивными снарядами, а также для исключения влияния взаимных радио- и радиолокационных помех, зона действия истребительной авиации ПВО должна находиться за пределами радиуса действия снарядов, т. е. на расстоянии около 120 км от объекта<sup>1</sup>.

Если предположить, что атака истребителями-перехватчиками занимает 10 минут и цель движется со скоростью 960 км/час (16 км/мин), то им необходимо встретить цель (бомбардировщики противника) на расстоянии не менее 160 км от зоны действия зенитных управляемых снарядов или в 280 км от объекта.

Исходя из того, что американским истребителям типа «Сейбр» необходимо 2 минуты для подъема по тревоге с аэродрома, 10 минут для набора высоты 13 тыс. м и 2 минуты для набора боевой скорости, т. е. всего 14 минут<sup>2</sup>,— приказание о взлете они должны получить при нахождении цели от объекта на расстоянии 480 км. Принимая во внимание добавочное время на обнаружение целей, их опознавание и принятие решения (на что в среднем нужно 5—6 минут), атакующие самолеты должны быть обнаружены не менее чем за 600 км от охраняемого объекта<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> „Aircraft engineering revue“, июль 1953 г.

<sup>2</sup> „Revue militaire d'information“ № 259, 10 октября 1955 г., стр. 15.

<sup>3</sup> „Interavia“ № 5, 1955 г., стр. 318—319. „Revue militaire d'information“ № 259, 10.10.55 г., стр. 15. „Aircraft engineering revue“, июль 1953 г.

Следует отметить, что подавляющее количество истребителей-перехватчиков, вооруженных различными типами управляемых и неуправляемых реактивных снарядов, приспособлено для боевых действий в сложных метеорологических условиях и ночью. Поэтому весь перехват осуществляется по данным наземных или специальных самолетных и корабельных радиолокаторов. С увеличением скорости современных самолетов конус возможных атак бомбардировщика истребителем сужается. При атаках из задней полусферы он представляет собой узкий конус позади бомбардировщика. В настоящее время истребители вооружаются управляемыми реактивными снарядами, что позволяет им производить атаку на пересекающихся курсах<sup>1</sup>.

Пост наведения выводит истребитель-перехватчик на цель до момента захвата ее бортовыми радиолокаторами. Это происходит на дистанции 30—40 км. После захвата цели бортовым радиолокатором включается автопилот и дальнейшее наведение осуществляется автоматически.

Считается, что мало вывести пару или четверку истребителей-перехватчиков на цель. Поэтому глубина базирования истребительной авиации увеличивается путем размещения аэродромов в различных районах и расположения на одном аэродроме не более одной эскадрильи (12—25 самолетов). Такое расположение, по мнению американских военных специалистов, обеспечивает одновременно лучшее управление действиями авиации и наведение самолетов на цель<sup>2</sup>.

На каждом аэродроме один ангар является особым, в котором размещается четыре самолета с готовностью к вылету от 2 до 5 минут. Рядом с этим ангаром располагается 4—8 самолетов в 15-минутной готовности к вылету, остальные самолеты эскадрильи находятся в 1—3-часовой готовности<sup>3</sup>.

Таковы взгляды иностранных военных специалистов на противовоздушную оборону наземных объектов. Другим не менее важным вопросом является противовоздушная оборона кораблей в море. Значение этого вопроса обусловливается задачами, стоящими перед флотами капиталистических стран.

<sup>1</sup> „Flight“, 13 мая 1955 г.

<sup>2</sup> „News Week“, 2 ноября 1953 г., стр. 13—14.

<sup>3</sup> „Interavia“, 1955 г., № 4, 10.1.55, стр. 260; „News Week“, 1953 г., 2.11.53 г., стр. 13—14.

Например, основными задачами флота США, по мнению американцев, является защита океанских и морских сообщений и действия против берега: высадка десантов, содействие армии, нанесение ударов по береговым объектам и т. д. Основная роль в решении этих задач отводится береговой и авианосной авиации флота. В связи с этим в США большое внимание уделяется авианосным соединениям — главным силам американского флота.

За последние годы в американской печати было опубликовано много заявлений, в том числе и официальных представителей командования военно-морского флота о значительном повышении боевой мощи флота, в частности авианосных соединений, за счет вооружения его управляемыми реактивными снарядами различных классов. В одном из заявлений указывалось, что сейчас в американском флоте происходят самые крупные изменения: флот переходит от пара к атомной энергии, от нарезной артиллерии — к управляемым реактивным снарядам, от «обычных» ВВ — к атомному и термоядерному оружию. Управляемые снаряды в скором времени станут главным оружием американских надводных, подводных и воздушных сил и найдут широкое применение в морских операциях.

Американские специалисты считают, что для ведения морских операций нужны прежде всего оперативные соединения, состоящие из авианосцев, имеющих современные реактивные самолеты, и кораблей, вооруженных управляемыми реактивными снарядами. Именно поэтому в США большое внимание уделяется авианосным соединениям, а на ряде кораблей обычное вооружение заменяется реактивным. Так, для запуска реактивных снарядов переоборудованы тяжёлый крейсер «Бостон», подводные лодки «Танни», «Карбонеро» и «Каск», линейный корабль «Миссисипи», а новые самолеты, предназначенные для базирования на авианосце «Форрестол», будут вооружены управляемыми реактивными снарядами для поражения самолетов противника<sup>1</sup>.

Некоторые видные представители иностранных военно-морских кругов утверждают, что использование авианосной авиации в боевых действиях против берега позволит сравнительно малочисленными силами наносить мощные удары по военно-промышленным объектам на приморской терри-

<sup>1</sup> Вице-адмирал Баржо. „Флот в атомный век“. Париж, 1955 г., стр. 171.



тории противника, сковывать его крупные авиационные группировки. В то же время авианосные соединения благодаря своей подвижности будут менее уязвимы для ударов противника.

Если радиус действия палубных бомбардировщиков принять равным 1500 миль, а среднюю эскадренную скорость авианосных соединений — 25 узлам (что позволит им покрыть за сутки расстояние до 600 миль), то силам, обороняющим побережье, придется вести боевые действия против такого соединения на фронте в 3600 миль<sup>1</sup>. Это обстоятельство, по мнению американцев, затруднит противнику организацию обнаружения и нанесения сосредоточенных ударов по авианосным соединениям.

Основной угрозой для авианосных соединений считаются авиация и беспилотные средства воздушного нападения, боевые возможности и мощь которых быстро и непрерывно возрастают. Исходя из этого во флоте США большое внимание уделяется вопросу противовоздушной обороны кораблей в море.

К концу второй мировой войны противовоздушная оборона кораблей в море включала:

1. Обнаружение самолетов противника и определение элементов их движения с помощью радиолокационных и оптических приборов.

2. Атаку обнаруженных самолетов истребителями-перехватчиками, базирующимися на авианосцы или береговые аэродромы.

