



ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

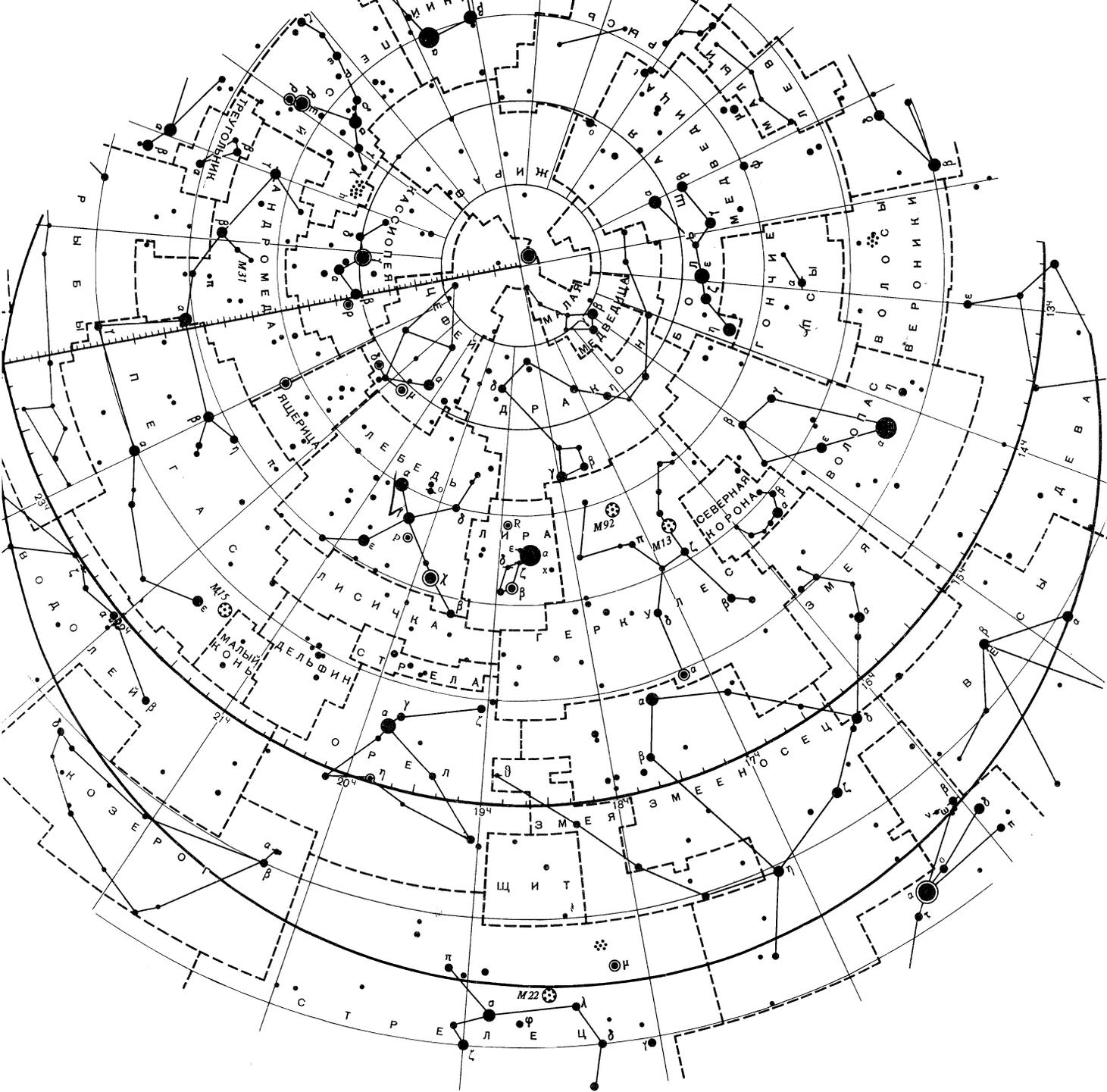
4

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

1965



Август 1965 г.

Видимость планет

Меркурий виден по утрам (созвездие Льва).

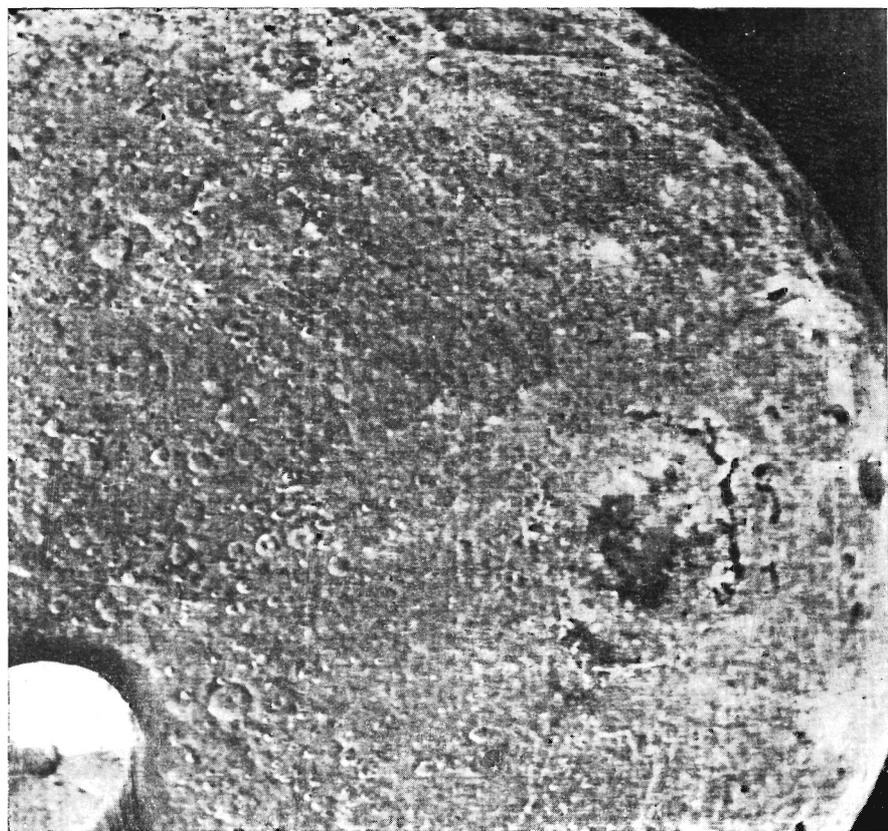
Венера видна по вечерам (созвездие Девы).

Юпитер виден во вторую половину ночи (созвездие Тельца).

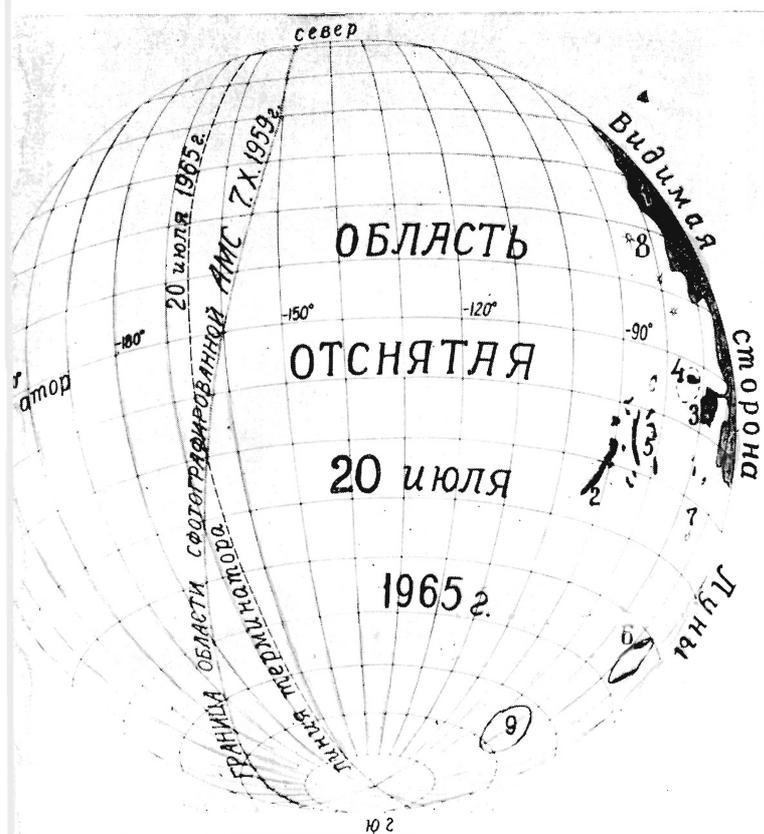
Сатурн виден всю ночь (созвездие Водолея, 12 августа координаты планеты: прямое восхождение $23^{\circ}11'$, склонение минус $7^{\circ}35'$).

