

НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ



В. А. ЛЕШКОВЦЕВ

ФИЗИКА
КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА

16

1961

НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ

В. А. ЛЕШКОВЦЕВ

ФИЗИКА
КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЗНАНИЕ“
Всесоюзного общества по распространению
политических и научных знаний

Москва—1961

ЧЕЛОВЕК И КОСМОС

Земля огромна. Чтобы обойти ее пешком, нужны годы. Но космос, окружающий Землю, необъятен. Она как песчинка, затерянная в безбрежном пространстве Вселенной. Даже до Солнца, лучи которого породили и поддерживают жизнь на Земле, 150 млн. км. Если бы можно было вылететь к нему на самолете, полет к Солнцу и возвращение на Землю заняли бы около четверти века — половину человеческой жизни! А от ближайшей к нам звезды Альфа Центавра — нашей космической соседки — свет, распространяющийся со скоростью 300 тыс. км в секунду, путешествует более четырех лет. Если бы эта звезда внезапно перестала светиться, мы бы узнали об этом только четыре года спустя.

Множество загадок скрыто в необозримых просторах Вселенной. Мириады различных звезд и громадные звездные скопления — галактики, вспышки «новых» и «сверхновых» звезд и образование гигантских туманностей, радиоизлучение из космоса и космические лучи, кометы и метеоры таят в себе массу неизведанного, увлекательного, непознанного.

Человек — житель Земли, маленького космического тела в одном из уголков необъятной Вселенной. Но мысль его давно уже устремляется к дальним космическим мирам в поисках ответов на волнующие вопросы. По собственному опыту он знает, что каждая новая тайна, вырванная у природы, делает его более могущественным властелином ее чудесных сил, обогащает его возможности, помогает улучшать условия жизни на Земле.

Еще в древности человек пытался найти разгадки многим небесным явлениям. Несмотря на запрет религии, подвергаясь жестоким преследованиям, ученые стремились познать строение солнечной системы, природу небесных тел.

Что такое звезды? Яркие фонарики, в беспорядке разбросанные богом по небесным сферам, как учит церковь, или огромные раскаленные космические тела, как свидетельствует наука? Вечны они или, как и люди, рождаются и умирают, быть может, даже и теперь? Как возникла солнечная система и наша Земля? Как появилась и развивалась на Земле жизнь? Есть ли другие космические тела, населенные мыслящими существами?

Прошло время, и мы многое узнали о Солнце и звездах, о строении нашей Галактики и солнечной системы, раскрыли природу комет и тайны «падающих звезд» — метеоров.

Но перед учеными встали новые проблемы. Каковы источники неиссякаемой энергии Солнца и звезд? Где рождаются таинственные космические лучи, непрерывным потоком бомбардирующие нашу Землю? Как возникают радиоволны, приходящие к нам из космоса? Каково происхождение метеорных потоков? Чем заполнено межпланетное пространство? Что представляют собой различные оболочки Солнца — фотосфера, хромосфера, корона?

Много нерешенных проблем, связанных с космосом, стоит перед нашей наукой. Почему же нас так увлекают эти проблемы? Разве у себя дома, на Земле, мы уже исчерпали возможности развития науки, poznали все сколько-нибудь актуальное и претворили эти знания в практику? Нет, мы еще очень плохо знаем нашу Землю, ее твердую оболочку, водный и воздушный океан. Лишь на несколько километров углубились в недра Земли буровые скважины. Несколько лет назад океанографы впервые исследовали в мировом океане впадины глубиной более 7 км. Да и в воздушном океане «потолок» для наших приборов еще недавно не превышал 40 км. Казалось бы, у нашей науки столько «земных» забот, что нет ей никакого дела до романтических полетов в космос. Но это далеко не так.

Существует много научных проблем, важных для на-

шей земной жизни, науки и техники, решение которых можно найти только «на небе». Сколько бы ни трудились над этими проблемами ученые здесь, на Земле, им, пожалуй, так и не добраться до решения.

Тысячи лет люди знают, что Земля — это огромный магнит, и умеют пользоваться этим в своих практических целях. Давным-давно был изобретен компас — надежный помощник моряков и путешественников. Столетия ученые внимательно изучают земной магнетизм, составляют карты магнитных склонений и регистрируют изменения магнитных сил в разных точках земного шара. Но спросите любого из них, откуда у Земли магнитные силы, как они возникли и чем они поддерживаются, и вы не получите ясного ответа. Оказывается, это нерешенная проблема науки, и для ее успешного решения надо знать, есть ли магнитные силы у Луны, Венеры, Марса и других планет и их спутников в солнечной системе. А для этого надо исследовать космическое пространство, посылать туда ракеты с научной аппаратурой.

Или другая проблема. Человек давно мечтает о том, чтобы овладеть погодой и научиться управлять климатом. Схватить за глотку опустошительные ураганы, вызывать дожди там и тогда, где и когда они нужны земледельцу, победить засуху и наводнения, — разве это не заманчиво! Но ведь подлинным «хозяином» климата является Солнце. Его энергия в виде разнообразных излучений приходит в атмосферу Земли и, нагревая ее, «делает» погоду. Значит, для овладения климатом надо хорошо изучить энергетику Солнца. Надо знать, сколько лучей разного вида приходит в атмосферу, как эти лучи поглощаются различными слоями воздуха и отдают свою энергию. Выяснить же все это, находясь на Земле, трудно.

«Проблемой номер один» для всей современной науки является осуществление управляемых термоядерных реакций, создание термоядерных реакторов и превращение воды в топливо для электростанций. Решив эту проблему, мы сможем получить из стакана обыкновенной воды столько же энергии, сколько сегодня дают нам 100 л нефти. Эта энергия поможет людям осуществить самые дерзкие планы преобразования природы, создать изобилие всевозможных продуктов; человечество навсегда бу-

дет избавлено от забот по добыче и транспортировке топлива. Но ведь и эта важнейшая земная научная проблема имеет явно «небесное» происхождение. Ее основы заложены в результате изучения источников энергии Солнца и других звезд. Будущий термоядерный реактор — это по существу маленький кусочек Солнца, искусственно созданный учеными. Он должен спокойно гореть на Земле, понемногу отдавая людям свою энергию. Поэтому каждый новый шаг в познании звездной энергетики, чему, бесспорно, способствуют научные исследования в космосе, будет помогать нам в решении столь грандиозной и чрезвычайно трудной задачи.

Для того чтобы лучше познать все стороны деятельности Солнца, «жизнь» звезд, состав и свойства космического излучения, природу Луны и планет, радиоголос Вселенной, получить ответы на многие нерешенные проблемы, важные для нашей науки, надо производить многочисленные, длительные и сложные исследования в верхних слоях атмосферы и межпланетном пространстве. Не только романтика первооткрывателей влечет человека в неизведанные глубины космоса. Он отправляется туда в поисках новых ценнейших научных данных, которые помогут разрешать актуальные земные проблемы.

Исследование космоса имеет также большое самостоятельное значение. Подготовка грядущих межпланетных полетов требует тщательного изучения не только Луны и планет, но и окружающего их межпланетного пространства. Для того чтобы первый полет космического корабля не походил на путешествие Колумба в неведомый океан, надо проделать огромную подготовительную работу: узнать физические свойства Луны и ближних планет, получить характеристики их поверхности, выяснить состав атмосферы Марса и Венеры и многое другое. Необходимо также заранее предусмотреть все опасности, поджидающие космонавтов в межпланетном пространстве, — метеорные частицы, летящие с большими скоростями, воздействие первичных космических лучей, рентгеновского излучения Солнца, потоков быстрых заряженных частиц. Сейчас даже трудно представить, какие многочисленные, разнообразные и ответственные запросы предъявит к нам практика с того момента, когда первый ракетный корабль с космонавтами отправится в межпланетный рейс.

ТРИУМФ СОВЕТСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Советский Союз первым проложил человечеству дорогу в космос, запустив 4 октября 1957 года искусственный спутник Земли. Он первым отправил космические ракеты к Луне и получил фотографии ее обратной стороны, невидимой с Земли. Первая межпланетная автоматическая станция, направленная рукой человека к планете Венера, была сделана в СССР. Советский Союз первым осуществил успешное возвращение тяжелого космического корабля на Землю с орбиты искусственного спутника. Наконец, 12 апреля 1961 года, после тщательной подготовки и серии успешных испытаний космических кораблей с животными и растениями на борту, советские ученые осуществили древнюю мечту человечества о полете в космос. Первым в истории космонавтом стал советский гражданин майор Юрий Алексеевич Гагарин. Успешный полет первого космонавта на корабле-спутнике «Восток» вокруг земного шара, продолжавшийся 108 минут, явился величайшим мировым триумфом советской науки и техники. 6—7 августа 1961 года второй советский космонавт майор Герман Степанович Титов на корабле-спутнике «Восток-2» совершил более семнадцати оборотов вокруг Земли, пролетев за 25 часов и 18 минут более 700 тыс. км. Этот полет — новый огромный шаг на пути освоения космического пространства.