3. Отражение атак вражеских самолетов огнем нарезной артиллерии кораблей.

В современных условиях в связи с развитием ударной реактивной авиации и появлением управляемых реактивных снарядов значительно осложнилось обеспечение эффективной противовоздушной обороны кораблей. Самолет, пилотируемый летчиком, становится все менее пригодным средством противовоздушной обороны кораблей в море для защиты их от ударов с воздуха<sup>2</sup>. Для отражения новых боевых средств нужны и новые средства обороны. Задача обороны авианосных соединений в открытом море будет решена, если ударные авианосцы будут действовать совместно с силами противовоздушной обороны, состоящими из авианосцев, несущих истребители, и кораблей, вооруженных зенит-

<sup>1</sup> „U. S. News and World Report“, 17 декабря 1954 г.

<sup>2</sup> „La Revue Maritime“ № 92, 1953 г.

ными управляемыми реактивными снарядами<sup>1</sup>. Считается, что эффективность ударов противника с воздуха может быть значительно снижена за счет применения рассредоточенных боевых порядков авианосных соединений. Но основным средством обеспечения боевых действий авианосцев (особенно вблизи береговых авиационных баз противника) признаются зенитные управляемые реактивные снаряды.

Действительно, в настоящее время эффективную борьбу с реактивными самолетами и беспилотными средствами воздушного нападения, обладающими звуковой и сверхзвуковой скоростью полета, нельзя вести с помощью зенитной нарезной артиллерии с ее малой дальностью действия и низкой вероятностью поражения воздушных целей.

Современные самолеты и управляемые реактивные снаряды могут подниматься на высоту, недоступную для снарядов нарезной артиллерии, что до некоторой степени гарантирует безопасность их от огня артиллерии. Даже прямое попадание снаряда малого и среднего калибра далеко не во всех случаях причинит значительные повреждения крупному самолету. Считается, что современный самолет может быть сбит снарядом зенитной нарезной артиллерии лишь в результате прямого попадания в его наиболее жизненно важные узлы. Однако такое попадание маловероятно, даже если огонь ведется самыми новейшими зенитными орудиями с использованием современных ПУС<sup>2</sup>.

Эффективность огня зенитной нарезной артиллерии при стрельбе по современным воздушным целям, по мнению зарубежных специалистов, невозможно повысить, так как она имеет следующие недостатки:

1. Начальная скорость полета снаряда зенитной нарезной артиллерии, которая учитывается в качестве одного из основных параметров при подготовке данных для стрельбы, принимается за совершенно определенную величину, хотя в действительности она изменяется в больших пределах. Увеличение объема камеры из-за износа или слишком сильного перегрева влечет за собой уменьшение скорости полета снаряда, а следовательно, вероятности попадания.

При этом ухудшение баллистических данных любого из орудий зенитной батареи снижает эффективность огня всей батареи.

<sup>1</sup> „Interavia“ № 7, 1954 г.

<sup>2</sup> „La Revue Maritime“ № 92, 1953 г.

2. Чем больше скорость воздушной цели, тем меньше выстрелов может быть сделано по ней, пока она находится в зоне действительного огня. А чем меньше будет количество выстрелов, тем меньше вероятность поражения цели.

Эта трудность может быть преодолена только путем увеличения количества орудий, одновременно ведущих огонь по воздушной цели, однако непрерывно увеличивать степень массирования зенитной артиллерии вокруг обороняемого объекта невозможно.

3. Потолок зенитной нарезной артиллерии находится в прямой зависимости от калибра зенитных орудий. С увеличением калибра скорострельность орудий, а следовательно, и вероятность поражения цели за стрельбу, т. е. эффективность огня понижаются.

4. Современные самолеты и управляемые реактивные снаряды, летящие на высоте 12—15 тыс. м, практически недостижимы для огня корабельной зенитной артиллерии калибром менее 105 мм. Скорострельность же орудий больших калибров слишком мала и не обеспечивает требуемой эффективности огня. Кроме того, устанавливать крупнокалиберные зенитные орудия можно на кораблях далеко не всех классов, тем более в требуемом количестве.

5. Для достижения снарядом зенитной нарезной артиллерии высоты 12—15 тыс. м требуется значительное время. Но большое время полета снаряда резко снижает вероятность попадания его в воздушную цель, несмотря на высокую точность современных приборов управления зенитным огнем. Это обуславливает возможность осуществления самолетом противозенитного маневра за время полета артиллерийского снаряда.

6. Рабочий потолок современных самолетов почти равен потолку зенитного огня орудий самых крупных калибров зенитной нарезной артиллерии. А это приводит к тому, что самолет находится в зоне действительного огня батареи очень короткий промежуток времени, и она успевает сделать лишь незначительное количество залпов.

В иностранной военной печати приводятся высказывания относительно боевых возможностей современной корабельной зенитной нарезной артиллерии. Указывается, например, что в ходе учений ПВО, несмотря на оснащение нарезной артиллерии весьма совершенными приборами управления огнем и снаряжение снарядов радиолокационными взрывателями, лишь незначительный процент реактивных самолетов, летевших на высоте 12—15 тыс. м, под-

вергся эффективному «воздействию» артиллерии<sup>1</sup>. Большинство же участвовавших в нападении на объект самолетов достигло намеченных целей и «нанесло» по ним бомбовые удары. Зенитная артиллерия, которая действовала против самолетов, имела калибр<sup>2</sup> не менее 90 мм.

Зенитные управляемые реактивные снаряды свободны от основных из указанных недостатков и поэтому их значение как средства поражения воздушных целей в настоящее время резко возрастает.

Современные зенитные управляемые реактивные снаряды имеют значительно бóльшую по сравнению с зенитной нарезной артиллерией наклонную дальность действия, в несколько раз превосходят ее по вероятности попадания и силе разрушительного действия, а досягаемость их по высоте превышает рабочий потолок современных самолетов.

Самолет, попавший в зону действия батареи зенитных реактивных снарядов, продолжительное время может подвергаться обстрелу. Это позволяет успешно решать задачу противовоздушной обороны объекта незначительным количеством пусковых установок. Следовательно, нет необходимости чрезмерно увеличивать габариты кораблей противовоздушной обороны соединения.

Наряду с положительными качествами зенитных управляемых реактивных снарядов в иностранной печати отмечаются и их отрицательные свойства. Основным недостатком считается невозможность одновременно выпускать большое число их из-за ограниченных возможностей наведения одной станцией нескольких снарядов на цели. Поэтому при массированном налете авиации противника число целей может превысить число одновременно выпускаемых зенитных управляемых реактивных снарядов, и тогда самолеты смогут прорваться к объекту удара<sup>3</sup>. Кроме того и сама вероятность поражения цели одним снарядом отлична от единицы, хотя и высока.

В иностранной печати указывается, что эффективность противовоздушной обороны объектов повысится, если скорострельная автоматическая зенитная артиллерия калибром 20—40 мм, оснащенная современными приборами управления и радиолокационными прицелами, будет использоваться

---

<sup>1</sup> „Flight“, май 1950 г.