НОВЫЕ ФОТОГРАФИИ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

Успешное фотографирование обратной стороны Луны, впервые осуществленное 7 октября 1959 г. советской автоматической станцией «Луна-3», было признано мировой общественностью величайшим научным достижением. Сегодня мы свидетели следующего шага в познании естественного спутника Земли: получены новые фотографии обратной стороны Луны. Эти фотографии переданы на Землю с борта советской автоматической межпланетной станции «Зонд-3», стартовавшей 18 июля 1965 г. Станция была выведена на гелиоцентрическую орбиту и через 33 часа после старта прошла вблизи Луны. Сеанс фотографирования продолжался 68 минут. Фотографирование началось с расстояния 11,6 тыс. км от поверхности Луны и закончилось после прохождения минимального расстояния (менее 10 тыс. км). Передача полученных изображений на Землю началась 29 июля с расстояния 2.200.000 км от Земли. Расположение траектории было выбрано так, чтобы при ориентации фототелевизионных устройств на Луну в их поле зрения



Фотография обратной стороны Луны, переданная автоматической межпланетной станцией «Зонд-3». На снимке, сделанном 20 июля 1965 г. в 5 часов 16 минут по московскому времени, изображена экваториальная зона обратной стороны Луны, прилегающая к ее восточному краю. Большое темное пятно справа — Восточное Море



попали те области обратной стороны Луны, которые не были сфотографированы в 1959 г. Благодаря этому вновь полученные фотографии практически охватывают донныне неизвестную часть поверхности Луны. Важно, что некоторые фотографии имеют перекрытия с видимой с Земли стороной Луны, а другие со снимками 1959 г. обратной стороны Луны.

Новые фотографии, изучение которых только что началось, позволяют сделать важные выводы об особенностях строения Луны. Эти сведения необходимы прежде всего для составления подробных карт всей поверхности Луны.

Схема расположения области, сфотографированной автоматической станцией «Зонд-3».

Характерные детали видимой стороны Луны: 1 — Океан Бурь; 2 — Море Восточное; 3 — кратер Гримальди; 4 — кратер Риччиоли; 5 — Море Осени и Море Весны; 6 — кратер Шикард; 7 — кратер Биргий А.; 8 — кратер Эйнштейн А.; 9 — кратер Байи

НА ОРБИТЕ СОВЕТСКАЯ ДВЕНАДЦАТИТОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

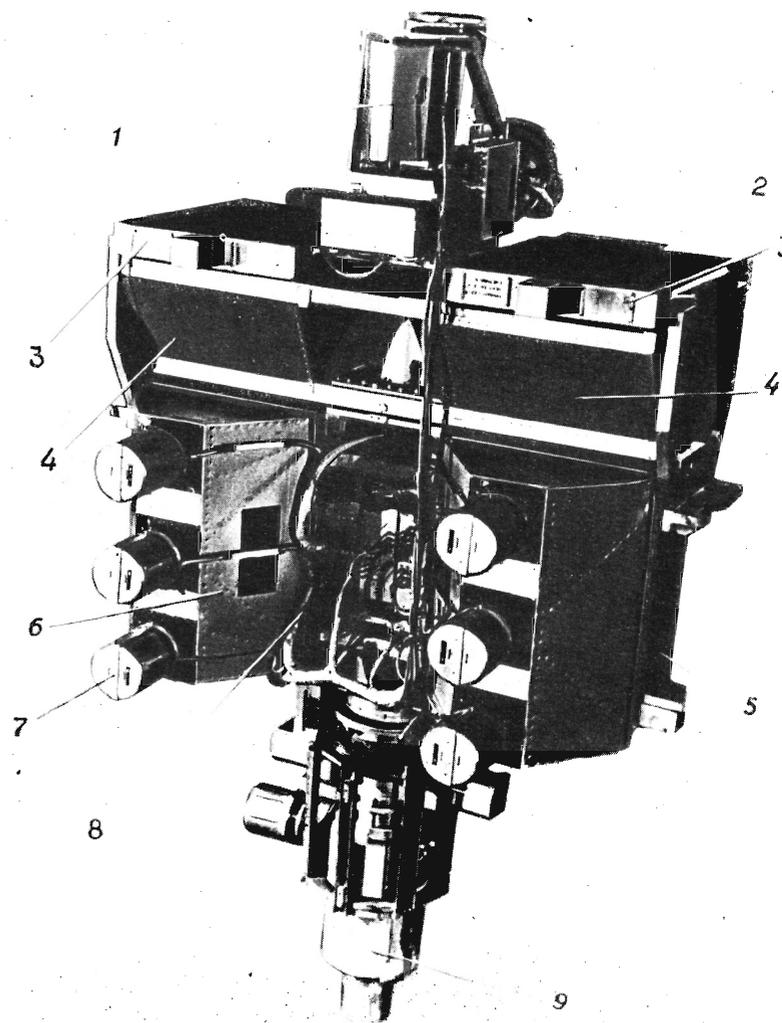
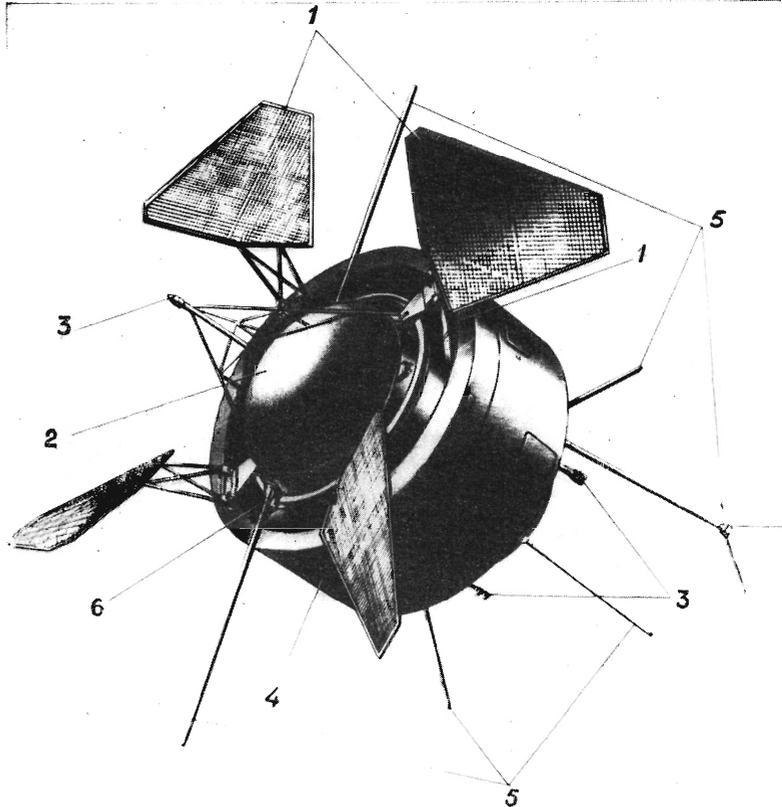
16 июля 1965 г. в соответствии с планом космических исследований с помощью новой мощной ракеты-носителя была успешно запущена на околоземную орбиту с апогеем 627 км, перигеем 190 км и наклоном орбиты $63^{\circ},5$ космическая научная станция «Протон-1». Общий вес полезного груза, выведенного на орбиту — научной космической станции «Протон-1» и комплекса контрольно-измерительной аппаратуры, — составляет 12,2 т.

Научная программа космической станции «Протон-1» посвящена ряду фундаментальных проблем физики космических лучей сверхвысоких энергий. Установленная на станции уникальная по масштабам и характеристикам аппаратура предусматривает изучение солнечных космических лучей и их радиационной опасности; изучение энергетического спектра и химического состава частиц первичных космических лучей в интервале энергий до 100 000 млрд. электронвольт; изучение ядерного взаимодействия космических частиц сверхвысоких энергий до 1000 млрд. электронвольт; определение абсолютной интенсивности и энергетического спектра электронов галактического происхождения; определение интенсивности и энергетического спектра гамма-лучей Галактики с энергиями больше 50 млн. электронвольт.

Запуск новой ракеты-носителя с двенадцатитонной орбитальной лабораторией знаменует начало нового этапа в изучении и освоении космического пространства. Он открывает перед наукой большие перспективы по исследованию глубин Вселенной космическими аппаратами большого веса.