Вот краткая хронология этих замечательных событий:

- 4 октября 1957 года — запуск первого искусственного спутника Земли весом 83,6 кг;
- 3, ноября 1957 года — запуск второго искусственного спутника Земли весом 508,3 кг;
- 15 мая 1958 года — запуск третьего искусственного спутника Земли весом 1327 кг;
- 2 января 1959 года — старт первой космической ракеты к Луне превратившейся в первую искусственную планету солнечной системы. Вес последней ступени ракеты 1472 кг;
- 12 сентября 1959 года — старт второй космической ракеты, достигшей поверхности Луны. Вес последней ступени этой ракеты составил 1511 кг;
- 4 октября 1959 года (во вторую годовщину запуска первого искусственного спутника Земли) — старт третьей космической ракеты с межпланетной автоматической станцией облетевшей Луну и сфотографировавшей ее обратную, невидимую с Земли сторону. Вес последней ступени ракеты 1553 кг.

- 15 мая 1960 года — запуск первого космического корабля-спутника весом 4540 кг;
- 19 августа 1960 года — запуск второго космического корабля-спутника весом 4600 кг;
- 1 декабря 1960 года — запуск третьего космического корабля-спутника весом 4563 кг;
- 4 февраля 1961 года — запуск тяжелого искусственного спутника Земли весом 6483 кг;
- 12 февраля 1961 года — старт автоматической межпланетной станции весом 643,5 кг к планете Венера;
- 9 марта 1961 года — запуск и приземление в заданном районе четвертого космического корабля-спутника весом 4700 кг;
- 25 марта 1961 года — запуск и приземление в заданном районе пятого космического корабля-спутника весом 4695 кг;
- 12 апреля 1961 года — полет и возвращение на Землю первого в мире космонавта Ю. А. Гагарина в космическом корабле-спутнике «Восток» весом 4725 кг;
- 6—7 августа 1961 года — полет и возвращение на Землю второго космонавта Г. С. Титова в космическом корабле-спутнике «Восток-2» весом 4731 кг.

Как видно из приведенных данных, советские ученые и конструкторы с самого начала работ по изучению космического пространства и подготовке полета человека в космос направили свои усилия на создание искусственных спутников Земли и космических кораблей больших размеров и веса¹.

Первые космические полеты советского человека открывают эру непосредственного проникновения человека в космическое пространство, являются одним из крупнейших событий в истории цивилизации. Сбывается великая мечта основоположника космических полетов советского ученого Константина Эдуардовича Циолковского, который уверенно писал в одной из своих работ: «Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Советские искусственные спутники Земли, космические ракеты и корабли богато оснащены различной научной аппаратурой. По существу это летающие научные

¹ Значительно позднее запуски искусственных спутников Земли и космических ракет были произведены также в США. Однако по грузоподъемности и оснащенности научной аппаратурой американские спутники и космические ракеты существенно отстают от советских.

лаборатории. Они позволили выполнить обширную программу научных наблюдений там, где никогда еще ни один человек не размещал своих приборов и не производил прямых научных исследований. Полученные данные, о которых мы рассказываем в этой книжке, необычайно интересны и важны для науки.

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

Мы живем на дне громадного водоздушного океана. Наша Земля окружена толстым слоем воздуха — атмосферой, отделяющей нас от безграничного космического пространства. Толщина атмосферы составляет 2—3 тыс. км; при этом основная масса воздуха (более 90%) сосредоточена вблизи земной поверхности — в слое высотой 10—15 км, называемом тропосферой (рис. 1). Здесь разыгрываются привычные для нас метеорологические явления — то, что мы называем погодой: ветры, дожди, грозы, на возникновение которых сильно влияет наша Земля, ее океаны и пустыни, горы и леса.

Чем выше слой воздуха, тем меньше его плотность¹ и слабее его «связь» с Землей, то есть зависимость от происходящих на ней явлений. На высоте около 100 км плотность воздуха в миллион раз меньше, чем у поверхности Земли; на высоте в 500 км она вновь уменьшается еще в миллион раз. Казалось бы, там уже совсем нет воздуха. Но это не так! Даже на таких высотах в каждом кубическом сантиметре находятся десятки миллионов частиц воздуха. Поэтому и там происходят различные явления, свойственные газовой среде. Например, лучи полярных сияний — свечения разреженных газов атмосферы, создаваемого заряженными частицами, приходящими от Солнца, простираются до высот порядка 1000 км. Только поднявшись значительно выше, мы окажемся в безвоздушном космическом пространстве.

Исследования атмосферы ведутся уже давно. Наряду с прямыми методами изучения (запуск шаров-зондов, радиолокационное «прощупывание» атмосферы) широко используются также и косвенные методы — исследова-

¹ Плотность вещества характеризуется числом частиц этого вещества, заключенных в одном кубическом сантиметре его объема.

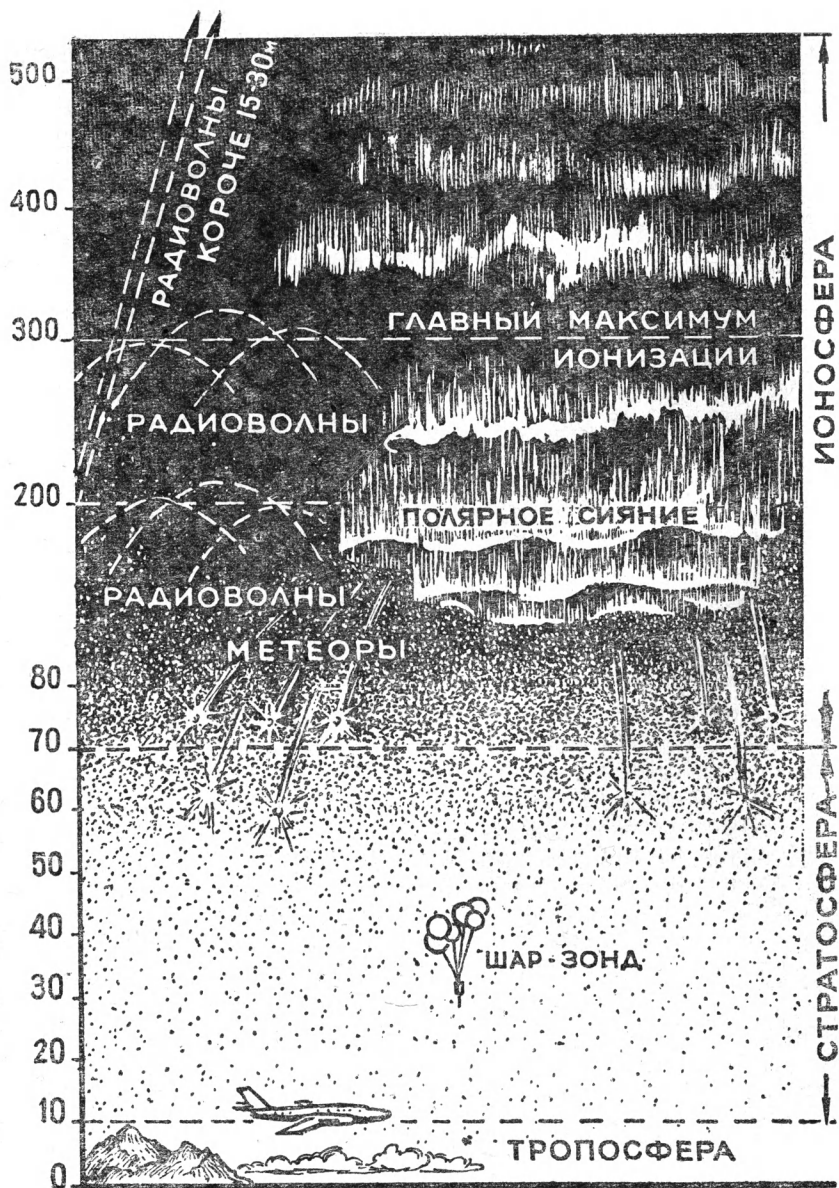


Рис. 1. Стрoение земной атмосферы. Слева указаны высоты в километрах.

ние следов метеорных частиц, полярных сияний, серебристых облаков, свечения ночного неба и т. д. Однако все эти методы не позволили ученым решить ни одной фундаментальной проблемы, относящейся ко всей атмосфере. Не было, например, даже известно, как далеко простирается в космос верхняя граница атмосферы, какова температура и давление воздуха на разных высотах. Не знали ученые химического состава атмосферы на больших высотах, распределения заряженных частиц и множества других важных вопросов. Для решения их обычные «земные» методы исследования оказались явно недостаточными.

Наиболее важный для нас приземный слой атмосферы изучен сравнительно хорошо. Метеорологи всех стран, вооруженные целым арсеналом различных приборов, непрерывно следят за его состоянием. Поднимая свои приборы на самолетах и шарах-зондах, пользуясь радиолокаторами, они исследуют температуру и давление на разных высотах, определяют строение облаков и скорость ветров. Но чем выше слой воздуха, тем труднее его изучать. Самые лучшие шары-зонды, способные передавать по радио полученные их приборами сведения, не поднимаются выше 40 км. Для прямых исследований атмосферы на больших высотах нужны специальные исследовательские геофизические ракеты, снаряженные научной аппаратурой и радиосредствами для передачи полученных данных на Землю. Однако каждый запуск исследовательской ракеты приносит лишь кратковременные сведения о состоянии высоких слоев атмосферы в одной точке земного шара: ведь продолжительность таких ракетных измерений обычно составляет несколько минут.

Правда, и эти измерения имеют большую ценность, ибо они позволяют получить картину состояния атмосферы на разных высотах в нужном месте в любой момент времени.