<sup>2</sup> „Anti-aircraft journal“, сентябрь 1954 г.

<sup>3</sup> „Anti-aircraft journal“, февраль 1954 г.

совместно с зенитными управляемыми реактивными снарядами. В результате такого использования на пути воздушных целей, атакующих кораблей, может быть поставлен эффективный заградительный огонь<sup>1</sup>.

Несмотря на указанные недостатки, зенитные управляемые реактивные снаряды признаются американскими специалистами наиболее эффективным, и можно сказать единственным, средством противовоздушной обороны кораблей в море<sup>1</sup>. В связи с этим в военно-морском флоте США ведутся большие исследовательские работы, ряд кораблей вооружается зенитными управляемыми реактивными снарядами, создаются корабли противовоздушной обороны, оснащенные новым видом оружия.

Уже во время последней войны во многих странах разрабатывались специальные зенитные ракеты. Сначала это были реактивные снаряды без автоматического управления, которые должны были лишь донести возможно быстрее и ближе к цели большие заряды и с помощью радиолокационных взрывателей взорвать их в непосредственной близости от нее.

В настоящее время в США создано несколько типов зенитных управляемых реактивных снарядов. По сообщениям прессы, наиболее удачными из них являются снаряды типа «Терьер» и «Тэлос»<sup>2</sup>.

Этими зенитными управляемыми реактивными снарядами военно-морское министерство США недавно с экспериментальной целью вооружило бывший эскадренный миноносец «Гайатт» (типа «Гириг») <sup>3</sup>. Полагают, что такой корабль будет предшественником кораблей совершенно нового класса, лишенных палубной нарезной артиллерии и вооруженных зенитными управляемыми ракетными снарядами, обладающими большой скоростью и дальностью полета. Назначение их — противовоздушная оборона оперативных соединений быстроходных авианосцев.

Таким образом, появление зенитных управляемых реактивных снарядов класса «земля — воздух» типа «Терьер» и «Тэлос» и вооружение ими крейсеров, эскадренных миноносцев и специальных кораблей позволяет использовать последние для противовоздушной обороны соединения на переходе морем.

<sup>1</sup> „Militärpolitisches Forum“ № 2, 1954 г.

<sup>2</sup> „Flying“, ноябрь 1955 г.

<sup>3</sup> „Our Navy“, 1 октября 1955 г.

Что касается истребительной авиации, базирующейся на авианосцы, то считается, что ее действия по противовоздушной обороне соединения кораблей в море ограничиваются, во-первых, из-за состояния погоды, а, во-вторых, из-за малой маневренности современных реактивных истребителей-перехватчиков. Следовательно, авианосная истребительная авиация пулеметно-пушечным вооружением не в состоянии надежно прикрывать с воздуха корабли в море.

В целях повышения роли авиации в системе противовоздушной обороны соединения в море самолеты-истребители вооружаются управляемыми реактивными снарядами класса «воздух — воздух».

Несмотря на развитие новых средств борьбы с авиацией и беспилотными средствами нападения противника, вопросы защиты таких крупных надводных кораблей, как авианосец «Форрестол», по-прежнему не сходят со страниц американской военной печати. Все чаще высказываются опасения относительно возможности надежной защиты кораблей от ударов с воздуха. При этом считается, что разрешение проблемы противовоздушной обороны крупных надводных кораблей в условиях существования мощных средств нападения — реактивного и атомного оружия — затруднено из-за медленного развития эффективных средств защиты.

Небезынтересны в этой связи высказывания некоторых военно-морских теоретиков о характере возможного применения новых видов оружия в боевых действиях на море. Отмечается, в частности, что уже к концу второй мировой войны, по мере повышения противовоздушной обороны кораблей (за счет установки на них зенитного реактивного и артиллерийского автоматического вооружения, радиолокационных станций и быстродействующих приборов управления зенитным огнем) средства воздушного нападения и тактика их применения претерпели серьезные изменения. На смену бомбометанию с пикирования с применением обычных бомб пришло высотное бомбометание с использованием управляемых планирующих бомб и реактивных снарядов. Дальнейшее развитие сил и средств противовоздушной обороны кораблей в море приведет, по мнению иностранных специалистов, к отказу от применения обычных бомб как малоэффективного средства нападения на крупные корабли.

В современных условиях удары по кораблям, вероятнее всего, будут наноситься управляемыми реактивными снарядами, запускаемыми с самолетов, надводных кораблей, под-

водных лонок и особенно с береговых стартовых установок, находящихся на больших расстояниях от объекта удара.

Считается, что наведение управляемых реактивных снарядов, выпускаемых самолетами, на корабли будет осуществляться методом дистанционного управления с самолета по данным зрительного, радиолокационного или телевизионного наблюдения за целью. На подходах к цели снаряд, очевидно, будет наводиться приборами самонаведения, реагирующими на то или иное физическое поле цели. Скорости полета снарядов, как правило, сверхзвуковые, значительно затруднят борьбу с ними средствами зенитной нарезной артиллерии и силами истребительной авиации. Поэтому уничтожение самолета-носителя до выпуска им снаряда в цель будет лучшим методом защиты кораблей от атак управляемыми реактивными снарядами.

Одним из методов наведения управляемых реактивных снарядов, выпускаемых с кораблей и береговых стартовых установок, при стрельбе на расстояние, не превышающее дальность радиолокационной видимости, является «ведение по радиолокационному лучу». При стрельбе на расстояния свыше 100 км (54 миль) может быть применено управление реактивными снарядами программным методом с помощью специальных приборов, устанавливаемых в них. Управление снарядом на конечном участке траектории считается в настоящее время трудноосуществимым из-за огромной скорости его полета, поэтому точность попадания снарядов в корабли будет довольно низкой. Повысить вероятность попадания в цель, особенно больших размеров, предполагается путем применения самонаведения снарядов на цель на конечном участке траектории.

Атаки управляемых реактивных снарядов, выпущенных на большом расстоянии от цели, по мнению иностранных специалистов, можно отразить:

- уничтожением носителей снарядов до выпуска ими снарядов;
- уничтожением снарядов в воздухе во время их полета;
- созданием помех для отклонения траектории полета снарядов от цели.

Первую задачу рекомендуется решать путем нанесения упреждающих ударов по носителям с помощью управляемых реактивных снарядов.

Выпущенные носителями реактивные снаряды, которые обладают дозвуковой или звуковой скоростью полета, пред-

полагается уничтожать с помощью зенитных управляемых реактивных снарядов (применяемых также и для уничтожения самолетов — носителей управляемых реактивных снарядов). Точность попадания этих снарядов в воздушную цель обеспечивается работой приборов самонаведения на цель в конце полета.