1 — панели солнечной энергетической установки; 2 — герметичный корпус; 3 — датчики системы индикации положения осей станции в пространстве; 4 — внешняя оболочка; 5 — антенны телеметрического, радиокомандного комплекса и комплекса внешнетраекторных измерений; 6 — химические источники тока [рисунок сверху]

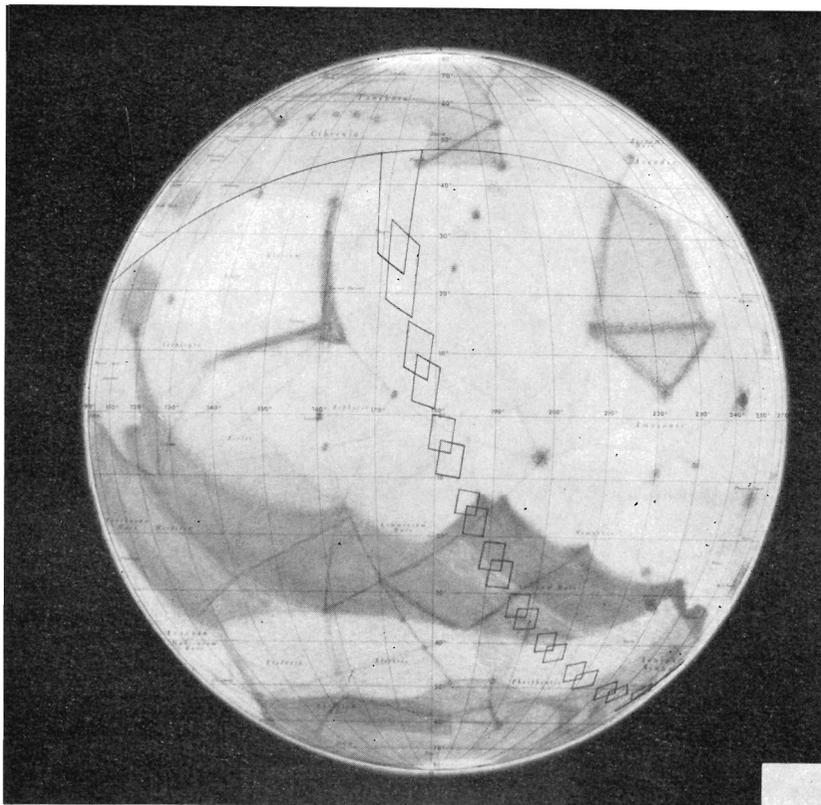
1 — спектрометр частиц космических лучей умеренных энергий; 2 — гамма-телескоп; 3—8 — комплекс аппаратуры ионизационного калориметра; 9 — прибор для регистрации электронов высокой энергии [рисунок внизу]



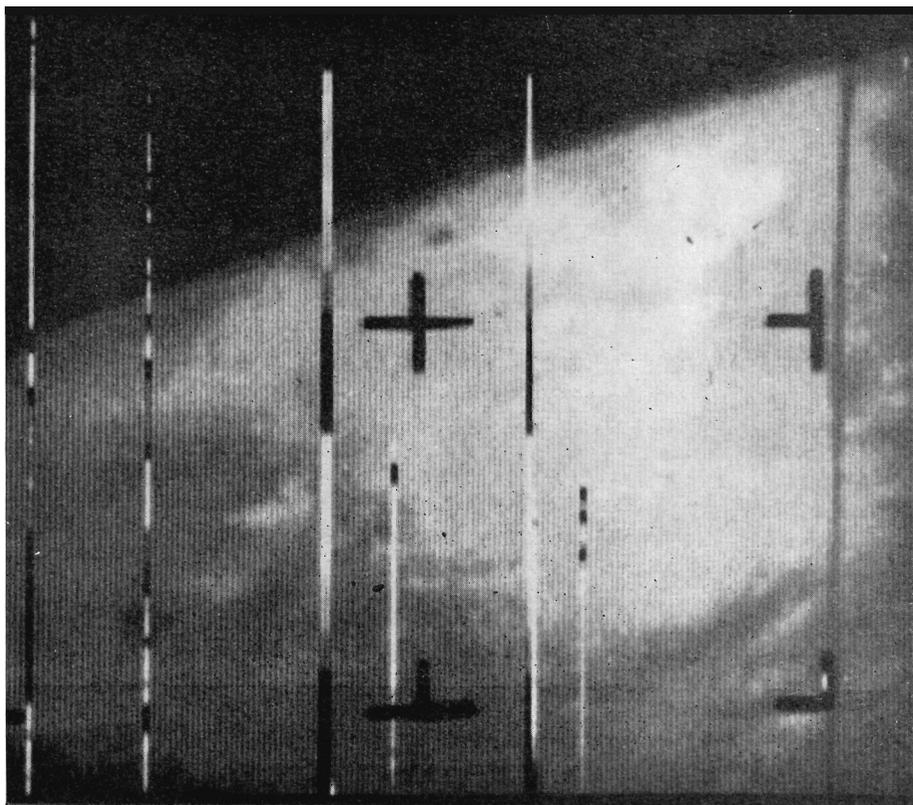
ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА ВБЛИЗИ

В ходе полета космической станции «Маринер-4», что является большим научным достижением, получены новые материалы о нашем «космическом соседе» — планете Марс. Эти материалы получены не путем традиционных наземных наблюдений, а в результате успешного развития прямых методов исследований.

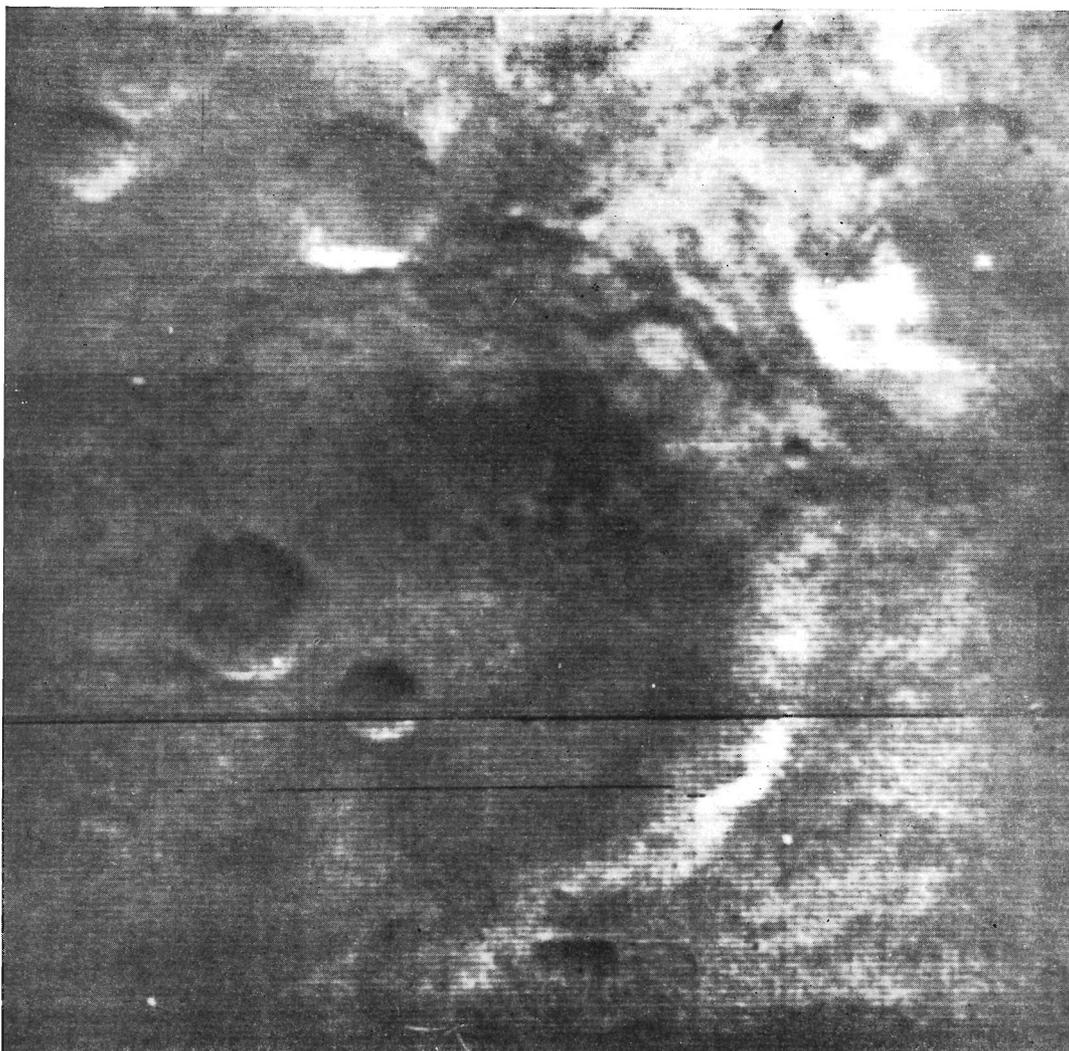
Американская космическая станция «Маринер-4», запущенная 27 ноября 1964 г. после 229 суток полета 15 июля 1965 г. достигла района планеты Марс и за 24 минуты сделала 21 снимок поверхности планеты с расстояния 9—12 тыс. км.