Иное дело искусственный спутник Земли. Длительное время обращаясь вокруг Земли, он является своеобразной летающей лабораторией, которая исследует верхние слои атмосферы и ближайшие к Земле области межпланетного пространства. Время работы такой лаборатории исчисляется неделями, месяцами и годами. Во время полета спутник проходит над различными районами

земного шара. Таким образом, создание искусственных спутников Земли позволяет раздвинуть границы исследований атмосферы «вширь» по территории Земли и «вглубь» на большие высоты и сделать их необычайно продолжительными.

Что же может быть интересного на таких больших высотах, где практически нет воздуха? Есть ли смысл изучать это почти пустое пространство?

Чрезвычайно разреженный, ничтожный по своей массе слой воздуха, расположенный на высоте от 15 км и выше, играет весьма существенную роль в нашей жизни. Не будь его, сама возможность жизни на Земле оказалась бы под сомнением. Именно в этом слое гасятся губительное ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца, теряют свою энергию космические лучи и метеорные частицы, непрерывным потоком вторгающиеся в атмосферу. Атмосфера Земли — это надежный щит, предохраняющий жизнь от неминуемой гибели.

На высоте от 70 км и выше располагается очень важный слой атмосферы — ионосфера. Ионосфера — это «наэлектризованная» область земной атмосферы. В ней содержится множество электрически заряженных частиц. Ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца, космические лучи и метеоры разрушают мельчайшие частицы (молекулы и атомы) образующих ионосферу газов. При этом вместо нейтральных частиц возникают электрически заряженные ионы и свободные быстро движущиеся электроны. Такой процесс называют ионизацией газа. Если бы плотность такого газа была близка к нормальной, частицы, несущие положительные и отрицательные заряды, быстро встречались друг с другом и воссоединялись обратно в нейтральные молекулы и атомы. Именно так и происходит в нижних слоях атмосферы, где содержится очень большое количество частиц. Но на высотах порядка 100 км и более плотность воздуха в миллионы раз меньше нормальной. Поэтому столкновения частиц в таком разреженном газе происходят значительно реже, и заряженные частицы долго «выживают», делая весь газ «наэлектризованным».

Наличие ионосферы оказывает громадное влияние на радиосвязь. В обычных условиях ионосфера отражает и преломляет радиоволны, позволяя осуществлять радиопередачи на большие расстояния. Чем короче радиовол-

ны, тем глубже они проникают в ионосферу. Радиоволны короче 15—30 м пронизывают ионосферу и уходят в космическое пространство. По этой же причине из космического радиоизлучения, недавно открытого учеными, до Земли доходят лишь короткие радиоволны.

Ионосфера является проводником радиосигналов, посылаемых для управления и связи с космическими ракетами, а также отправляемой ракетами на Землю радиоинформации. В ионосфере же разыгрываются мощные «магнитные бури», сопровождающиеся нарушением радиосвязи, и происходят полярные сияния. В это время стрелки обычных магнитных компасов судорожно мечутся, не показывая правильного направления.

Через все слои земной атмосферы «профильтрывается» излучение Солнца и звезд, космические лучи и радиоволны, идущие в направлении Земли. Поэтому то, что ученые наблюдают на Земле, сильно отличается от истинной картины этих излучений на границе атмосферы и космического пространства. Многие виды лучей просто не доходят до поверхности Земли, поглощаясь в атмосфере; иные же хотя и достигают Земли, но при этом изменяются до неузнаваемости. Например, первичное космическое излучение, падающее на границу атмосферы из межпланетного пространства, совершенно не похоже на те космические лучи, которые мы регистрируем вблизи земной поверхности: взаимодействие с атмосферой полностью изменяет их облик.

Чтобы представить себе с Земли истинное лицо космических процессов, необходимо исключить искажающее влияние атмосферы. Эта работа не менее сложна, чем труд палеонтолога, восстанавливающего по отдельным случайно найденным костям полный облик какого-нибудь давным-давно вымершего животного. Она будет тем успешнее, чем лучше мы изучим свойства всей нашей атмосферы.

Конечно, наилучший способ исключить влияние атмосферы — это поднять приборы прямо в межпланетное космическое пространство. Тогда-то они покажут истинную картину происходящих на Солнце явлений, зарегистрируют первичное космическое излучение в его «натуральном виде» и услышат неискаженный радиоголос Вселенной.

О ЧЕМ РАССКАЗАЛИ ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Немало ценнейших сведений о строении и свойствах атмосферы принесли нам искусственные спутники Земли. Некоторые из них по богатству научно-го оборудования могли бы успешно конкурировать с земными научными лабораториями. Так, например, на третьем советском искусственном спутнике Земли находились приборы для измерения давления и химического состава атмосферы, изучения электрических и магнитных сил вблизи Земли, определения числа заряженных частиц, встречающихся на пути спутника. Были там разнообразные приборы для исследования излучения Солнца, метеорных частиц и космических лучей. Если бы на этом спутнике находился человек, которому поручили провести все необходимые измерения и передать полученные сведения на Землю, он наверняка бы не справился с таким заданием.

Чтобы оценить характер и значение приобретаемых таким путем сведений, познакомимся более подробно с некоторыми из научных результатов, полученных при помощи искусственных спутников Земли.

Основными физическими характеристиками атмосферы являются ее температура, давление и плотность. Эти величины наиболее важны для работы нашей земной «кухни погоды». Они неодинаковы в разных участках атмосферы и непрерывно изменяются со временем.

До запуска геофизических ракет и искусственных спутников достоверные данные об основных характеристиках атмосферы были получены лишь до высот, не превосходящих 100 км. Полеты геофизических ракет приподняли «потолок» достоверных сведений до 150—180 км, а запуски искусственных спутников Земли — до 600—800 км.

Полученные со спутников данные заставляют ученых пересматривать существующие взгляды на строение верхней атмосферы. Например, оказалось, что граница атмосферы проходит вовсе не на высоте около 1000 км, как предполагалось раньше, а расположена значительно выше, на расстоянии 2000—3000 км от поверхности Земли. Положение этой границы над одним и тем же районом земного шара заметно изменяется со време-

нем¹. Выяснилось также, что плотность верхней атмосферы изменяется в течение суток: она значительно больше на освещенной (дневной) стороне Земли, чем на затемненной (ночной). Земля как бы «дышит», периодически увеличивая и уменьшая объем своей воздушной оболочки. Кроме того, в полярных районах плотность верхней атмосферы больше, чем в экваториальных.

КАК ИЗМЕРИТЬ ТЕМПЕРАТУРУ АТМОСФЕРЫ

Крайне трудным делом оказалось определение температуры верхних слоев атмосферы. На Земле мы пользуемся для измерения температуры различными термометрами. Достаточно погрузить термометр в горячую воду, и он тотчас же покажет нам температуру воды.

Но если бы мы попытались таким термометром измерить температуру атмосферы на высоте 2000 км, у нас ничего бы не вышло. Термометр на искусственном спутнике Земли показывал бы свою собственную температуру, до которой его нагрели лучи Солнца, а не температуру окружающей его атмосферы.

Чтобы понять причину такого удивительного результата, вспомним, что характеризует нас температура. Горячая вода отличается от холодной тем, что ее частицы движутся значительно быстрее. При температуре 0° средняя скорость частиц воды составляет около 60 м/сек (примерно в 3 раза больше скорости курьерского поезда). А у кипящей воды частицы движутся со скоростью около 600 м/сек (со скоростью реактивного истребителя). Температура есть мера скорости движения мельчайших частиц вещества. Чем быстрее движутся эти частицы, тем выше его температура.

Измеряя температуру воды, градусник нагревается до этой же температуры. При этом он отнимает у воды

¹ Понятие границы атмосферы, разумеется, несколько условно. Никакой резко очерченной границы, по одну сторону которой есть атмосфера, а по другую — ее нет, в действительности не существует. Как показали полеты советских космических ракет, «следы» атмосферы (так называемая геокорона) простираются почти на 25 тыс. км от Земли.

некоторое небольшое количество тепла. Плотность вещества в космическом пространстве очень мала. Ничтожное количество имеющихся там частиц, сталкиваясь с градусником, не может нагреть его до своей температуры. Поэтому обычные методы измерения температуры непригодны для космического пространства.

Температуру верхних слоев атмосферы определяют не путем непосредственных измерений, а при помощи специальных расчетов по данным о давлении или плотности атмосферы на разных высотах с учетом ее химического состава.

Спутники показали, что на высоте около 200 км температура атмосферы равна $800\text{--}1000^\circ$, а на высоте около 400 км она достигает 1500° и продолжает расти с высотой до $2000\text{--}3000^\circ$. Выяснилось также, что температура на одной и той же высоте над разными широтами различна и изменяется в зависимости от времени суток, причем над полюсами она выше, чем над экватором.

Это открытие поставило перед учеными новые проблемы. В чем причина столь высокой температуры верхних слоев атмосферы? Где находится источник энергии, обеспечивающий этот необычайный подогрев? Известное нам ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца для этого, по-видимому, недостаточно. Возможно, этот «подогрев» осуществляется направленными потоками заряженных частиц, возникающими в «наэлектризованном» воздухе ионосферы под влиянием магнитных сил Земли.

Узнав о том, что температура верхних слоев атмосферы так велика, читатель может спросить: как же держивают такую высокую температуру сами искусственные спутники Земли? Почему они не расплавляются еще задолго до того, как снизятся и войдут в плотные слои атмосферы?