Проблема борьбы с управляемыми реактивными снарядами, имеющими сверхзвуковые скорости полета, в настоящее время еще не разрешена из-за трудности их перехвата. Эти трудности объясняются в первую очередь тем, что суммарная скорость сближения летящих атакующего и зенитного снарядов чрезвычайно велика. Вследствие этого возникает необходимость полностью автоматизировать управление полетом и наведение зенитного снаряда в цель.

Сложность поражения атакующих реактивных снарядов противника зенитными, обладающими большими скоростями полета, заключается в трудности не только точного наведения зенитного снаряда на цель, но и своевременного вызова взрыва. Существующие взрыватели, работающие на принципе использования эффекта Доплера или срабатывающие на заданной дистанции от цели, измеряемой радиодальномером зенитного снаряда, не обеспечивают требуемой точности момента взрыва. Вследствие этого атакующий снаряд может пройти опасную для него зону ранее взрыва заряда зенитного снаряда. Кроме того, взрыв не имеет постоянной зависимости от времени. В результате этого взрыв зенитного снаряда может произойти на слишком большом расстоянии от реактивного снаряда противника, что не принесет ему никакого вреда.

Несмотря на большие трудности в создании приборов самонаведения и взрывателей для зенитных управляемых реактивных снарядов, американские специалисты считают их единственным эффективным средством борьбы с управляемыми реактивными снарядами противника. Поэтому сейчас в США в огромных масштабах ведутся экспериментальные работы по созданию управляемых зенитных снарядов и приборов самонаведения и взрывателей.

Одновременно с усовершенствованием боевых средств противовоздушной обороны в США ведутся большие исследования по разработке тактических приемов использования зенитных реактивных снарядов и принципов организации обороны кораблей от ударов беспилотных средств воздушного нападения.



В общем случае противовоздушная оборона кораблей в море в современных условиях должна включать <sup>1</sup>:

- 1) обнаружение носителей реактивного оружия противника;
- 2) нанесение упреждающих ударов по ним;
- 3) нанесение контрударов зенитными управляемыми снарядами на максимальной дальности их действия по атакующим корабли вражеским реактивным снарядам («дальняя оборона»);
- 4) постановку заградительных огневых завес средствами зенитной нарезной артиллерии кораблей («ближняя оборона»);
- 5) организацию помех управлению снарядами противника;
- 6) движение кораблей в рассредоточенных порядках.

Проблеме обнаружения придается особо важное значение. Считается, что эффективность противовоздушной обороны во многом зависит от своевременности обнаружения атакующих воздушных сил и средств нападения противника и правильного определения их класса и типа.

Кораблям при организации отражения удара необходим определенный минимум времени на подготовку данных для стрельбы, материальной части и упреждения действий противника. По мнению иностранных специалистов, это время в условиях применения зенитных реактивных снарядов примерно равно одной минуте: 30 сек. на приготовление к стрельбе и производство залпа и 30 сек. на время полета зенитного снаряда.

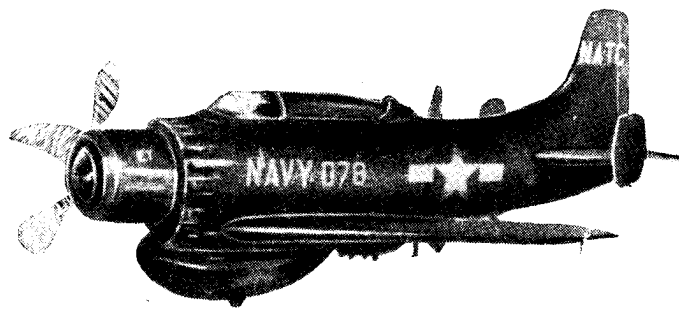
Однако надежное радиолокационное обнаружение реактивных снарядов пока трудно достижимо из-за малой эффективной отражающей поверхности цели.

По мнению зарубежных специалистов, радиолокационные станции, установленные на авианосцах и кораблях прикрытия, обеспечат минимальное время для подготовки кораблей к отражению атаки только в том случае, если атакующий самолет выпустит управляемые реактивные снаряды на большом расстоянии от цели и если они будут лететь на достаточно большой высоте.

Для более раннего обнаружения самолетов противника и предупреждения кораблей об их появлении в американ-

---

<sup>1</sup> „Interavia“ № 7, 1954 г.



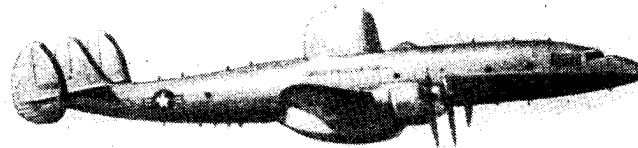
**Рис. 69.** Американский самолет радиолокационного дозора AD-4W «Скайрейдер»

Скорость — 556 км/час, дальность полета — около 2780 км (1500 миль), потолок — более 7000 м, полетный вес — 5450 кг, экипаж — 3 человека

ском флоте используются так называемые самолеты дальнего наблюдения и оповещения (радиолокационного дозора).

Самолеты типа AD-4W «Скайрейдер» (рис. 69), могут размещаться на авианосцах, а типа «Локхид WV-2» (рис. 70) могут базироваться на береговые аэродромы.

Установленные на самолетах радиолокационные станции наблюдения позволяют значительно увеличить район наблюдения, а следовательно, и промежуток времени между обнаружением самолетов противника и моментом нанесе-



**Рис. 70.** Американский самолет радиолокационного дозора «Локхид WV-2»

Скорость — 550 км/час, дальность полета — 7000 км (3780 миль), потолок — около 9000 м, полетный вес — 65 т, экипаж — 31 человек

ния удара по кораблям атакующими управляемыми реактивными снарядами, выпущенными с самолетов.

На тяжелых самолетах «WV-2 Локхид супер констеллейшн» установлена радиолокационная станция весом около 6 т<sup>1</sup>. Станция позволяет обнаружить самолет противника, летящий на любой высоте до 20 тыс. м, причем дальность обнаружения воздушной цели зависит от высоты полета обоих самолетов. В частности, самолет «Локхид WV-2», высота полета которого достигает 9 тыс. м, может обнаруживать на расстоянии 740 км (400 миль) самолет противника, летящий на бреющем полете<sup>2</sup>.

Экипаж самолета «Локхид WV-2» состоит из 31 человека, что обеспечивает двухсменную работу по наблюдению за контролируемым районом.

Наряду с вопросом обнаружения самолетов — носителей реактивных управляемых снарядов и самих снарядов после их выпуска самолетами, в США большое внимание уделяется также вопросу обнаружения реактивных снарядов, выпускаемых противником с надводных кораблей, подводных лодок и береговых установок, находящихся в операционной зоне корабельных соединений<sup>3</sup>. Считается, что уничтожить реактивный снаряд легче всего во время его взлета<sup>4</sup>. Поэтому при действиях авиационных соединений вблизи побережья противника, а также в районах вероятного нахождения подводных лодок и надводных кораблей, вооруженных реактивными снарядами, рекомендуется организовать специальное непрерывное наблюдение с использованием для этой цели самолета.