Расположение заснятых участков на поверхности Марса (по порядку — сверху вниз). Кривая линия вверху — край видимого диска планеты с «Маринера-4». Север — вверху



Первый снимок Марса, полученный в ночь с 14 на 15 июля 1965 г.



Одиннадцатый снимок поверхности Марса (район Моря Сирен). Размеры кадра — примерно 220×220 км. Север — вверху

Фотографии поверхности Марса принесли астрономам некоторые неожиданные. В поле зрения камер «Маринера» не попал ни один «канал», зато на снимках четко видны ... типичные лунные кратеры. Диаметры обнаруженных кратеров — от 5 до 20 км.

Учитывая малую плотность атмосферы Марса, вполне можно допустить, что эти кратеры, так же как и лунные, образованы метеоритной бомбардировкой поверхности планеты.

Установленная на борту «Маринера-4» аппаратура позволила выяснить, что магнитное поле Марса примерно в 10 раз слабее земного и что Марс лишен радиационных поясов, подобных поясам Земли. Изучение данных «Маринера-4» продолжается.

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР



ИЮЛЬ — АВГУСТ

4 1965

ГОД ИЗДАНИЯ ПЕРВЫЙ

В Н О М Е Р Е

В. Г. Богоров — Жизнь морей нашей страны	2
В. Г. Фесенков — Солнечное кометное облако и межзвездное пространство	6
Г. А. Скуридин, В. Д. Плетнев, В. П. Шалимов, И. Н. Швачунов — Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли (окончание)	12
С. Б. Пикельнер — Спиральные ветви галактик и их магнитное поле	24
А. В. Засов — Космология и наблюдения	33
В. Д. Давыдов — Марс — наш космический сосед	40
И. М. Белоусов — Океан	49
В. Д. Николаев — Земля — «Молния-1» — Земля	54
И. М. Пузырев — Опыт международной космической радиосвязи	58

ЛЮДИ НАУКИ

В. Б. Нейман, Е. М. Романов, В. М. Чернов — Иван Осипович Ярковский	63
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Н. П. Ерпылев — Геодезическая сеть и искусственные спутники Земли	65
Н. И. Федорова — Проблемы верхней атмосферы	70

ЭКСПЕДИЦИИ

О. М. Барсуков — Эксперимент в магнитно-сопряженных точках	74
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

М. М. Шемякин — В помощь любителям, строящим самодельные телескопы. Беседа I	79
Л. Е. Майстров — Старинный прибор для определения продолжительности дня и ночи	81

ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Б. Н. Гиммельфарб — Где границы солнечной системы!	84
--	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Марки рассказывают об исследовании Луны	88
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

П. Г. Куликовский — Интересные страницы истории астрономии	90
Две книги о В. Я. Струве	94
Книги 1965 года	95

На обложке: 1-я стр. — Схема радиационного пояса Земли. Рисунок художника Н. И. Гришина по эскизу Г. А. Скуридина.
2-я и 3-я стр. — Карты вечернего звездного неба — на 15 августа и 15 сентября (составлены на основе подвижной карты звездного неба А. Д. Марленского).
4-я стр. — В глубинах океана. Рисунок художника В. И. Преображенской

ЖИЗНЬ МОРЕЙ НАШЕЙ СТРАНЫ



Л. А. ЗЕНКЕВИЧ

3 а книгу «Биология морей СССР» члену-корреспонденту АН СССР Льву Александровичу Зенкевичу присуждена Ленинская премия 1965 года. Этот труд действительно замечательный и, как правильно писал в рецензии английский ученый профессор Ионг, «не имеет себе равного». Дело даже не в том, что за рубежом нет подобных книг, а в оригинальности исследований Л. А. Зенкевича и в обобщении всех работ, выполненных им самим, его учениками и последователями по всем морям, омывающим берега нашей Родины.

Предстояло преодолеть особые трудности, связанные с исключительным различием географического положения советских морей, различием в происхождении их фауны и флоры, геологической истории, характера речного стока... Различий так много, что

К присуждению Ленинской премии 1965 года
члену-корреспонденту АН СССР
Л. А. Зенкевичу

надо было найти общий принцип, объединяющий понимание биологии морей, вместо бесчисленного описания местных особенностей. Иначе получилась бы «энциклопедия», а не сравнимая жизнь морей.

Вместе с тем необходимо было дать и определенную систему знаний о жизни морей СССР, которая характеризовала бы их природу и возможности использования биологических ресурсов: рыб, ракообразных, моллюсков, водорослей и других промысловых объектов. В этом отношении книга Л. А. Зенкевича написана так, чтобы показать, как наиболее рационально эксплуатировать природные богатства, улучшать их методом акклиматизации ценных объектов и подавлять малоценные.

Большое значение имеет раздел книги, где показан громадный размах морских исследований, который был осуществлен в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции.

Л. А. Зенкевичу удалось дать целостное представление о каждом из 14-ти советских морей. Исключением является Восточно-Сибирское море, по которому накоплено очень мало материалов.

Описание начинается с географического положения данного моря. Принципы В. В. Докучаева в определении географической зональности как взаимообусловленного процесса, связующего климат, физические, химические и биоценоотические взаимоотношения в их влиянии на распределение и продуктивность фауны и флоры, широко использованы Л. А. Зенкевичем. Каждая группа морей обобщается им в связи с тем океаном, к бассейну которого они относятся. Так, Сибирские моря рассматриваются в

связи с Полярным бассейном и стоком рек; моря Дальнего востока с Тихим океаном; Балтийское море с Северным; Черное и Азовское со Средиземным морем и далее с Атлантическим океаном. Таким образом, Л. А. Зенкевич рассматривает географическое положение, топографию и водные массы в единой системе, влияющей на формирование особенностей фауны и флоры данного моря. Подробно рассмотрены влияние речного стока на фауну и флору морей-озер Каспийского и Аральского, а также роль речного стока, так значительно влияющего на биологию Балтийского, Азовского и Черного морей.

Исключительное значение имеют обобщения происхождения фауны и флоры в связи с геологической историей наших южных морей, а также Балтийского.

Книга Л. А. Зенкевича — «Биология морей СССР» была издана в конце 1963 г., но это только дата выхода из печати. Этот труд является плодом самой жизни его автора на протяжении почти 40 лет!

Начиная с 1921 г. Л. А. Зенкевич — участник, а во многих плаваниях и начальник экспедиций по изучению северных, южных и дальневосточных морей. Его первым научно-исследовательским судном был легендарный «Персей», бороздивший воды Белого, Баренцева, Гренландского, Карского и Норвежского морей, достигавший Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Ян-Майена... Изучив жизнь северных морей, ученый пришел к выводу, что все биологические наблюдения в океане надо проводить на количественной основе. В этом особенность вклада Л. А. Зенкевича в развитие морской биологии.

За сорок с лишним лет нашими учеными сделано исключительно много для познания морей Советского Союза. Различные стороны их природы изучены лучше, чем природа морей за пределами СССР. Сбор громадного материала представлял не только большой труд, но потребовал талантливого и оригинального обобщения. Это удалось сделать Л. А. Зенкевичу.

В описании каждого моря даются все его особенности, излагаются материалы по вертикальному и горизонтальному распределению различных организмов. Положительно нужно оценить рекомендации Л. А. Зенкевича по улучшению промысловых возможностей каждого моря путем акклиматизации

там ценных животных и поселения более продуктивных организмов, служащих пищей рыбам. Широко известны проведенные по его инициативе замечательные опыты, направленные на увеличение кормовых возможностей для осетровых и других рыб Северного Каспия. Он предложил переселить сюда из Азовского моря морского червя nereis и моллюска синдесмию. Сейчас они стали основным кормом многих рыб. До исследований Л. А. Зенкевича акклиматизация морских кормовых объектов не проводилась.