Дело в том, что частицы вещества в верхних слоях атмосферы действительно очень «горячие», то есть движутся с большими скоростями. Но их так мало, что общая энергия частиц, встречающихся на пути спутника, ничтожна. Поэтому они и не могут нагреть спутник до своей температуры. Вот если бы этих частиц было так же много, как вблизи Земли, спутники погибали бы очень быстро.

ЗАГАДКИ ИОНОСФЕРЫ

Искусственные спутники Земли помогли ученым получить новые сведения о строении и свойствах ионосферы. Прежде всего надо отметить открытие необычного явления сверхдальнего распространения радиоволн. Оказалось, что радиосигналы спутников на волне длиной 15 м принимались на расстояниях 12—15 тыс. км, в то время как обычно они слышны лишь в пределах прямой видимости, то есть на значительно меньших расстояниях. По-видимому, в ионосфере возникают своеобразные «каналы», попав в которые радиоволна уже не может вырваться, а, многократно отражаясь от стенок «канала», уходит на огромные расстояния от своего источника.

Исследован новый, так называемый «антиподный» эффект. Он состоит в том, что радиоволны, попавшие в ионосферные «каналы», увеличивают мощность принимаемых сигналов в точке земного шара, диаметрально противоположной местонахождению спутника.

На третьем советском искусственном спутнике Земли был установлен прибор для непосредственного определения количества частиц с положительным электрическим зарядом в ионосфере. Он помог впервые измерить концентрацию заряженных частиц в разных местах ионосферы и удовлетворительно исследовать число их за пределами главного максимума ионизации (области наиболее богатой заряженными частицами, лежащей на высоте порядка 300 км). Эта область верхней ионосферы, примыкающая к межпланетному пространству, труднодоступна для наблюдений обычными земными средствами.

Исследования, произведенные разными методами, показали, что никаких ярко выраженных слоев заряженных частиц с резкими границами в ионосфере нет. На всем ее протяжении концентрация заряженных частиц непрерывно нарастает до главного максимума и плавно, но значительно медленнее спадает по мере увеличения высоты.

Удалось получить данные, которые убедительно доказывают, что ионосфера влияет на магнитные силы Земли. Быстрые потоки электрически заряженных частиц, воз-

никающие в ионосфере под влиянием солнечных излучений, вызывают заметное изменение величины магнитных сил в различных районах Земли. Спутники неоднократно встречали на своем пути так называемые токовые системы, о существовании которых ранее можно было лишь строить различные предположения.

Мы рассказали здесь лишь о некоторых открытиях и исследованиях атмосферы, сделанных учеными при помощи искусственных спутников Земли. Эти примеры отнюдь не охватывают всей картины полученных таким путем чрезвычайно важных и ценных научных результатов. Вместе с тем не следует забывать, что проделанная работа — только начало длинной цепи новых исследований, расширяющих наши представления о Земле и окружающей ее воздушной оболочке.

Как всегда бывает в науке, за каждой вырванной у природы тайной встают новые, еще более интересные и сложные проблемы. Немало таких проблем возникло и в результате запуска искусственных спутников Земли.

Для их выяснения понадобятся новые искусственные спутники, рассчитанные на разные сроки жизни и различные цели: метеорологические спутники, спутники с заданной ориентацией в пространстве, заатмосферные астрономические обсерватории и обитаемые спутники.

Все эти работы необозримо раздвинут горизонты наших знаний о Земле, ее происхождении и развитии.

ЧТО ИССЛЕДУЮТ КОСМИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ

Искусственные спутники изучают главным образом свойства атмосферы, различные проблемы, тесно связанные с Землей. Изучением свойств более далеких от Земли заатмосферных областей пространства, а также Солнца и планет занимаются космические ракеты. Уже на первой из них, отправленной советскими учеными в район Луны 2 января 1959 года, находилось немало приборов для исследования внеземных космических проблем. Эти приборы должны были ответить на ряд очень важных для науки вопросов. Обладает ли Луна магнитными свойствами или, в отличие от Земли, у нее нет никаких магнитных сил? Что представляет собой межпланетный газ, заполняющий пространство солнечной системы, и какова плотность этого газа? Как

выглядят первичные космические лучи, еще не побывавшие в атмосфере Земли и не изменившие своего первоначального облика? Много ли метеорных частиц встретит на своем пути космическая ракета далеко за пределами Земли?

Последующие космические ракеты имели еще более богатую и сложную научную аппаратуру.

Познакомимся теперь более подробно с некоторыми проблемами, исследуемыми при помощи космических ракет. Начнем это знакомство с космических лучей.

ИЗУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Более сорока лет назад было установлено, что наша Земля непрерывно бомбардируется космическими лучами, приходящими из мирового пространства с громадными скоростями, приближающимися к скорости света. Первичные космические лучи, падающие на верхнюю границу атмосферы, не являются лучами в строгом смысле этого слова. Они представляют собой поток частиц с положительными электрическими зарядами. Эти частицы оказались атомными ядрами легких элементов, главным образом водорода и гелия.

Атом любого элемента (например, водорода, железа, урана) состоит из положительно заряженного тяжелого ядра и оболочки, образованной легкими подвижными электронами — элементарными носителями отрицательного электричества. В обычных условиях положительный заряд ядра полностью компенсируется суммарным отрицательным зарядом электронов, и атом оказывается нейтральным. Если удалить из оболочки хотя бы один электрон, то оставшаяся часть атома будет заряжена положительно; мы получим положительный ион. Удалив все электроны атома, мы будем иметь дело с его ядром. Ядра атомов состоят из двух сортов простейших частиц — положительно заряженных протонов и не имеющих заряда нейтронов. Массы этих частиц примерно равны и приняты за единицу веса атомов.

Самое простое ядро у атома наиболее легкого газа водорода; оно состоит всего лишь из одного протона. В ядрах следующего по весу элемента — газа гелия, в небольшом количестве присутствующего в воздухе, заключено по четыре частицы: два протона и два ней-

трона. Помимо ядер водорода и гелия в состав первичных космических лучей входят в небольшой доле ядра лития, бора, углерода, азота, кислорода и других более тяжелых элементов.

Попав в земную атмосферу, эти быстрые частицы сталкиваются с атомами образующих ее газов и разрушают их ядра. Пример подобного столкновения показан на рис. 2. В результате таких столкновений возникают

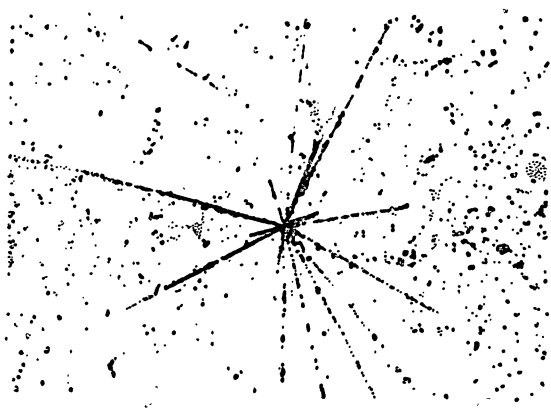


Рис. 2. Микроскопический взрыв, возникший в специальной толстослойной фотоэмульсии в результате столкновения быстрой космической частицы с атомным ядром. Лучи образованной взрывом «звезды» — следы осколков, на которые раскололось ядро.

новые частицы, имеющие большие скорости, — вторичные космические лучи, рожденные в атмосфере. При этом происходит не только освобождение протонов и нейтронов, ранее находившихся в атомных ядрах, но и рождение новых частиц с совершенно иными свойствами. К ним относятся, например, различные мезоны — целое семейство частиц как заряженных, так и нейтральных, с массой, большей, чем у электрона, и меньшей, чем у протона. Многие из этих частиц, порождаемых космическими лучами в глубине атмосферы, живут очень недолго — миллионные и миллиардные доли секунды — и быстро распадаются, превращаясь в новые частицы. Каждая такая частица — своеобразный «оборотень», способный многократно менять свое лицо. Большинство их

«рождается» и «умирает» в верхних слоях атмосферы, куда лишь сравнительно недавно стали вторгаться геофизические ракеты и искусственные спутники Земли.

Исследование космических лучей раскрыло перед изумленным взором ученых неведомый мир новых мельчайших частиц вещества и их взаимных превращений. На чем же заканчиваются эти удивительные превращения? Что в конце концов приходит к нам на поверхность Земли?

Конечными продуктами всех этих превращений являются электроны и так называемые мю-мезоны, в восемь с половиной раз более легкие, чем протоны. Мю-мезоны слабо поглощаются веществом. Поэтому они способны проникать на большие глубины под землю и воду. Следовательно, частицы, которые мы регистрируем в составе космических лучей на уровне моря и на небольших высотах, совершенно не похожи на частицы, падающие на верхнюю границу нашей атмосферы. Вот почему исследователи космических лучей стремятся поднять свои приборы как можно выше над поверхностью Земли.

Частицы, образующие космические лучи, так малы, что кажется совершенно невозможным их наблюдать. Однако ученые создали целый арсенал приборов, способных обнаруживать и подсчитывать отдельные космические частицы и даже фотографировать их следы¹.

Каковы же научные проблемы, связанные с космическими лучами?

Прежде всего нас интересует вопрос о том, где рождаются космические лучи и как они приобретают такую громадную энергию. Существует много различных теорий происхождения космических лучей, но ни одна из них не является вполне удовлетворительной. Возможно, что эти частицы миллионы лет блуждают в мировом пространстве, постепенно разгоняясь под влиянием космических магнитных полей, имеющих во Вселенной. Быть может, основным источником их являются так называемые вспышки сверхновых звезд — гигантские взрывы звездной материи. Космические частицы могли бы ускоряться и в электромагнитных полях двойных звезд.