Самолеты радиолокационного дозора должны находиться от соединения кораблей на значительном удалении (рис. 71), обеспечивающем своевременное оповещение и подъем в воздух авианосной авиации с последующим наведением ее на обнаруженного противника<sup>5</sup>.

Не менее важным условием успешной противовоздушной обороны кораблей наряду со своевременным обнаружением атакующего реактивного снаряда считается, как уже говорилось выше, определение его класса, типа и метода на-

<sup>1</sup> „Our Navy“ № 1, 1 июня 1954 г.

<sup>2</sup> Вице-адмирал Баржо, „Флот в атомный век“.

<sup>3</sup> „Europäische Sicherheit“ № 2, 1954 г.

<sup>4</sup> „Le Monde“, 20—21 февраля 1955 г.

<sup>5</sup> „Science et Vie“, 1949.

ведения<sup>1</sup>. Значение класса и типа атакующего снаряда и даже некоторых сведений о его использовании, по мнению иностранных специалистов, облегчает его уничтожение, так как позволяет выбрать наиболее выгодные средства борьбы с ним. Так, например, измерение импульсов радиолокационных приборов, используемых для наведения снаряда, позволяет определить, управляется ли снаряд с носителя или относится к числу самонаводящихся; осуществляется ли управление снарядом на всем протяжении полета или только на определенном участке и т. д.

В зависимости от класса и типа реактивных снарядов, применяемых противником для нанесения удара, и методов их наведения организуется противовоздушная оборона кораблей в море. Она должна предусматривать использование кораблей противовоздушной обороны в пределах зоны, ограниченной радиусом действия зенитных снарядов, т. е. 30—45 км (16—24 мили), и истребительной авиации за пределами этой зоны<sup>2</sup>.

Иностранные специалисты считают, что современные средства противовоздушной обороны еще малоэффективны. Поэтому противовоздушная оборона соединения в море должна заключаться главным образом в нанесении упреждающих ударов по носителям реактивного оружия, уничтожении их до того, как будут выпущены управляемые снаряды<sup>3</sup>. В состав соединения на переходе морем рекомендуется включать авианосцы, на которые базировались бы самолеты радиолокационного дозора. Задача этих самолетов — своевременно обнаружить самолеты — носители управляемых снарядов, авиацию вообще, а также корабли противника. Кроме того, на авианосцах должны быть самолеты ударной и истребительной авиации. Задача самолетов ударной авиации — нанести удары по вражеским кораблям — носителям реактивного оружия, а истребителей — уничтожить корабли и выпущенные ими реактивные снаряды.

При отражении комбинированных ударов противника, одновременно применяющего управляемые снаряды различных подклассов: «корабль — корабль», «воздух — корабль», по мнению некоторых иностранных военных специалистов, наряду с зенитными управляемыми снарядами подкласса «корабль — воздух» должна использоваться также и истре-

<sup>1</sup> „New York Times“, 18 февраля 1955 г.

<sup>2</sup> „La Revue Maritime“ № 92, 1953 г.

<sup>3</sup> „Revue militaire d'information“ № 253, 10 июня 1955 г.

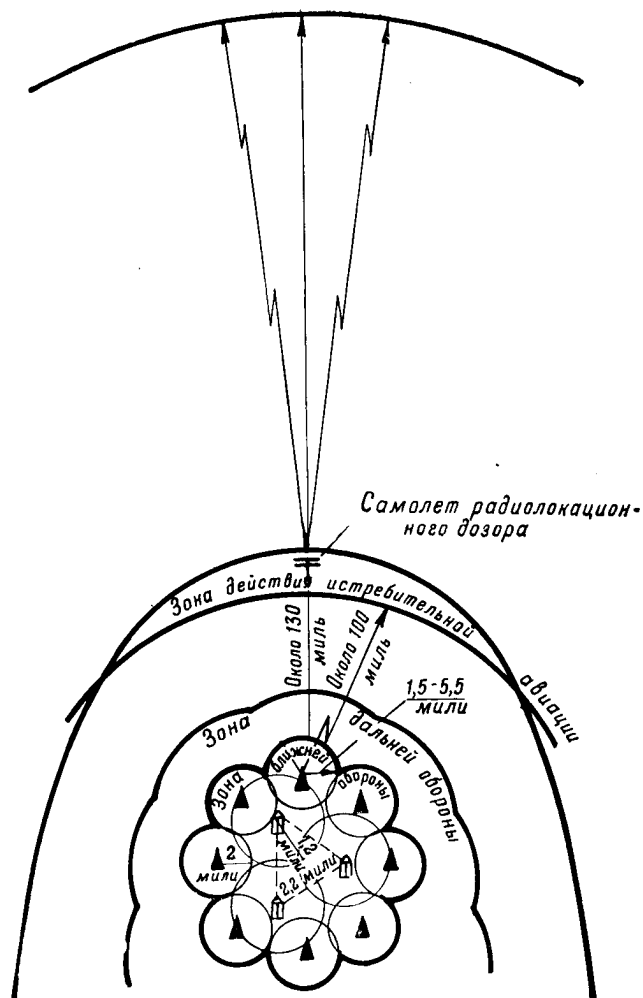
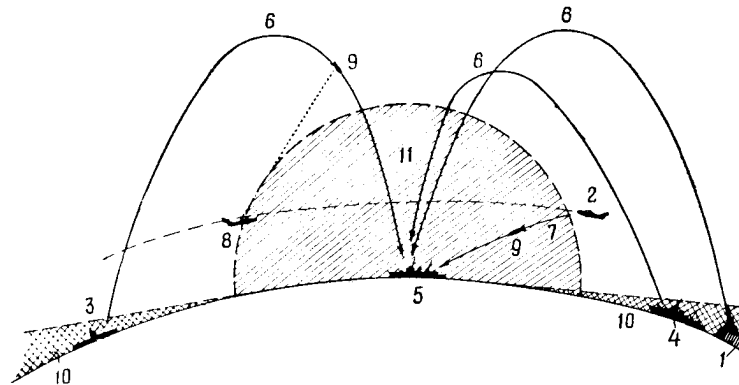


Рис. 71. Примерная схема расположения зон противовоздушной обороны авианосного соединения

бительная авиация и самолеты — носители управляемых снарядов класса «воздух — воздух». Естественно, в таких случаях предусматривается разделение зон действий корабельных и авиационных средств противовоздушной обороны. В частности, авиация должна находиться за пределами зоны действия кораблей, вооруженных зенитными управляемыми реактивными снарядами, т. е. на удалении 30—45 км (16—24 мили) от кораблей противовоздушной обороны. Подобное разделение вызывается стремлением исключить взаимные помехи в действиях своих сил и средств при массовом применении зенитных реактивных снарядов с кораблей и самолетов и если не уничтожить самолеты — носители управляемых снарядов противника, то хотя бы затруднить выход их в атаку и снизить эффективность удара.