Л. А. Зенкевич обобщил все материалы по влиянию ледникового периода на формирование флоры и фауны Балтики и полярных морей. Им показана смена климатических условий на всем громадном просторе нашего севера. Ранее здесь господствовал умеренный климат, характерный теперь для североευропейских морей. Затем в ледниковый период наступило всеобщее похолодание. Большая часть фауны Северного Ледовитого океана погибла, а часть откочевала на юг — в европейские и дальневосточные воды. Среди них были треска, сельдь, морской окунь. Некоторые рыбы приспособились к низким температурам и слабым соленостям воды, образовали новые виды или разновидности. Далее Л. А. Зенкевич рассказывает, как с окончанием ледникового периода с теплыми водами Атлантики на север распространились различные представители тепловодной фауны. В их числе оказались такие важные промысловые рыбы, как треска, сельдь, морской окунь. Однако дальше Баренцева моря на восток они не смогли пройти. В сибирских морях и теперь господствует «ледниковый период» — температура воды около минус двух градусов и очень низкая соленость. Рассматривая эти особенности природы северных морей Л. А. Зенкевич, показывает на различном материале, в какие годы (потепления или похолодания) можно увеличить добычу рыбы в Баренцевом море.

В книге Л. А. Зенкевича много внимания уделено южным морям. Их геологическая история шла совсем иным путем. Каспий то соединялся с Черным морем, то существовал отдельно. Имелись периоды сильного опреснения. В Черном море они сменялись осолонением в результате соединения со Средиземным. Это наложило отпечаток на характер фауны. В черноморских водах глав-

ное значение для промысла имеют среди земноморские виды, поселившиеся после образования пролива Босфор. Это хамса, кефаль, ставрида, скумбрия, пелагида, дельфины. Зато в сильноопресненном северо-западном районе Черного моря и Азовском немалое значение приобрели осетровые, сельди-пузанки — остатки былого соединения с Каспием.

Каспий — своеобразный музей морской фауны. Около семидесяти процентов видов произошли или живут только в этом море. Богатство Каспия не только в обилии, но и в качестве рыб. Этому морю уделено особое внимание.

Дальневосточные моря расположены почти по меридиану — от Арктики на севере Берингова моря до субтропиков в южной части Японского. Разнообразие фауны убывает с юга на север. Так, в Беринговом море на 1000 видов меньше, чем в центре Японского. Соответственно, рыб в Японском — 615, а в Беринговом — 315 видов; водорослей в Японском — 379, Охотском — 301, а в Беринговом море 138 видов. Автор подробно рассказывает о тех районах дальневосточных вод, которые стали новыми, весьма перспективными для промысла советских рыбаков.

Пятнадцать лет своей жизни Л. А. Зенкевич посвятил исследованию Тихого океана. Но теперь он совершал рейсы не на крошечном «Персее», а на прекрасном экспедиционном корабле «Витязь». Имя ученого увековечено в названии подводной возвышенности, открытой советскими исследова-

телями вблизи Курило-Камчатской впадины.

В книге Л. А. Зенкевича много говорится о северной части Тихого океана и особенно о глубоководной Курило-Камчатской впадине. Впервые им с борта «Витязя» была в 1949 г. открыта фауна, обитающая на максимальных глубинах океана. А ранее считалось, что ниже 7000 м живые организмы не могут существовать. В 1952 г. датская экспедиция на «Галатее» подтвердила открытие, сделанное советскими учеными. Во всех глубоководных впадинах исследователи обнаружили живущие там организмы. На Международном зоологическом конгрессе в Лондоне, посвященном столетию со дня выхода книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов», советским исследованиям жизни на больших глубинах океана было уделено исключительное внимание.

Теоретические исследования Л. А. Зенкевича и оригинальные материалы позволили ему создать общую теорию биологической структуры морей и океанов.

Признанием мирового значения работ Л. А. Зенкевича является и то, что книга «Биология морей СССР» одновременно издана и в Англии. Произведение неумолимого и талантливого труженика науки нашло широкого читателя в лице ученых, промышленников, преподавателей, студентов — всех тех, кто интересуется морем.

В. Г. БОГОРОВ,

член-корреспондент АН СССР



КАМЕРА, ИМИТИРУЮЩАЯ УСЛОВИЯ МАРСА

В институте микробиологии Академии наук СССР создана установка, имитирующая условия Марса. Естественно, что создать прибор, который бы учитывал весь комплекс физико-химиче-

ских условий, характеризующих Марс, пока невозможно. Тем не менее в этой установке удалось приблизиться примерно к следующим условиям: давление 0,01 атм, температура, изменяющаяся от -60°C до $+30^{\circ}\text{C}$ в течение одних суток, газовый состав, в котором 95,5% азота, 0,25% углекислого газа и 0,25% аргона, а также излучение, по своим характеристикам приближающееся к солнечной радиации у поверхности планеты.

Экспериментальные работы на установке носят предварительный, ориентировочный характер. Для опытов использовались чистые культуры грибов и бактерий. Оказалось, что наиболее жестким фактором, влияющим на

выживаемость бактериальных клеток, является излучение.

Заметно лучше переносят искусственные условия Марса пигментные формы, из чего следует предполагать, что на планете преобладают окрашенные организмы, защищенные пигментом от губительного действия ультрафиолетовых лучей. Споры плесневых грибов более устойчивы, чем споры микробных клеток.

Наконец, не все земные формы микроорганизмов способны сохранять свою жизнеспособность в условиях камеры, сходных с условиями Марса.

«Космические исследования»,
3, 1965, 330



ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНОВ

26 марта в городе Висмаре, Германская Демократическая Республика, был спущен на воду исследовательский корабль «Академик Курчатов», водоизмещением около 6700 т. Он предназначен для Института океанологии Академии наук СССР и будет использован для комплексного изучения Мирового океана, а также атмосферы над ним.

Корабль будет обладать хорошими мореходными качествами, скоростью свыше 30 км/час и «неограниченным районом плавания». Для улучшения условий работы научного состава и экипажа, а также проведения иссле-

довательских работ особое внимание было уделено увеличению периода качки, который доведен до 13—15 секунд.

На корабле будет 26 лабораторий, оборудованных по последнему слову техники. В каждой лаборатории предусмотрены люминесцентное освещение, кондиционирование воздуха, стабилизированное электропитание различного напряжения, телефон, горячая и холодная вода (пресная и забортная) и электрочасы. Для сбора проб воды и грунта, для работы с различными приборами на палубе устанавливается 15 глубоководных лебедок.

Исследовательскую работу на борту сможет вести 81 научный сотрудник. Все они, а также экипаж корабля из 85 человек, будут жить в одно- или двухместных каютах с кондиционированным воздухом.

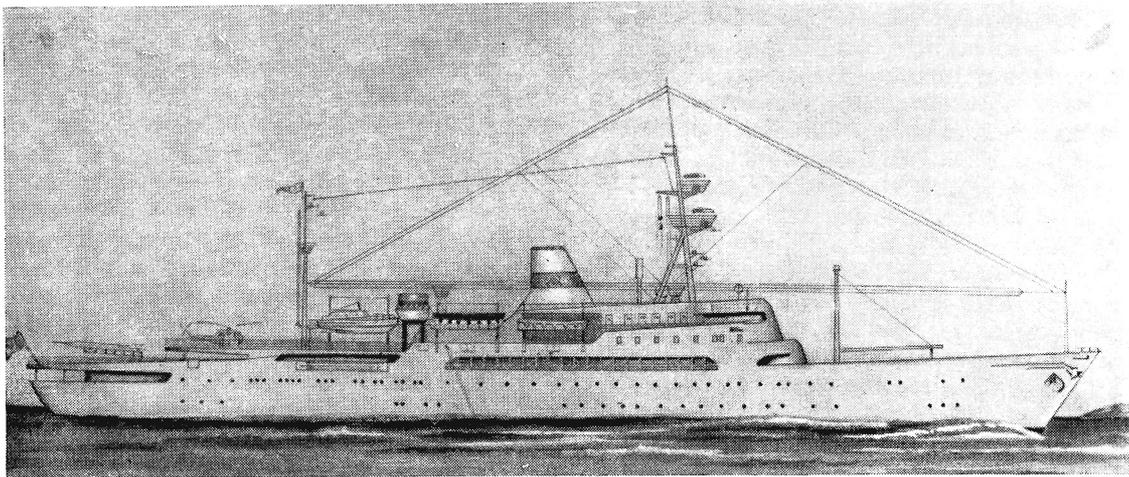
По контракту постройка корабля должна быть закончена в декабре 1965 г. После этого потребуются еще несколько месяцев для дооборудования и установки приборов.