¹ О том, как видят невидимое — о способах регистрации частиц космических лучей, рассказано в приложении, помещенном в конце книги.

Науке уже известно, что некоторая доля этих частиц рождается на Солнце.

Мы еще не умеем искусственно разгонять заряженные частицы до столь высоких энергий, которыми обладают многие частицы космических лучей. Самые мощные ускорители заряженных частиц сообщают протонам такую же энергию, как и у некоторой доли протонов космических лучей. Но в космических лучах встречаются частицы с энергиями, в десятки и сотни миллионов раз большими, об искусственном получении которых в лаборатории мы можем пока только мечтать. А чем больше энергия частиц, тем глубже они «прощупывают» встречающиеся на их пути ядра атомов и тем богаче приносимые ими сведения о природе атомных ядер и характере действующих в них особых ядерных сил. Космические лучи — незаменимое средство исследования атомных ядер и заключенной в них ядерной энергии. Поэтому нам очень хотелось бы отчетливо наблюдать картину взаимодействия первичных космических частиц с веществом верхних слоев атмосферы, а также и последующие вторичные процессы.

И еще об одной проблеме нельзя умолчать. Речь идет о влиянии космического излучения на больших высотах и в межпланетном пространстве на живые существа, на жизнь. Не будет ли губительной для организма интенсивная бомбардировка космическими частицами там, где уже нет спасительного щита атмосферы?

Попытки найти ответ на все эти вопросы на Земле оказались безуспешными. Решение их надо было искать «на небе». Первым исследователем, создавшим автоматические «летающие лаборатории» для изучения космических лучей на больших высотах, был советский ученый С. Н. Вернов. Еще в 1933—1934 годах он создал такие лаборатории для летающих шаров-зондов с передачей результатов измерений на Землю по радио.

Новый этап в изучении космических лучей открылся с запуском искусственных спутников Земли. На втором и третьем советских спутниках, а также на ряде американских спутников разместились аппаратура по определению интенсивности космических лучей и их состава. Она производила изучение космических лучей на таких высотах, где фактически уже почти нет атмосферы.

Для выявления истинной природы и происхождения

космических лучей необходимо поместить измерительную аппаратуру не только вне атмосферы Земли, но и за пределами влияния ее магнитных сил, оказывающих заметное воздействие на первичное космическое излучение. Впервые это было сделано на советской космической ракете, запущенной 2 января 1959 года.

Приборы, установленные на ракетах, позволяют всесторонне исследовать состав космического излучения в межпланетном пространстве.

При помощи счетчиков заряженных частиц измерялась интенсивность первичного космического излучения вне магнитного поля Земли и вариации (изменения) этой интенсивности.

Если раньше, до запуска спутников и космических ракет, величина полной интенсивности космических лучей (то есть полное число частиц всех сортов, приходящее на заданную высоту) была известна примерно лишь до 150 км, то теперь мы знаем ее до расстояния в 400 тыс. км от поверхности Земли.

Данные, полученные космическими ракетами, показали, что на расстоянии более 70 тыс. км от Земли интенсивность космических лучей практически неизменна и очень мала: на один квадратный сантиметр каждую секунду падает всего две космические частицы. Получены первые сведения об интенсивности космического излучения вблизи Луны.

По имеющимся данным, в первичном потоке космических лучей около 91% частиц составляют ядра водорода (протоны) и около 8% — ядра гелия. На долю более тяжелых ядер приходится примерно 1%. Хотя число тяжелых ядер невелико, им принадлежит около пятой части всей энергии первичных космических частиц. Однако вопрос о том, сколько тяжелых ядер различных элементов присутствует в составе первичного космического излучения, не был решен учеными. В частности, оставалось совершенно не ясным, есть ли в космических лучах заметное число ядер более тяжелых элементов, чем железо.

Так как этот факт имеет большое значение не только для теории происхождения космических лучей, но и для вопроса о происхождении элементов во Вселенной, его надо было тщательно проверить путем прямых измерений в космическом пространстве. Кроме того, желатель-

но было также установить количество атомных ядер различных тяжелых элементов в составе первичных космических лучей.

Для изучения этих вопросов на космических ракетах помещали приборы, отдельно регистрирующие частицы с положительным электрическим зарядом больше 15 единиц (заряд ядра фосфора) и больше 30 единиц (заряд ядра цинка)¹.

Произведенные измерения показали, что если в составе первичных космических лучей и есть атомные ядра с зарядом больше 30 единиц, то количество их совершенно ничтожно. Так, например, приборы, установленные на третьем советском искусственном спутнике, за все время работы зарегистрировали лишь одну такую частицу.

Поиски мест во Вселенной, где возникают космические лучи, крайне затруднены влиянием межзвездных магнитных силовых полей. Эти магнитные поля отклоняют заряженные частицы от их первоначального направления, «перемешивают» частицы, порожденные разными источниками. Даже частицы с гигантской энергией «запутываются» в этих магнитных полях и могут прийти к наблюдателю с направления, прямо противоположного первоначальному. Поэтому особое значение приобретают попытки обнаружить в составе космических лучей «частицы» электромагнитного излучения — фотоны. Фотоны большой энергии (их называют гамма-лучами) не имеют электрического заряда и не подвержены влиянию магнитных сил. Они распространяются в разреженном межзвездном пространстве практически прямолинейно. Проследив за направлением их движения, можно узнать, где расположен источник, испустивший фотоны.

Обнаружение гамма-лучей в составе первичного космического излучения сопряжено с очень большими трудностями. Если предпринятые поиски окажутся успешными, они помогут заложить основы новой области астрономии — «гамма-астрономии».

Новые данные о природе космических лучей, полученные во время полета искусственных спутников Земли и космических ракет, намного перекрывают скудный запас разрозненных сведений о космическом излучении

¹ Ядра железа имеют заряд, равный 26 единицам.

за пределами атмосферы, который с таким трудом был добыт до недавних пор. Дальнейшие исследования в этой области помогут решить фундаментальные проблемы физики атомного ядра и космических лучей, астрономии, физики Земли, а также вопрос о происхождении нашей Галактики и солнечной системы.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМНОГО ШАРА

В августе 1958 года на заседаниях Пятой ассамблеи Специального комитета Международного геофизического года, происходившей в Москве, были доложены результаты исследования космических лучей при помощи искусственных спутников Земли, полученные советскими и американскими учеными. Эти исследования привели к открытию, представляющему большой интерес для науки.

Находящиеся на спутниках счетчики заряженных частиц неожиданно для ученых показали, что, начиная с высоты 500—1500 км, число зарегистрированных частиц резко возрастает. Данные со второго и третьего советских искусственных спутников, полученные С. Н. Верновым и А. Е. Чудаковым, и данные с первого и третьего американских искусственных спутников, полученные Ван-Алленом, убедительно свидетельствовали об увеличении числа заряженных частиц в 1000 и более раз на высоте более 1000 км по сравнению с обычным уровнем их интенсивности в верхних слоях земной атмосферы. Оказалось, что Земля окружена облаком заряженных частиц, своеобразным ореолом, который был назван радиационным поясом Земли. Данные, полученные на третьем советском искусственном спутнике, обнаружили отчетливую зависимость границ расположения этого облака от широты места наблюдения. Выяснилось, что количество заряженных частиц оказывается наибольшим вблизи земного магнитного экватора (который, кстати сказать, несколько не совпадает с географическим экватором Земли).

Результаты измерений, произведенных аппаратурой трех советских космических ракет и американских космических ракет «Пионер-III» и «Пионер-IV», существенно дополнили эти сведения и позволили получить общую

картину распределения заряженных частиц как вблизи Земли, так и далеко за пределами земной атмосферы.

Оказалось, что зона увеличенной концентрации заряженных частиц простирается на огромное расстояние от поверхности Земли — на 7—8 земных радиусов (до 50 тыс. км). За пределами этого расстояния концентрация заряженных частиц остается на неизменном уровне, значительно более низком, чем в области радиационных поясов Земли.

Сопоставляя данные, полученные на искусственных спутниках и космических ракетах, ученые пришли к вы-

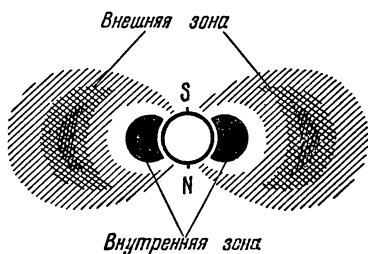


Рис. 3 Схематический разрез радиационных поясов земного шара. Сверху расположен южный магнитный полюс Земли, снизу — северный.

стянута к тропическому поясу Земли. Внутренний пояс радиации отстоит от Земли в районе экватора примерно на 1000 км. Интересно отметить, что его нижняя граница оказалась несимметричной: в восточном полушарии она расположена на высоте около 1500 км, в западном — на высоте около 500 км. В районах крупных магнитных аномалий граница этого пояса проходит еще ниже, на высоте около 300 км. Интенсивность излучения во внутреннем поясе примерно в 1000 раз выше, чем в потоке первичных космических лучей.

В состав внутреннего пояса радиации входят электроны и протоны довольно больших энергий. Такие протоны могут проникать сквозь слой стали с палец толщиной. Эту радиацию уже нельзя считать безопасной для будущих космонавтов.