Очевидно, что самолет — носитель управляемых снарядов при выходе в атаку будет стремиться избежать поражения зенитными снарядами, выпускаемыми с кораблей, и не станет сближаться с кораблями охранения на дальности действия зенитных снарядов. Следовательно, можно считать, что зона действия самолетов — носителей реактивного оружия при нападении на корабли расположится за пределами зоны использования корабельных зенитных снарядов (рис. 72). Поэтому борьбу с самолетами — носителями



**Рис. 72.** Схематическое расположение зоны противовоздушной обороны корабля и мест выпуска управляемых реактивных снарядов различными носителями:

1 — береговая стартовая установка; 2 — самолет — носитель УРС; 3 — подводная лодка — носитель УРС; 4 — надводный корабль — носитель УРС; 5 — корабль-цель; 6 — траектории УРС подклассов «земля — корабль» и «корабль — корабль»; 7 — траектория УРС подкласса «воздух — корабль»; 8 — самолет, управляющий УРС, вышущим с корабля; 9 — УРС; 10 — зона, не контролируемая радиолокационной станцией корабля-цели; 11 — сфера действия ЗУРС, выпускаемых с корабля-цели

реактивного оружия рекомендуется возлагать в основном на истребители авианосного базирования, вооруженные управляемыми реактивными снарядами класса «воздух — воздух».

При неудавшемся или запаздывающем перехвате реактивного снаряда противника истребительной авиацией и зенитными реактивными снарядами кораблей охранения атакуемые корабли создают завесу заградительного зенитного огня максимальной плотности. В создании завесы участвуют все виды корабельной нарезной (вплоть до главного калибра) и реактивной артиллерии.

По мнению иностранных специалистов, вероятность поражения атакующего реактивного снаряда заградительным зенитным огнем корабля будет зависеть от многих причин и в том числе от скорости и величины углового перемещения воздушной цели, ее габаритов и уязвимости, количества и скорострельности артиллерийских установок. Наиболее важна скорость воздушной цели, так как при всех прочих равных условиях цель, пересекая зону заградительного огня, встретит на своем пути тем меньше разрывов, чем больше будет ее скорость. Например, если при прохождении поражаемого пространства за 0,5 сек. вероятна встреча со 100 разрывами, то уменьшение времени прохождения этого пространства до 0,1 сек. снижает это число до 20.

В зоне ближней обороны, помимо нарезной артиллерии, рекомендуется применять в большом количестве малые реактивные самонаводящиеся снаряды (или снаряды, управляемые по радио) даже класса «воздух — воздух». Запускаемые с кораблей при помощи стартовых ракет они будут сначала наводиться на цель по направляющему лучу радиолокационной станции, а позднее — с помощью приборов самонаведения. Благодаря небольшим размерам снарядов корабли могут применять их массированно. Кроме того, взрыв таких снарядов перед целью значительно увеличивает вероятность ее поражения.

Из-за возможности нанесения по кораблям в море удара реактивными снарядами с атомными зарядами движение их должно быть рассредоточенным. В то же время для отражения снарядов противника необходимо создавать плотные огневые завесы с использованием всей корабельной нарезной артиллерии и корабельных зенитных реактивных снарядов, что требует движения кораблей в сомкнутых порядках. Наиболее целесообразным расстоянием между кораблями считается 2000 м (11 каб.). Это расстояние, якобы

исключает возможность поражения двух кораблей взрывом одной атомной бомбы с тротильным эквивалентом 20—50 килотонн и обеспечивает требуемое массирование огня для эффективной противовоздушной обороны<sup>1</sup>.

Рассмотренная организация противовоздушной обороны кораблей в море и приемы борьбы с управляемыми реактивными снарядами противника в ближней и дальней зонах обороны еще не обеспечивают успеха в отражении удара реактивных снарядов. Рекомендуется поэтому предусматривать создание помех работе приборов наведения управляемых реактивных снарядов противника.

Генераторы помех могут быть размещены на кораблях, самолетах, а также на управляемых реактивных снарядах. Причем помехи, создаваемые генераторами, устанавливаемыми на атакуемом корабле, считаются малоэффективными из-за направленности излучения волны управления реактивным снарядом противника (для телеуправляемых снарядов). Более действенны помехи, источник которых расположен в воздухе позади атакующего снаряда. Поэтому за рубежом распространено мнение, что в будущем основным средством нарушения управления атакующих снарядов явится управляемый же реактивный снаряд, несущий на себе генератор помех. Он должен запускаться навстречу снаряду противника и с помощью радиоконанд выводиться на его траверз. После этого вступает в действие прибор самонаведения и снаряд с генератором помех начинает следовать за нейтральным снарядом, создавая максимальные помехи в управлении им. Считается, что снаряд с генератором помех может лететь с меньшей скоростью, чем атакующий снаряд противника, и не иметь заряда взрывчатого вещества.

Для создания помех управлению, помимо специальных генераторов, могут применяться также металлизированные ленты, сбрасываемые с самолета. Большое количество таких лент создает экран для электромагнитных волн и нарушает управление снарядами.

Известные помехи управлению снарядами представляют и взрывные волны, приводящие к повреждению приборов управления или отклонению траектории снарядов. Кроме того, считается, что реактивные снаряды с приборами самонаведения можно отвлечь от объекта атаки к расположен-

---

<sup>1</sup> „Interavia“ № 7, 1954 г.



ным в близости ложным целям, более сильно воздействующим на эти приборы, чем действительная цель.

\* \* \*

Из сказанного можно сделать вывод, что вооруженные силы США находятся в стадии перехода от обычных видов вооружения к управляемым снарядам. Происходит замена артиллерийских установок, предназначенных для целей противовоздушной обороны, зенитным управляемым реактивным вооружением, изменяется система противовоздушной обороны наземных объектов и кораблей в море.

Американское военное командование считает, что самыми важными проблемами противовоздушной обороны являются проблемы усовершенствования радиолокаторов и зенитных управляемых снарядов.

В настоящее время неразрешенной является проблема перехвата баллистических снарядов, в силу чего усиленно производятся поиски способов перехвата и создания помех баллистическим управляемым снарядам.

Оценивая современные средства отражения воздушного нападения, авторы отдельных статей приходят к выводу, что создать непреодолимую противовоздушную оборону невозможно и что, как бы она ни была сильна, бомбардировщики и управляемые реактивные снаряды противника все же могут достичь объекта удара, а поэтому ПВО континента должно предусмотреть нанесение ударов стратегической авиацией и реактивными снарядами дальнего действия по жизненно важным районам и пунктам базирования стратегической авиации и стартовым площадкам реактивных снарядов противника<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> „Anti-aircraft Journal“, март — апрель 1954 г.; „Air force magazine“, февраль 1954 г.