ФРАНЦУЗСКИЙ ПРОЕКТ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Французские ученые планируют провести в 1967 г. проект «EOLE», предусматривающий запуск 1000 баллонов для атмосферных исследований и прослеживание их полета с помощью радиоаппаратуры, устанавливаемой на искусственном спутнике. Баллоны будут запускаться в течение нескольких недель в одном из крупных океанических районов Южного полушария, где меньше помех полетам самолетов. Высота подъема баллонов около 10 км. Спутник через определенные промежутки времени будет принимать позывные радиопередатчиков, установленных на баллонах, и затем ретранслировать их на наземную станцию. Это позволит прослеживать движение баллонов, определять перемещение воздушных масс, давление и температуру воздуха на больших пространствах.

«Science News Letter»,
87, 1965, 115.

На снимке: внешний вид научно-исследовательского корабля «Академик Курчатов» (проект)



СОЛНЕЧНОЕ КОМЕТНОЕ ОБЛАКО И МЕЖЗВЕЗДНОЕ ПРОСТРАНСТВО

В. Г. ФЕСЕНКОВ,
академик

Солнечная система разделяется на две резко отличающиеся области — внутреннюю, в которой происходит движение планет по приблизительно круговым и весьма устойчивым орбитам, и внешнюю, занятую огромным скоплением комет, время от времени приближающихся к Солнцу и подвергающихся при этом довольно быстрому распаду.

Солнце представляет собой звезду довольно умеренной массы и, следовательно, довольно слабого излучения. Как было показано еще А. Эддингтоном, излучение всякой звезды происходит приблизительно пропорционально четвертой степени ее массы. Вследствие небольшой массы Солнца термические условия на границе солнечной системы не отличаются от условий окружающего межзвездного пространства.

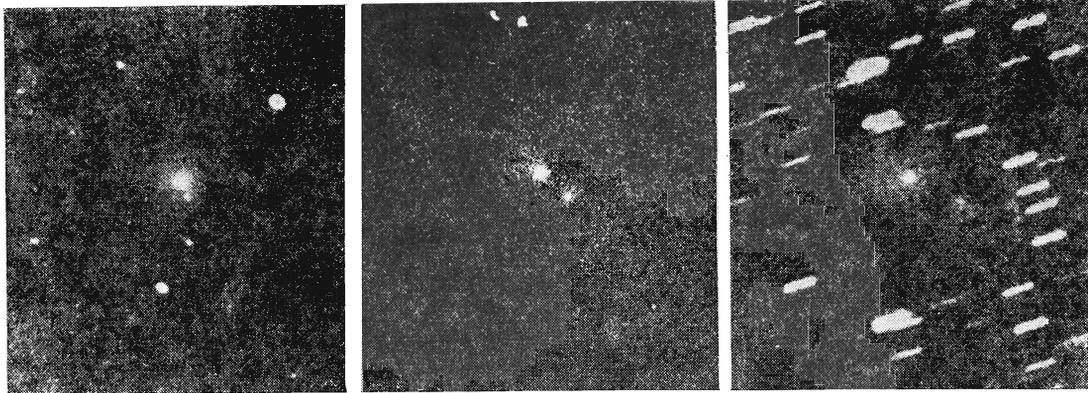
Согласно недавнему исследованию Г. А. Чеботарева («Астрономический журнал», 41, вып. 5, 1964 г.), если принять за внешнее возмущающее тело ядро Галактики, то устойчивое движение комет возможно на расстоянии до 230 000 а. е. в прямом направлении по отношению к обращению Солнца вокруг галактического центра и на расстоянии до 100 000 а. е. для комет в обратном направлении. В этой огромной области солнечное притяжение заметно доминирует над притяжением галактического центра и соседних звезд. Однако под влиянием возмущений со стороны соседних звезд орбиты комет могут время от времени преобразовываться в очень вытянутые эллипсы или гиперболы. При этом кометы попадают в области, близкие к Солнцу, и подвергаются постепенному разрушению или выбрасываются совсем в межзвездное пространство.

Поскольку равновесная температура в пространстве убывает пропорционально корню квадратному из расстояния от Солнца, можно заключить, что на расстоянии в

100 000 а. е. температура, обусловленная одним солнечным нагреванием, равняется примерно 1° К. Температура обычной межзвездной среды в области неионизированного водорода принимается в 20° К. На расстоянии 100 000 а. е. Солнце представляется несколько слабее, чем Венера с Земли, и его радиация значительно меньше общей радиации галактического поля. Именно в этих областях солнечной системы имеются условия, характерные для межзвездной среды, и эти области заняты кометами, которые могут находиться там в совершенно устойчивом состоянии в течение неопределенно долгого времени.

Какое количество комет входит в состав подобного кометного облака? Представляет большой интерес провести исследование с точки зрения небесной механики, какова вероятность больших возмущений со стороны соседних звезд и вывода кометы из состава указанного облака. Половинное число возмущенных комет проникает внутрь солнечной системы, в области, соседние с Солнцем, и это число может быть оценено из наблюдений. Отсюда можно вывести заключение об общем числе комет, окружающих Солнце, а также о том, каково было это число при самом образовании солнечной системы, т. е. около пяти миллиардов лет назад. Несомненно, что оно было огромным и доходило до многих миллиардов, так что при наблюдении извне Солнце должно было в эту эпоху представляться окруженным каким-то газово-пылевым облаком. По оценке Оорта даже теперь число комет в этом облаке составляет не менее ста миллиардов.

Итак, кометы, являясь к нам фактически из межзвездного пространства, характеризуют имеющиеся в нем физические условия и те химические соединения, которые там возникают. Поэтому особый интерес представляет изучение состава и строения комет.



Ядра комет, приближаясь к Солнцу, образуют голову с ее оболочками, состоящими преимущественно из углеводородов. При приближении к Солнцу появляются линии металлов. При распаде комет получают потоки метеоров, которые иногда проникают в земную атмосферу, производя явление падающих звезд и показывая линии кальция, железа и других элементов.

Вообще кометные ядра содержат очень сложные соединения разных элементов. Под действием солнечной радиации в них сначала возгоняются такие неустойчивые соединения, как CH , CN , затем пары воды и молекулы гидроксина OH .

Все это показывает, каков может быть состав межзвездных поглощающих и рассеивающих частиц. Делались попытки определения массы комет, например, на основании интенсивности их эмиссионных полос (Б. А. Воронцов-Вельяминов). Надежнее определять эту массу более прямыми методами, именно находя критическую скорость по отношению к ядру кометы при его разделении или оценивая эффект ракетного механизма, обуславливающего скачкообразное изменение движения.

Действительно, известно, что кометы часто распадаются на медленно расходящиеся части. В последнее время распад кометного ядра наблюдался у кометы Виртанена в начале 1962 г. При этом расстояние между вполне аналогичными ядрами, развившими самостоятельные хвосты, медленно увеличивалось со скоростью всего лишь в несколько метров в секунду. Эта скорость, очевидно, должна быть больше критической (под критической скоростью понимается та, при которой две массы уже не могут удерживаться совместно силой взаимного тяготения и расходятся по параболическим орбитам).

Разделение ядра кометы Виртанена. Последовательные положения (слева направо): 21 июля 1957 г., 11 апреля 1958 г., 11 июля 1959 г. (снимок Флагстафской станции американской Морской обсерватории с 40-дюймовым рефлектором)

Исходя из этого, можно найти максимальную массу кометы. У Земли критическая скорость составляет, как известно, 11,2 км/сек. Масса кометы Виртанена, найденная таким образом, оценивается в 10^{17} г, т. е. примерно в миллиард раз меньше массы Земли.

Реактивное действие, изменяющее орбитальное ускорение кометы, зависит, по видимому, от характера вращения ее ядра вокруг оси. В случае кометы Энке это реактивное действие аналогично силе сопротивления, и потому период обращения этой кометы вокруг Солнца постепенно уменьшается, из-за чего она уже значительно отошла от орбиты Юпитера, с которым ранее была связана.

В случае кометы Брукса и некоторых других, наоборот, происходит увеличение скорости движения, и подобные кометы постепенно удаляются от Солнца. Если оценить массу выбросов из кометного ядра, составляющих постепенно развивающуюся голову кометы, то, принимая во внимание величину реактивного ускорения, можно примерно определить порядок массы самого ядра. Для определения плотности, а следовательно, и агрегатного состояния ядра нужно найти его размеры, что представляет,

однако, большие затруднения. Оценки, произведенные по отношению к комете Виртанена, дали для плотности около $0,01 \text{ г/см}^3$, (Э. Рёмер), но это, конечно, довольно неуверенно. Заметим, что кометные головы



Голова кометы Галлея со звездообразным ядром (снимок 5 мая 1910 г. с 60-дюймовым телескопом обсерватории Маунт Вилсон)

представляются вообще совершенно прозрачными и даже кометные ядра, имеющие звездообразный вид, полностью исчезают при проектировании на солнечный диск. Так, комета Галлея 1910 г. с резко выраженным звездообразным ядром, согласно наблюдениям И. И. Сикора на Ташкентской обсерватории, перестала быть видимой при прохождении перед солнечным диском, а комета Морхауза 1908 г., покрывая звезды, не производила ни малейшего ослабления их блеска.