Внешний радиационный пояс заряженных частиц имеет значительно большее протяжение. Границы его достигают 40—50 тыс. км и охватывают почти весь зем-

воду, что Земля окружена двумя областями с высокой концентрацией заряженных частиц (двумя так называемыми поясами радиации). Структура этих областей показана на рис. 3.

Одна из областей (внутренняя) расположена значительно ближе к Земле и охватывает сравнительно малые широты земного шара; она как бы

ной шар. Только вблизи полюсов этот пояс как бы отступает. Концентрация заряженных частиц во внешнем поясе радиации значительно выше, чем во внутреннем. При прохождении первой советской космической ракеты через область наибольшей концентрации заряженных частиц во внешнем поясе интенсивность регистрируемого излучения была в тысячи раз выше, чем во внутреннем поясе. Приборы, установленные на космических ракетах, показали, что внешний радиационный пояс Земли содержит сравнительно медленные электроны. Их без труда задерживает даже тонкая металлическая фольга.

Картина поясов радиации, показанная на рис. 3, является, конечно, весьма схематической. Глядя на нее, можно подумать, что между внутренним и внешним поясами никаких заряженных частиц нет. В действительности это не так. Заряженные частицы имеются и в области пространства, заключенной между этими поясами, но число их значительно меньше, чем внутри указанных областей. Рис. 3 представляет разрез радиационных поясов Земли; для того чтобы получить полную картину этих поясов, надо вращать его вокруг оси, соединяющей магнитные полюсы Земли. Внутренний и внешний пояса, как две гигантские баранки, вложенные одна в другую, охватывают земной шар. Одна из них поменьше и поближе к Земле, вторая — значительно больше по размерам и дальше от Земли.

Какова же причина возникновения радиационных поясов? Основным «виновником» их существования являются магнитные силы Земли.

Попадая в сферу действия магнитных сил, заряженные частицы не могут двигаться прямолинейно. Они вынуждены скользить вдоль магнитных силовых линий, навиваясь на них по спиральным траекториям. Если силовые линии магнитного поля являются замкнутыми, то в таком поле заряженные частицы оказываются как бы в плену: двигаясь вдоль силовых линий, частицы не могут покинуть область, занятую магнитным полем. Магнитное поле образует своеобразную ловушку для заряженных частиц, способную длительное время удерживать и накапливать эти частицы.

Аналогичный результат получится и в том случае, если магнитные силовые линии незамкнуты, но сгущаются на концах определенной области, все ближе и бли-

же подходя друг к другу. При этом возникают своеобразные магнитные пробки, весьма затрудняющие уход заряженных частиц из области, где действуют магнитные силы.

Нечто подобное происходит с заряженными частицами и в магнитном поле Земли. Силовые линии этого поля показаны на рис. 4. Их очертания весьма напоминают контуры внутреннего и внешнего поясов радиации зем-

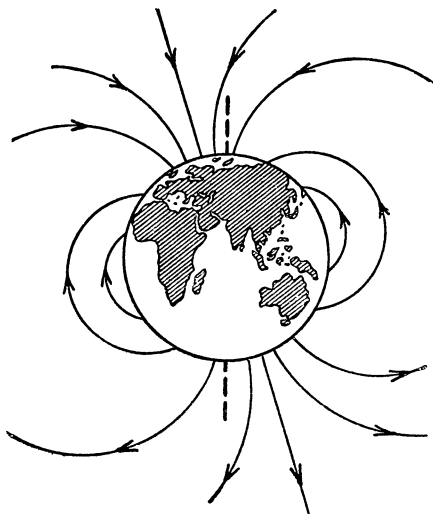


Рис. 4. Силовые линии магнитного поля Земли. Ось вращения Земли показана на рисунке пунктиром.

ного шара. Вблизи полюсов Земли магнитные силовые линии как бы сжимаются. Поэтому там возникают своеобразные магнитные пробки, возле которых заряженные частицы поворачивают обратно и возвращаются в другое полушарие Земли. Попав в такую магнитную ловушку, частицы колеблются в ней, переходя из одного полушария в другое. При этом частицы так долго «живут» (задерживаются) внутри ловушки, что даже слабые источники этих частиц могут путем постепенного накопления создать высокую концентрацию заряженных частиц внутри каждой области.

Откуда же берутся эти заряженные частицы? Где находится и что представляет собой их источник?

Частицы внутреннего радиационного пояса возникают в результате распада нейтронов, выбитых космическими лучами из атомных ядер вещества атмосферы. Внутри ядер нейтроны могут жить сколь угодно долго. Но выбитый из ядра нейтрон быстро распадается на протон и электрон, то есть как раз на те частицы, которые входят в состав внутреннего пояса радиации.

В настоящее время установлено, что размеры внешнего пояса, интенсивность его радиации и расстояние до участка с наиболее высоким количеством заряженных частиц изменяются со временем. Эти изменения совпадают с моментами возникновения магнитных бурь и полярных сияний, когда Солнце посылает к нам мощные потоки частиц. Первая советская космическая ракета обнаружила область наибольшей концентрации заряженных частиц внешнего пояса на расстоянии 27 тыс. км от Земли. Американская ракета «Пионер-III» нашла ее на высоте около 22 тыс. км. А вторая советская космическая ракета, путь которой в этом районе был очень близок к пути первой ракеты, зарегистрировала эту область на высоте 17 тыс. км. Оказалось, что область наивысшей концентрации заряженных частиц внешнего пояса располагается тем ближе к Земле, чем сильнее была прошедшая магнитная буря. Эти данные позволяют считать, что частицы, скапливающиеся во внешнем поясе радиации Земли, посылаются к нам Солнцем.

Анализируя сведения, полученные в трех полетах космических ракет, запущенных в Советском Союзе в 1959 году к Луне, И. С. Шкловский и К. И. Грингауз пришли к выводу о существовании еще одного (третьего) пояса радиации, наиболее удаленного от поверхности Земли. Этот пояс расположен на высоте от 50 до 70 тыс. км и состоит из сравнительно медленных электронов, обладающих небольшой энергией. Концентрация частиц в этом поясе в несколько раз выше, чем во втором радиационном поясе Земли.

Открытие гигантских скоплений заряженных частиц вблизи Земли имеет исключительно большое значение не только для астрофизики и геофизики. Такие области с повышенной концентрацией заряженных частиц могут представлять известную опасность для будущих космонавтов, которым придется использовать дополнительные защитные оболочки, что, конечно, осложнит конструк-

цию космического корабля и затруднит его запуск. Вдалеке от Земли, на расстояниях более 70 тыс. км, интенсивность космического излучения крайне мала и нет никаких оснований опасаться возникновения лучевой болезни у космонавтов. Следует только помнить, что изредка на Солнце происходят вспышки — взрывные процессы, при которых в межпланетное пространство извергается громадное количество заряженных частиц. В такие моменты, которые, к сожалению, мы еще не умеем предвидеть, вся солнечная система заполняется смертоносным излучением, угрожающим гибелью космонавтам.

С иными условиями сталкиваемся мы вблизи от поверхности Земли, на расстояниях, меньших 70 тыс. км. Здесь степень опасности для космических путешественников во много раз больше, чем в остальном межпланетном пространстве. Анализ состава излучения в этом районе, по данным космических ракет, показал присутствие рентгеновских лучей, возникающих при бомбардировке электронами корпуса контейнера с научной аппаратурой. Аналогичная картина имеет место и в рентгеновских трубках, где под ударами быстрых электронов об антикатод возникает интенсивное рентгеновское излучение. К счастью, энергии электронов, особенно во внешнем, наиболее протяженном радиационном поясе, не так уж велики, а в связи с этим сравнительно невелики и энергии создаваемых ими рентгеновских лучей. Для защиты от такого излучения достаточно небольшого слоя защитного материала. Кроме того, как видно из рис. 3, степень «лучевой опасности» может быть существенно уменьшена, если запуск космических ракет производить из районов, близких к полюсу. Однако это приводит к менее выгодным траекториям космических полетов.

КОРПУСКУЛЯРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА И МЕЖПЛАНЕТНОЕ ГАЗОВОЕ ВЕЩЕСТВО

Томимо видимого света, Солнце испускает инфракрасные, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, а также радиоволны различной длины. Иногда Солнце выбрасывает в межпланетное пространство большие массы ионизованного газа, состоящего из нейтральных частиц и равного числа положительно и отри-

цательно заряженных частиц (протонов, положительных ионов и электронов). Извергаемые Солнцем частицы принято называть корпускулярным излучением Солнца¹.

Появление корпускулярных потоков вблизи Земли вызывает сильное возмущение земного магнитного поля — магнитную бурю и создает полярные сияния. Если корпускулярный поток вторгается в земную атмосферу, то во всех ее слоях возрастает концентрация заряженных частиц; при этом усиливается поглощение радиоволн в ионосфере и нарушается нормальная радиосвязь. До земной поверхности корпускулярные потоки обычно не доходят.

Проблема корпускулярного излучения Солнца возникла почти 100 лет назад, когда была замечена связь между увеличением активности Солнца и полярными сияниями. Однако еще несколько лет назад сведения о корпускулярном излучении Солнца были крайне бедны, а его природа и свойства оставались почти неизученными. Ведь для непосредственного исследования этого излучения необходимо поднять приборы на большую высоту в атмосферу, что оказалось возможным лишь в самые последние годы. Косвенные же методы исследования, главным образом на основе изучения полярных сияний, не дают решающих данных.