### **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТИВНОГО ОРУЖИЯ**

Контр-адмирал американского флота Хорн — главный директор фирмы «Конвэйр», изготовляющей реактивные снаряды,— в одном из своих выступлений заявил: «Тот факт, что надежные управляемые снаряды стали необходимыми для вооруженных сил является беспрецедентным. Исторически ни один вид оружия не заменялся другим в мирное время»<sup>1</sup>. Это заявление можно расценивать как признание факта, что управляемое реактивное оружие, еще не пройдя проверки в условиях войны, не только усиленно развивается и принято на вооружение флота, армии и авиации США, но и начало вытеснять некоторые другие виды оружия.

Производство управляемого реактивного оружия в буржуазных странах непрерывно растет. Одновременно усиливается разработка новых образцов снарядов. Судя по опубликованным в иностранной печати данным, научно-конструкторские учреждения военно-морских сил США уделяют большое внимание созданию зенитных управляемых снарядов, снарядов, предназначенных для борьбы с подводными лодками, а также снарядов для вооружения самолетов-истребителей.

Разрабатываются межконтинентальные управляемые реактивные снаряды («Снарк», «Навахо») и баллистические ракеты («Атлас», «Юпитер», «Полярис»), предназначенные для поражения стратегических наземных целей.

Научно-конструкторские учреждения военно-воздушных сил и армии стремятся создать управляемые реактивные снаряды, предназначенные решать задачи противовоздушной обороны важнейших центров американского континента.

Основными тенденциями в развитии управляемых реактивных снарядов, определяющими направление изменения

---

<sup>1</sup> „American Aviation“, октябрь 1955 г.

их основных тактико-технических свойств, по-видимому, можно считать следующие.

Дальности управляемых реактивных снарядов постоянно растут, показателем чего служат последовательные переходы: в классе «земля — земля» от снаряда «Лун» (240—320 км) к снарядам «Редстоун» и «Матадор» (800—700 км); в классе «земля — воздух» от снарядов «Ларк» (16 км) к снарядам «Терьер», «Найк» (около 30 км) и «Найк-Геркулес», «Бомарк» (120—400 км); в классе «воздух — земля» от планирующих бомб типа «Бэт» (15—20 км) к таким снарядам, как «Петрел» (32 км) и «Раскал» (160 км).

По данным зарубежной прессы, дальность использования трансконтинентальных управляемых реактивных снарядов («Снарк», «Навахо») и баллистических ракет («Атлас») составляют 4350 миль, т. е. около 8000 км. Говорить о дальности использования искусственных спутников Земли, если они будут применены в военных целях, нецелесообразно, так как возможности в этом отношении не ограничены.

Скорости управляемых реактивных снарядов также возрастают, показателем этого является аналогичный переход от устаревших снарядов к новым с более высокими скоростями. Можно считать, что в ближайшее время скорость управляемых реактивных снарядов достигнет 750—1000 м/сек, зенитных снарядов — 1000—1200 м/сек, а максимальная скорость баллистических ракет — до 6000—8000 м/сек. Последние цифры будут, очевидно, пределом скорости управляемых реактивных снарядов вообще, так как при скоростях, превышающих 8000 м/сек, тела могут стать спутниками Земли.

Как видно из изменения тактико-технических данных реактивных снарядов, тенденция роста скоростей в различной степени свойственна всем классам управляемых реактивных снарядов.

Боевая досягаемость по высоте зенитных управляемых реактивных снарядов увеличилась более чем в два раза. Так, если снаряд «Ларк» имел боевую досягаемость по высоте 9000 м, то у снаряда «Терьер» она равна 17 000, а у снаряда «Найк» — 23 000 м. Этот рост вызван, по-видимому, увеличением потолка современных самолетов ударной авиации и наличием перспектив его дальнейшего увеличения.

Повышение вероятности попадания снарядов, мощности разрушительного действия, а также надежность действия

всего сложного комплекса систем управления снарядами также является одной из тенденций в развитии управляемого реактивного оружия.

Поиски наиболее полного решения этих вопросов способствуют появлению новых типов управляемых снарядов всех классов.

Развитие снарядов класса «земля — земля» идет в основном по линии увеличения дальности действия и совершенствования методов и средств наведения.

Дальность действия, по мнению американских специалистов, может быть увеличена путем обеспечения полета снарядов на больших высотах. Кроме того, досягаемость до объектов противника, расположенных в глубине страны, может быть обеспечена за счет приближения места выпуска управляемых реактивных снарядов к объекту удара, например, за счет запуска реактивных снарядов с подводных лодок и самолетов стратегической авиации.

Новые образцы реактивных снарядов с большой дальностью полета испытываются на специальном полигоне, простирающемся от мыса Конаверал (полуостров Флорида) на 1000 миль к югу. По сообщениям прессы, длину полигона предполагается увеличить до 5000 миль (от мыса Конаверал до островов Вознесения и Св. Елены)<sup>1</sup>.

В этих целях ведутся переговоры с Великобританией относительно использования английских островов в Атлантическом океане в качестве станций слежения за полетом снарядов во время испытаний.

При создании стратегических снарядов возникла большая трудность в обеспечении точности попадания в цель. Идут работы по созданию специальных приборов управления. В частности, снаряды «Снарк» и «Навахо» предполагается снабдить астронавигационной (звездной) и инерционной системами управления.

Считается, однако, что вопрос об управлении межконтинентальными снарядами будет решен окончательно лишь после усовершенствования электронных приборов управления и составления более точных карт, по которым будет рассчитываться траектория полета снаряда от стартовых площадок до объектов удара.

Другой проблемой, связанной с управлением УРС (особенно имеющими приборы самонаведения), является обеспечение быстрого изменения направления полета снаряда,

<sup>1</sup> „U. S. Naval Institute Proceedings“ № 9, сентябрь 1954 г.

что особенно необходимо при стрельбе по уклоняющимся целям. Малая дистанция воздействия физического поля цели на воспринимающие элементы системы управления снарядом, большие скорости полета снаряда и цели, большие инерционные перегрузки, возникающие при резких изменениях снарядом направления своего полета, предъявляют жесткие требования к приборам управления, радиолампам, инерционным механизмам, исполнительным устройствам. В этой области в США ведутся большие исследовательские и экспериментальные работы.

Не менее важная, но трудно разрешимая проблема — осуществление своевременного взрыва заряда снаряда — составляет другое направление работ в области реактивного оружия. Для вызова взрыва заряда на определенном расстоянии от цели существуют различные неконтактные взрыватели. В частности, некоторые УРС сейчас имеют радио-взрыватели, проходят испытания магнитные, фото-электрические и другие взрыватели.

Повышение успешности применения реактивных снарядов, по мнению иностранных специалистов, может быть достигнуто за счет создания помехоустойчивых головок самонаведения. В частности, ведутся работы по усовершенствованию головок самонаведения, реагирующих на тепловое излучение цели, так как существующие системы самонаведения, основанные на использовании тепловых (инфракрасных) лучей, имеют ряд недостатков. Основным недостатком, по мнению специалистов, является небольшой радиус действия (ночью около 10 миль, а днем еще меньше). Кроме того, ложные цели, излучающие инфракрасные лучи, могут увести снаряд с курса, что снизит эффективность его применения.