Все это подтверждает малую плотность кометных ядер и заставляет предполагать, что они представляют собой, по всей вероятности, очень рыхлые углеводородные и обычные льды с примесью металлических частиц (Ф. Уиппл). Подобный состав, по-ви-

димому, имеют также межзвездные частицы.

Поскольку изучение комет методами обычной наблюдательной астрономии весьма трудно, очень важно рассмотрение уникальных явлений, сопровождающих непосредственное столкновение кометы с Землей.

По оценке профессора Г. Юри, за время существования Земли подобных столкновений должно было быть не менее 100. Последнее — это падение Тунгусского метеорита 30 июня 1908 г. — было детально изучено рядом экспедиций Комитета по метеоритам Академии наук СССР, при этом получен ряд фактов большого принципиального значения. Масса Тунгусского тела оценена примерно в миллион тонн. Это та ее доля, которая распространилась в нижних атмосферных слоях по всему северному полушарию и через три недели достигла Калифорнии. Установлено, что движение ядра кометы полностью затормозилось и произвело сильный взрыв на высоте около 10 км. Никакого нарушения рельефа местности при этом не было. Не было также и чикаких выпадений крупных масс — найдены исключительно микроскопические шарики магнетитового и частично силикатного состава, — продукты оплавления и быстрого охлаждения при взрыве.

Можно считать установленным, что скорость встречи Тунгусского тела с Землей составляла примерно 30—40 км/сек. Детальное рассмотрение условий движения его в земной атмосфере при указанных массе и скорости и при разных предположениях относительно плотности показало, что начальная плотность его была меньше единицы и что это тело должно было в более низких слоях атмосферы превратиться в компактный и довольно плотный рой частиц, окруженный одной общей ударной волной. Все это совершенно отличается от того, что можно было бы ожидать в случае обычного железного или каменного метеорита.

Мы останавливаемся на кометах потому, что эти тела, как можно полагать, имеют большое значение для понимания условий в межзвездной среде, а также, по-видимому, и для космогонии солнечной системы.

Укажем, что в солнечной системе довольно часто происходят столкновения и дробления астероидов, в результате чего

возникают метеориты, хотя суммарный объем астероидов ничтожно мал по сравнению с пространством, в котором они движутся.

Современные методы анализа на содержание в метеоритах различных космогенных изотопов позволяют с довольно большой точностью определить в каждом отдельном случае, когда именно произошло выделение метеорита из массы астероида. Так, на основании содержания изотопа гелия He^3 и трития H^3 в массе железного Сихотэ-Алинского метеорита установлено, что он обращался вокруг Солнца после выделения из своего родоначального астероида в течение всего 280 млн. лет.

Объем комет значительно больше. При совершенно беспорядочных движениях этих тел и их огромном количестве в прежние эпохи существования солнечной системы столкновений должно было происходить, по всей вероятности, огромное количество. Какой может быть результат столкновения двух комет?

На примере Тунгусской катастрофы мы видим, что при проникновении кометы в атмосферу Земли происходит бурный

взрыв, причем вся масса ядра моментально плавится и частично приходит в газообразное состояние с быстрым затем охлаждением, ведущим к образованию мелких силикатных и магнетитовых шариков. Не может ли при столкновении между собой комет произойти аналогичное явление также с образованием кристаллических шариков-хондр и углистых соединений? Быть может, подобным образом возникало вещество углистых метеоритов, которое, по современным воззрениям, послужило основой для образования планет земного типа.

Косвенное подтверждение этому можно видеть в том, что, по мнению ряда авторов, хондры представляют собой наиболее древнее вещество солнечной системы, так как именно они отличаются наибольшим обилием ксенона-129 — продукта распада ко-

Вывал леса в результате взрыва в области падения Тунгусского метеорита. Виден вывороченный ствол дерева (передний край), далее, часть стоящего леса — «телеграфные столбы», а на заднем плане — поваленный лес (снимок Е. Л. Кринова, 1927 г.).



роткоживущего, ныне вымершего, изотопа йода-129.

Таким образом, представляется вероятным, что образование различных сгущений в первичном протопланетном облаке, выделение прежде всего центрального солнечного сгущения, объединившего их движения как в прямом, так и в обратном направлениях (первый этап формирования солнечной системы), а затем только в прямом направлении (второй этап), происходили при деятельном участии этих кометных конденсаций, зародившихся еще ранее в условиях межзвездной среды.

Как указывалось, внешние части солнечной системы, занятые облаком комет, характерны для областей нашей Галактики с содержанием нейтрального водорода. К сожалению, в настоящее время подобные области могут исследоваться только радиометодами по излучению эмиссионной линии длиной волны 21 см. Области Галактики, доступные изучению обычными спектроскопическими методами, относятся к области ионизованного водорода и отличаются довольно высокой равновесной температурой — электронная температура принимается в среднем $10\,000^\circ\text{K}$. Если бы температура и общее излучение Солнца значительно возрасли, то область ионизованного водорода могла бы захватить и внешние части солнечной системы.

Изучение физических особенностей туманностей, окружающих звезды и находящихся в области ионизованного водорода, также представляет исключительный интерес. Однако для подобного исследования приходится брать одновременно несколько эмиссионных линий в спектре туманности, удобнее всего от того же элемента, чтобы не вводить лишние неизвестные, например относительное обилие разных элементов. Поскольку эквивалентная ширина линии зависит от дисперсии молекулярных скоростей или электронной температуры T и от оптической толщи, пропорциональной числу атомов или электронов N_e , нужно рассматривать одновременно по крайней мере две линии, и тогда можно получить соотношение, зависящее от T и N_e .

В зависимости от того, какую пару линий того же элемента мы возьмем, отношение их интенсивностей в одном случае зависит преимущественно от T , а в другом — преимущественно от N_e . Например, отношение

интенсивностей дважды ионизованного кислорода 4363 \AA и дублета $N_1 + N_2$ (4959 и 5007 \AA) при достаточной электронной плотности практически зависит только от температуры, которая, таким образом, и может быть довольно легко определена, как это было уже давно показано В. А. Амбарцумяном. Напротив, если брать отношение составляющих интенсивностей близких дублетов, например 3729 и 3726 \AA , принадлежащих однажды ионизованному кислороду и имеющих тот же основной энергетический уровень, с расщеплением возбужденных состояний, то, как показали Ситон и Остерброк, это отношение зависит главным образом от электронной плотности и очень мало меняется с температурой, практически от нее не зависит.

Поскольку во всякой туманности водород доминирует перед другими элементами и почти полностью ионизован, число протонов соответствует примерно числу электронов. Поэтому, определяя N_e , мы немедленно получаем плотность туманности.

Аналогичные результаты в отношении плотности можно получить также и путем измерений яркости в линии водорода H_α , если проинтегрировать поток излучения по всей толще туманности вдоль луча зрения. Обычно предполагалось, что вещество туманности распределено достаточно равномерно. Однако при этом получается довольно значительное расхождение между обоими методами. Для устранения расхождения вводится дополнительное предположение, которое, впрочем, представляется совершенно естественным, а именно, что туманность неоднородна и фактически состоит из отдельных конденсаций. Причем самая простая модель — это та, в которой все подобные конденсации одинаковы и в них сосредоточена вся масса туманности.

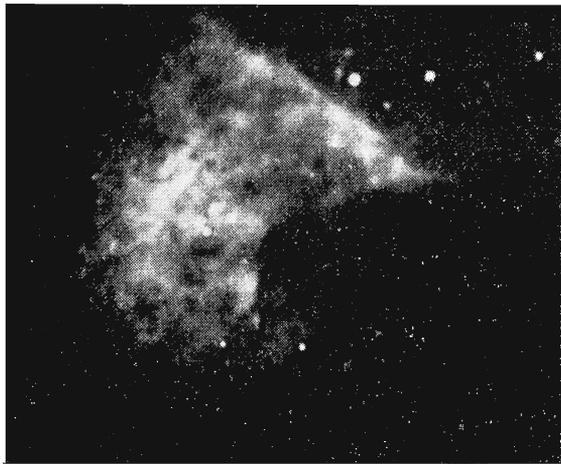
Окончательно получается следующее соотношение с учетом, что эмиссия в H_α пропорциональна квадрату электронной плотности и зависит еще от электронной температуры, которую можно принять приблизительно равной $10\,000^\circ\text{K}$:

$$N_e \sqrt{\Delta} = 3,305 \cdot 10^3 \sqrt{S} \Phi \text{ см}^{-3}.$$

Здесь S — поверхностная яркость туманности в линии H_α в эрг/см^2 , а Φ — радиус туманности в секундах дуги (расстояние до туманности должно быть примерно извест-

но). Фактор Δ — доля полного объема, занятая конденсациями.