Впервые прямые измерения корпускулярного излучения Солнца производились на третьем советском искусственном спутнике Земли. Эти исследования были продолжены во время полетов советских космических ракет в направлении Луны.

Одновременно производились исследования другой проблемы, тесно связанной с корпускулярным излучением Солнца. Речь идет о составе межпланетного газового вещества.

Межпланетное пространство заполнено своеобразным газом, состоящим главным образом из «остатков» атомов водорода — протонов и электронов. До недавнего времени предполагалось, что плотность этого межпланетного газа порядка 1000 частиц на кубический сантиметр.

Однако в самое последнее время были обнаружены факты, объяснение которых заставило сделать иные

¹ Слово «корпускула» означает «частица».

предположения; пришлось допустить, что в каждом кубическом сантиметре содержится всего несколько частиц.

Вопрос об истинной концентрации частиц в межпланетном пространстве — не досужий спор ученых. Его выяснение должно пролить свет на деятельность Солнца, природу космических магнитных полей и даже на проблему безопасности космических полетов людей.

При современном уровне наших знаний, по-видимому, вообще нельзя решить вопрос о природе и концентрации межпланетного газа при помощи чисто земных наблюдений. Единственным путем решения возникшего научного спора могут быть прямые измерения концентрации заряженных ионов в межпланетной среде. Такие измерения доступны только приборам, устанавливаемым на космических ракетах.

Размещенные на космических ракетах приборы для исследования газовой составляющей межпланетного вещества и корпускулярного излучения Солнца должны были провести первый этап работы — непосредственную регистрацию постоянно присутствующего газа и корпускулярных потоков в межпланетном пространстве между Землей и Луной и оценку концентрации заряженных частиц в этом районе.

Все три советские космические ракеты зарегистрировали наличие постоянно присутствующего протонного газа на расстоянии до 25 тыс. км от Земли.

В этой области (ее назвали геокороной) в каждом кубическом сантиметре содержится несколько сот протонов. Начиная с 15 тыс. км, концентрация протонов в геокороне быстро падает. Концентрация протонов в межпланетном пространстве вдали от геокороны и радиационных поясов Земли составляет всего несколько частиц на кубический сантиметр.

Обнаружены также потоки быстрых протонов, проходящие на больших расстояниях от Земли, там, где действие магнитных сил Земли уже не сказывается. Эти потоки протонов, по-видимому, создаются корпускулярным излучением Солнца.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ

Вокруг Земли действуют магнитные силы, простирающиеся в межпланетное пространство на громадные расстояния. Даже на расстоянии в 100 тыс. км от Земли эти силы имеют вполне измеримую величину. Характер магнитного поля Земли и его изменения во времени до недавних пор изучались только на поверхности Земли, да и то в недостаточной мере. Мало измерений, например, было произведено в наиболее важных районах — полярных областях и над территорией океанов.

Действие магнитных сил легко обнаружить при помощи компаса и измерить специальными приборами — магнитометрами. Эти силы оказывают существенное влияние на движение испускаемых Солнцем заряженных частиц, создающих полярные сияния, на радиоволны в земной атмосфере, на частицы космического излучения, летящие в сторону Земли.

На рис. 4 (стр. 28) показана картина силовых линий магнитного поля Земли. В основных своих чертах она совпадает с полем намагниченного шара или сильного магнита при малом расстоянии между полюсами (короткого магнита). Как видно из рисунка, магнитная ось Земли наклонена к оси вращения Земли и составляет с нею угол в одиннадцать с половиной градусов. Если картину земного магнитного поля изобразить в сильно увеличенном размере, то на ней отчетливо выявились бы резкие отклонения истинных силовых линий от правильного расположения. Подобные отклонения называют аномалиями. Примерами таких отклонений могут служить Восточно-Сибирская мировая магнитная аномалия, занимающая значительную часть Азиатского континента, или знаменитая Курская магнитная аномалия.

Магнитное поле Земли таит немало интереснейших загадок. Несмотря на то, что его исследования производятся в течение нескольких столетий, до сих пор не удалось получить окончательного ответа на вопрос о том, как же создается это поле и чем объяснить его различные вариации. Высказано много предположений, но ни одно из них не считается абсолютно достоверным. В настоящее время наиболее распространенной является гипотеза, согласно которой основным источником земного

магнитного поля служат мощные электрические токи, текущие в расплавленном электропроводящем ядре Земли. Если эта гипотеза верна, то среди планет солнечной системы только те планеты, у которых центральная часть находится в жидком состоянии, могут иметь постоянное магнитное поле.

Что же касается различных возмущений магнитного поля Земли, то они, по современным представлениям, создаются сильными токами, протекающими в ионосфере. Обнаружение этих токов входило в задачи магнитометрической аппаратуры на третьем советском спутнике Земли.

На борту третьего советского спутника был установлен специальный магнитометр для измерения магнитного поля Земли. Он отчетливо зарегистрировал наличие токовых систем в ионосфере.

Запуски космических ракет позволяют производить непосредственные измерения магнитного поля Земли на громадных расстояниях от ее поверхности, магнитных полей в разных участках космического пространства, а также магнитных полей планет солнечной системы. Полеты советских космических ракет с магнитометрами в направлении Луны являются первыми подобными экспериментами.

Третий советский искусственный спутник промерил магнитное поле Земли на высотах 230—1800 км. Сведения об этом поле на более далеких расстояниях сообщили космические ракеты. Перед их магнитной измерительной аппаратурой были поставлены две задачи:

- 1) исследовать магнитное поле Земли и возможные поля токовых систем в пространстве внутри орбиты Луны¹;
- 2) проверить наличие постоянного магнитного поля Луны.

Вопрос о существовании постоянных магнитных полей у планет солнечной системы и их спутников чрезвычайно важен и для астрономии и для геофизики. Его выяснение безусловно поможет познанию истинных причин возникновения магнитного поля Земли. До недавнего времени вопрос этот был крайне запутан и находился в еще более невыясненном состоянии, чем про-

¹ Под полями токовых систем имеются в виду магнитные поля, образуемые устойчивыми потоками заряженных частиц.

блема возникновения земного магнетизма. В частности, совершенно не удалось попытки обнаружить магнитные поля Луны и планет по их влиянию на характер распространения корпускулярного излучения Солнца.

Первый полет советской космической ракеты показал, что установленный на ней магнитометр не обнаружил сколько-нибудь заметных магнитных сил в районе Луны. Окончательное решение вопроса о магнитном поле Луны было получено при полете второй советской космической ракеты. Ее магнитометр работал нормально вплоть до попадания контейнера с аппаратурой в Луну. Последнее измерение было сделано примерно в 50 км от поверхности Луны. Никаких следов магнитного поля в пределах точности измерения у Луны не оказалось.

Программа научных исследований, произведенных искусственными спутниками Земли и космическими ракетами, весьма богата и разнообразна. Для получения многих данных другими, «окольными», путями потребовались бы десятки лет упорных экспериментальных и теоретических исследований. Иные же из этих данных вообще, по-видимому, невозможно получить при помощи исследований, проводимых с поверхности Земли. Их может добыть только летающая космическая лаборатория.

Проделанная работа — только начало глубоких систематических исследований в космосе. Но и она уже принесла ученым немало неопределимо важных сведений.

Интересно, полезно знать

Как видят невидимое

Мы так просто рассказывали об атомах и атомных ядрах, о протонах и нейтронах, о частицах космических лучей, как будто речь шла об обычных предметах, с которыми мы встречаемся каждый день, видим их, берем в руки, используем для своих нужд. Но читатель вправе спросить: позвольте, ведь все эти частицы невидимы. Как же их обнаруживают, подсчитывают и следят за их необычайными «похождениями»? А иные малюверы наверняка пойдут и дальше. Может быть, никаких таких частиц и вообще-то нет, а все это только выдумки ученых?

Нет, это не выдумки ученых. Такие частицы есть, и мы умеем их наблюдать и подсчитывать. Они оставляют нам такие великолепные фотографические снимки, каким вполне может позавидовать и человек. В институтах, где изучают атомные ядра, существуют обширные «библиотеки» таких снимков, которые непрерывно пополняются. Часами просиживают ученые над этими фотодокументами из жизни атомного мира, изучая их до мельчайших деталей.

Как же получены эти фотографии? Как удалось ученым увидеть невидимое?

Если бы все частицы атомного мира двигались весьма медленно и лениво, мы, пожалуй, и сегодня почти ничего бы о них не знали. Но они движутся с огромными скоростями, совершенно недоступными пока в нашем обычном мире. Сталкиваясь с встречными атомами, они производят на своем пути большие разрушения. Одна такая быстрая частица может разрушить сотни тысяч атомов, по осколкам которых и можно судить о пролетевшей частице.

Вспомним о таком примере. При выстреле из орудия мы не видим летящего снаряда, но вызванные им разрушения отчетливо заметны каждому. По ним мы даже можем сказать, какого типа и калибра был сам снаряд, который вызвал эти разрушения. Точно так же и с частицами атомного мира. Мы никогда еще не видели самих этих частиц, но по следам их разрушительной работы можем судить об их появлении и подсчитывать их. Более того, мы можем определять их энергию, вес, электрический заряд и другие важные свойства.

Немало удивительных приборов помогают ученым видеть невидимое. Познакомимся лишь с некоторыми из них.