Работы в области развития управляемых реактивных снарядов класса «воздух — воздух» связаны с необходимостью удовлетворить два основных требования: увеличение вероятности попадания в цель, с одной стороны, и уменьшение размеров снарядов, с другой. Увеличение точности наведения снаряда в цель ведет к усложнению аппаратуры, повышению ее веса, размеров и стоимости, из-за чего увеличиваются и размеры, и стоимость снаряда в целом.

Развитие ЗУРС сейчас идет по пути не только увеличения дальности их действия и вероятности попадания, но и повышения эффективности их воздействия на цель, в частности по пути создания ЗУРС с атомными зарядами. По мнению американских специалистов, атомные заряды целе-

сообразно применять в управляемых снарядах не только класса «земля — воздух», но и «воздух — воздух», используемых в системе ПВО. Так 6 апреля 1955 г. в штате Невада испытывался первый УРС класса «воздух — воздух» с атомным зарядом. Сообщалось, что снаряд, управляемый с помощью электронных приборов, во время испытаний был выпущен с самолета в цель. При прохождении снаряда вблизи цели произошел взрыв атомного заряда. Вспышка имела оранжево-белую окраску, причем вместо обычного грибовидного образовалось огромное кольцеобразное облако, державшееся в течение 12 минут.

Предполагается, проведение серии испытаний стрельбы УРС класса «воздух — воздух» небольшими атомными боевыми зарядами. Такой боевой заряд, обладающий тротильным эквивалентом 800—5000 т, по мнению американских специалистов, обеспечит поражение целого соединения бомбардировщиков, идущего даже в рассредоточенном строю, так как самолеты могут поражаться взрывной волной на значительном расстоянии от центра взрыва.

Помехи радиокомандным и радиолокационным системам управления (увод с курса, наведение на ложную цель и т. д.) могут значительно понизить эффективность применения управляемого реактивного оружия. Поэтому во всех странах разрабатываются мероприятия по созданию помех управлению снарядами и борьбе с ними.

Для проведения экспериментальных работ, связанных с разрешением указанных проблем и созданием современных образцов управляемых реактивных снарядов, в США, как и в других странах, применяются снаряды нескольких специальных конструкций.

Значительная часть авиационной промышленности США и родственных с ней отраслей производства сейчас занята созданием и выпуском различных классов и типов управляемых реактивных снарядов, на что ассигновано 3 млрд. долларов. В эту сумму включены расходы на проведение лабораторных исследований, постройку аэродинамических труб, конструирование и строительство установок для запуска снарядов, разработку электронной аппаратуры, прокладку дорог на базах и т. д. Над разрешением проблем, связанных с созданием реактивных снарядов, работает огромная армия специалистов.

16 января 1956 г. президент США Эйзенхауэр обратился к конгрессу с посланием, посвященным проекту бюджета на 1956/57 финансовый год. По этому проекту на реактивные

управляемые снаряды предполагается израсходовать 1276 млн. долларов.

Согласно бюджету, одобренному палатой представителей, кораблестроительной программой США на 1957/58 г. предусмотрено строительство ряда кораблей — носителей управляемого реактивного оружия, в том числе: один крейсер водоизмещением 11 тыс. т, оборудованный атомной силовой установкой и вооруженный управляемыми реактивными снарядами классов «земля — земля» и «земля — воздух»; четыре фрегата водоизмещением по 4000 т и восемь эскадренных миноносцев по 3000 т, вооруженные зенитными управляемыми реактивными снарядами; одна подводная лодка водоизмещением 1700 т. Кроме того, четыре крейсера намечается переоборудовать в носители управляемого реактивного оружия<sup>1</sup>.

Размах экспериментальных работ по созданию и использованию управляемых реактивных снарядов, темпы внедрения их в вооруженные силы и характер освещения данного вопроса в печати наглядно свидетельствуют о большом значении, придаваемом этим мероприятиям военным командованием ряда капиталистических стран и прежде всего США.

Известно, что безудержная гонка вооружений в капиталистических странах, в том числе и в области реактивного оружия, направлена, в первую очередь, против Советского Союза и стран народной демократии. Советское Правительство, верное ленинской политике мирного сосуществования различных экономических систем, неоднократно провозгласило свои принципы безусловного запрещения атомного оружия и сокращения других видов вооружения. Такая политика нашего Государства объясняется отнюдь не слабостью Советских Вооруженных Сил, а неуклонным беспокойством за судьбы нашего народа и всего человечества.

Советские воины, ученые и инженеры должны бдительно следить за развитием военной техники в капиталистических странах, чтобы быть готовым всегда к отражению любых происков тех, кто попытается нарушить мирный созидательный труд нашего народа.

---

<sup>1</sup> „Navy Times“, от 14 января, 28 января и 11 февраля 1956 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
Боевые качества реактивного оружия . . . . .	7
Универсальность . . . . .	10
Дальность действия . . . . .	15
Эффективность применения . . . . .	21
Влияние метеорологических условий . . . . .	30
Боевые возможности носителей . . . . .	—
Реактивное оружие США . . . . .	44
Реактивные снаряды класса „земля — земля“ . . . . .	46
Реактивные снаряды класса „воздух — земля“ . . . . .	59
Реактивные снаряды класса „земля — воздух“ . . . . .	70
Реактивные снаряды класса „воздух — воздух“ . . . . .	83
Реактивное оружие Англии, Канады и Австралии . . . . .	101
Реактивное оружие Франции . . . . .	109
Реактивное оружие других капиталистических стран . . . . .	117
Взгляды иностранных военных специалистов на оперативно- тактическое использование УРС . . . . .	121
Некоторые вопросы организации противовоздушной обороны . . . . .	127
Основные тенденции развития управляемого реактивного оружия . . . . .	154

**Реактивное оружие капиталистических стран**

(по материалам зарубежной печати)

Редактор *Кулинич Д. Д.*

Технический редактор *Межерницкая Н. П.*

Корректор *Сахацкая М. Д.*

Слано в набор 7.2.57 г.

Г-30336

Подписано в печать 17.7.57 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> — 5 п. л. = 8,2 усл. п. л. 8,053 уч.-изд. л.

Военное Издательство Министерства Обороны Союза ССР

Москва, Тверской бульвар, 18

Изд. № 9/9346

Зак. № 1136

Цена 2 р. 80 к.

2-я типография имени К. Е. Ворошилова

Управления Военного Издательства Министерства Обороны Союза ССР

Ленинград — Центр-1, Дворцовая пл., д. 10



Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9

**Цена 2 р. 80 к.**

Sanitized Copy Approved for Release 2010/03/03 : CIA-RDP80T00246A038700490001-9