Кому не приходилось наблюдать такую красивую картину. Высоко в небе пролетает реактивный самолет. Его и не видно с земли. Но на голубом небосводе вытягивается постепенно расширяющийся клубящийся молочный след. Самолета давно уже не слышно, а след его все еще держится в небе, медленно рассеиваясь.

Как возникает этот след и почему мы не видим его, когда самолет пролетает над нашими домами?

Воздух всегда наполнен парами воды. Это они, сгущаясь при охлаждении в капельки, рожают росу и туман по утрам и вечерам. Капельки эти образуются на невидимых пылинках или других частицах, которые летают в воздухе. Но на большой высоте воздух совершенно чист и капелькам просто не на чем зародиться. Пролетающий самолет выбрасывает длинный хвост остатков сгоревшего топлива. Их появление тотчас же вызывает бурное образование капелек на всем следе машины.

Это же явление использовано в туманной камере, или камере Вильсона, — одном из самых распространенных приборов атомных лабораторий. В верхней части камеры под стеклянной крышкой имеется охлажденный и тщательно очищенный от пыли водяной пар. До тех пор, пока в него не попало какой-либо частицы, там не появится ни одной капельки воды. Пар остается совершенно прозрачным и невидимым. Но стоит какой-нибудь быстрой атомной или космической частичке пролететь сквозь него, как на оставленных ею на своем пути обломках атомов образуются капельки воды. На снимке, сделанном в этот момент через крышку камеры, мы обнаружим отчетливый след пролетевшей частицы. Частицу мы так и не увидели, а след ее, подобно следу невидимого с Земли самолета, у нас перед глазами.

Другой метод наблюдения атомных и космических частиц еще более удивителен. Оказывается, частицы могут сами себя фотографировать. Проходя через фотопластинку, они действуют на нее подобно свету — разрушают крупинки фогоэмульсии и оставляют след, отчетливо видимый после проявления.

Ну, а как считают такие частицы?

Познакомимся с одним из счетчиков быстрых заряженных частиц. Главная его часть — это маленькая металлическая трубочка с очень тонкими стенками, внутри которой находится тонкая проволочка, надежно изолированная от стенок трубочки. Воздух из нее удален и заменен парами спирта. К стенке трубочки и к проволочке подведены провода от источника высокого напряжения, по которым должен идти электрический ток. Но внутри трубочки никаких электрических зарядов нет, и поэтому ток через нее не проходит. Однако стоит только какой-нибудь быстрой заряженной частице проникнуть внутрь трубочки и разрушить большое количество атомов, как в то же мгновение по осколкам разрушенных атомов через трубочки потечет электрический ток. Правда, он почти моментально прекратится, но нам как раз это и нужно. В момент прохождения тока мы услышим в регистрирующем приборе, соединенном с трубочкой, отчетливый щелчок. Каждый раз, когда заряженная частица попадает в счетчик, прибор щелкает, и мы без труда подсчитываем число попавших в него частиц.

Заряженные частицы как бы приводят в действие спусковой механизм счетчика, производя слабый выстрел. Словно автомати-

ческая винтовка наш счетчик то дает одиночные выстрелы, то вдруг прострочит длинную очередь.

В другом приборе частицы подсчитывают маленькие кристаллы. Сделаны они из органических веществ. Когда быстрая частица попадает в такой кристалл, она вызывает в нем маленькую вспышку света, едва различимую простым глазом. Соединенный с кристаллом регистрирующий прибор замечает каждую вспышку и автоматически подсчитывает их количество.

Такие приборы помещают теперь на искусственных спутниках Земли и космических ракетах. Они исправно выполняют свою работу, подсчитывая, сколько разных частиц встречается на пути ракеты в космос, и передавая полученные сведения на Землю.

Литература

Гинзбург В. Л. и Фрадкин М. И. Происхождение космических лучей. Журнал «Природа», 1958, № 8, стр. 3—12.

Авторы разъясняют, какие процессы в космосе являются источниками происхождения космических лучей, и знакомят с новой областью астрономии — радиоастрономией, которая открывает широкие возможности для изучения лучей из мировых глубин.

Жданов Г. Б. и Тиндо И. П. Лаборатории в космосе. М., Изд-во «Молодая гвардия», 1959, 192 стр. с илл.

В книге рассказывается о том, как работают замечательные «летающие лаборатории» на спутниках и ракетах, как можно зарегистрировать и подсчитать мельчайшие частицы из космоса. Читатель заглянет в тайны рождения космических лучей и узнает о «космическом дыхании Солнца». Авторы рассказывают о том, как магнитное поле Земли образует «ловушку» для космических частиц, и отвечают на вопрос, интересующий многих читателей, — какие опасности для будущих астронавтов таит в себе открытие пояса заряженных частиц, окружающего Землю.

Добротин Н. А. Исследование космических лучей при помощи искусственных спутников Земли. Журнал «Природа», 1959, № 1, стр. 57—64.

Статья освещает новые данные, полученные в результате исследования космических лучей при помощи аппаратуры, установленной на советских и американских искусственных спутниках Земли. Автор рассказывает о многих проблемах, которые решают эти исследования. Читатель может ознакомиться с устройством счетчиков космических частиц.

Курносова Л. В., Разоренов Л. А. и Фрадкин М. И. Космическое излучение Солнца. Журнал «Природа», 1961, № 1, стр. 94—96.

Статья отвечает на вопрос, какое влияние оказывают процессы, происходящие на Солнце, на космическое излучение.

Иваненко И. Магнитная западня на пути в космос. Журнал «Техника -- молодежи», 1960, № 5, стр. 35—37.

Статья освещает замечательное открытие, сделанное при помощи спутников и ракет, — открытие «пояса» заряженных частиц, охватывающего нашу планету. Автор рассказывает о том, какое

участие принимают космические лучи в образовании этого «пояса», о значении этого открытия для разработки способов защиты аппаратуры и пассажиров будущих космических кораблей.

Словарь терминов

- Атмосфера** — воздушная оболочка Земли, простирающаяся на высоту 2—3 тыс. км.
- Атом** — мельчайшая частица химического элемента. Диаметр атома примерно равен одной стомиллионной доле сантиметра. Вес атома ничтожно мал. Например, атом серы весит 0,000 000 000 000 000 000 005 г.
- Атомное ядро** — центральная часть атома. Диаметр атомного ядра примерно в 100 тыс. раз меньше диаметра атома. Ядро состоит из еще более мелких частиц — протонов и нейтронов. В нем содержится основная доля веса атома.
- Гамма-лучи** — электромагнитное излучение такой же природы, как радиоволны, свет или рентгеновские лучи, но с очень малыми длинами волн и большой энергией. Способно проникать в различные материалы глубже всех других видов электромагнитного излучения.
- Галактика** — скопление звезд (звездная система). Наше Солнце входит в состав Млечного Пути — Галактики, которая состоит приблизительно из 150 млрд. звезд. В настоящее время известно свыше 500 млн. подобных галактик.
- Ионы** — электрически заряженные частицы, образующиеся при потере или приобретении электронов атомами или группами атомов.
- Ионизация** — превращение нейтральных частиц (молекул, атомов) в частицы, несущие положительный или отрицательный электрический заряд.
- Ионосфера** — слой атмосферы, расположенный на высоте более 70 км. Содержит большое количество заряженных частиц (ионов).
- Космические лучи** — поток заряженных частиц (ядер легких элементов), приходящих из космоса и вторгающихся в атмосферу Земли.
- Лучевая болезнь** — общее заболевание организма, возникающее под действием больших доз облучения рентгеновскими, гамма-лучами, а также нейтронами или быстрыми заряженными частицами.
- Магнитное поле** — область пространства, в которой обнаруживается действие магнитных сил.
- Мезоны** — нейтральные и заряженные частицы. Мезоны тяжелее электронов и легче протонов.
- Нейтрон** — тяжелая нейтральная частица, входящая в состав атомных ядер. Примерно в 1840 раз тяжелее электрона.
- Протон** — тяжелая частица с положительным электрическим зарядом, входящая в состав атомных ядер. Примерно в 1840 раз тяжелее электрона.
- Электрон** — легкая частица с отрицательным электрическим зарядом, входящая в состав атома. Электроны образуют оболочку атома, окружающую атомное ядро.

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИЖКЕ

	Стр.
Человек и космос	3
Триумф советской науки и техники	7
Атмосфера Земли	9
О чем рассказали искусственные спутники Земли	14
Как измерить температуру атмосферы	15
Загадки ионосферы	17
Что исследуют космические ракеты	18
Изучение космических лучей	19
Радиационные пояса земного шара	25
Корпускулярное излучение Солнца и межпланетное газовое вещество	30
Магнитные поля Земли и Луны	33
Приложение: «Интересно, полезно знать»	
Как видят невидимое	36
Литература	38
Словарь терминов	39

Автор Владимир Алексеевич Лешковцев

Редактор **Г. В. Левенштейн**

Техн. редактор **Е. В. Савченко**

Корректор **Е. А. Соколов**

Обложка художника **Р. Г. Алеева**

Сдано в набор 31/X 1961 г. Подп. к печати 26/XII 1961 г. Изд. № 381.
 Формат бум. 84×108^{1/32} Бум. л. 0,625 Печ. л. 1,25 (Усл. 2,05)
 Уч.-изд. л. 2,07. А 11587. Цена 6 коп. Тираж 13.000 экз. Заказ 3428.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4,

6 коп.