Этот метод был применен недавно М. Фистом для изучения многих туманностей в Магеллановых Облаках с помощью 74-дюймового рефлектора Радклиффской обсерватории с дифракционным спектрогра-



Центральная часть туманности Ориона в красной линии водорода и азота. Видна большая неоднородность распределения вещества туманности (снимок Фейбельмана, обсерватория Аллегена, США)

фом большой дисперсии. При этом путем сочетания определений электронной плотности по способу Ситона и Остерброка с определениями поверхностной яркости туманностей в линии водорода H были найдены температуры, плотности, массы и также фактор Δ . Для исследованных туманностей в Магеллановых Облаках найдено в среднем $\Delta = 0,14$. Для туманности Ориона, масса которой оценивается в 60 солнечных масс и расстояние в 450 пс, найдено $\Delta = 0,033$. Такова степень неоднородности в предположении, что пространство между конденсациями лишено всякого газа, чего, однако, строго говоря, не может быть. В действительности, с учетом некоторой промежуточной плотности материи степень неоднородности должна была бы получиться еще больше.

Интересно отметить, что Г. М. Идлис в своей работе о туманности Ориона нашел, что массы отдельных неоднородностей, входящих в ее состав, составляют в среднем 10^{16} г, т. е. близки к массам комет.

Итак, все эти результаты, по-видимому, совершенно бесспорные, показывают известную аналогию с протяженным кометным облаком, окружающим Солнце. Если бы Солнце превратилось в массивную звезду раннего типа, способную ионизовать водород и другие газы на большом расстоянии, то кометные конденсации потеряли бы, вероятно, много электронов и легких газов, но все же сохранились бы и были способны к дальнейшей эволюции.

Вообще говоря, при рассмотрении эволюции газово-пылевых туманностей, которые, как можно думать, при известных обстоятельствах (достаточной плотности и массе, прохождении ударных волн и т. п.) способны выделять звездные сгущения, нужно исходить из их фактической природы, познаваемой из наблюдательных данных.

Несомненно, что в нашей Галактике имеется ряд совсем молодых звезд, лишь недавно выделившихся из туманностей (звезды типа Т Тельца, объекты Херbiga-Aro, звезды в отдельных цепочках и др.).

Однако при рассмотрении подобного процесса сжатия обычно исходят из критерия гравитационной устойчивости с учетом наличия внешнего давления, делая существенное предположение, что рассматриваемая туманность состоит просто из газа и имеет достаточно равномерное строение. Между тем при указанной крайней неоднородности вещества туманностей возможно, что основной причиной их сжатия являются многочисленные столкновения между собой «кометных» конденсаций, из которых они состоят. По-видимому, обычные условия неустойчивости начинают действовать лишь тогда, когда выделяются достаточно массивные центральные сгущения — протозвезды — и наступает довольно быстрый гравитационный коллапс.

Из вышеизложенного видно, что существует определенная аналогия между внешним облаком комет, бывшим особенно обильным в первые эпохи существования солнечной системы, и газово-пылевыми туманностями, являющимися материалом для образования звезд и, как можно полагать, также планетных систем.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР, МАГНИТОСФЕРА И РАДИАЦИОННЫЙ ПОЯС ЗЕМЛИ*

Г. А. СКУРИДИН,
доктор физико-математических наук,
В. Д. ПЛЕТНЕВ,
кандидат физико-математических наук,
В. П. ШАЛИМОВ, И. Н. ШВАЧУНОВ

РАДИАЦИОННЫЙ ПОЯС ЗЕМЛИ

Одним из наиболее существенных результатов первых исследований околоземного космического пространства с искусственными спутниками явилось открытие радиационного пояса Земли. Выяснилось, что очень большая область геомагнитного поля, простирающаяся по широте до $\pm 65^\circ$, а по высоте — до 10 земных радиусов в плоскости экватора, представляет собой своеобразную ловушку заряженных частиц высокой энергии.

Изучение динамики геомагнитной ловушки исключительно интересно: ведь перед нами поставленный самой природой гигантский эксперимент по ускорению и удержанию заряженных частиц в магнитной ловушке. Эксперимент таких масштабов пока еще трудно осуществить в лабораторных условиях. Исследование радиационного пояса Земли и связанных с ним явлений необходимо и для обеспечения безопасности космических полетов. Несмотря на то, что общая масса заряженных высокоэнергичных частиц в геомагнитной ловушке очень невелика (менее 1 кг), эти частицы — серьезная угроза для космонавтов.

Что же такое геомагнитная ловушка? Какие специфические черты отличают ее от обычных магнитных ловушек, применяющихся в лабораторных условиях? Чтобы ответить на эти вопросы, обратимся сначала к обычным магнитным ловушкам заряженных частиц, которые хорошо известны в физике плазмы. Удержание частиц высоких энергий

в ловушках основано на закономерностях движения заряженных частиц в сильном магнитном поле. Поэтому, прежде всего напомним эти закономерности.

Движение заряженной частицы в магнитном поле

На частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца, равная

$$\vec{F} = \frac{e}{c} [\vec{v}, \vec{H}],$$

где e — заряд частицы, c — скорость света, H — напряженность магнитного поля, v — скорость движения частицы.

Так как \vec{F} перпендикулярно v и \vec{H} , то траектория частицы искривляется. Частица вращается вокруг силовой линии магнитного поля. При этом радиус вращения (ларморовский радиус) частицы равен

$$\rho_{\perp} = \frac{mcv_{\perp}}{eH},$$

где v_{\perp} — перпендикулярная магнитному полю компонента скорости частицы, m — масса частицы, а частота вращения (циклотронная частота) равна $\omega_{\perp} = \frac{eH}{mc}$. Таким образом, чем сильнее магнитное поле, т. е. чем больше H , тем меньше ρ_{\perp} .

На параллельную магнитному полю компоненту скорости заряженной частицы v_{\parallel} поле не действует. Поэтому в однородном маг-

* Окончание. Начало см. в № 3 нашего журнала.

нитном поле траектория частицы не окружность, а спираль, осью которой является магнитная силовая линия (рис. 10, а).

Если магнитное поле неоднородно, то его силовые линии искривлены. Вследствие искривления силовых линий траектория частицы существенно усложняется, так как должны изменяться или (как иногда говорят) перераспределяться между собой перпендикулярная и параллельная силовой линии компоненты скорости частицы. Действительно, как видно из рис. 10, б, полная скорость частицы v будет по-разному ориентирована относительно искривленной магнитной силовой линии в различных точках пространства. Вопрос о перераспределении компонент скорости частицы усложняется вращением частицы вокруг магнитной силовой линии в неоднородном поле.

В 1941 г. Х. Альвен показал, что если напряженность магнитного поля незначительно изменяется вдоль траектории заряженной частицы за время одного ее лармовского оборота $T_L = \frac{2\pi mc}{eH}$ траектория частицы в неоднородном магнитном поле с большой степенью точности совпадает с траекторией ее ведущего центра. Ведущим центром называется центр окружности, по которой движется частица в процессе лармовского вращения. Траектория ведущего центра — магнитная силовая линия, вокруг которой вращается частица. Следовательно, в приближении Альвена траектория движения частицы совпадает с магнитной силовой линией.

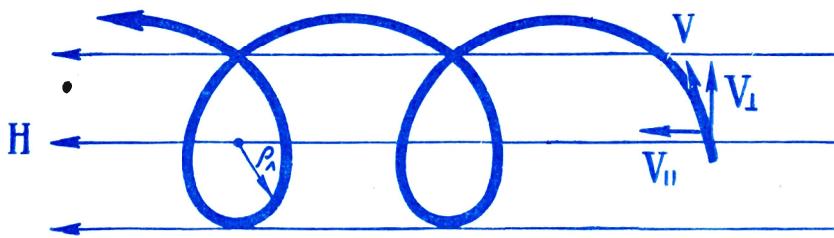
Одним из результатов приближения Альвена является постоянство магнитного момента заряженной частицы в магнитном поле $\mu = \frac{mv_{\perp}^2}{2H}$. Магнитный момент заряженной частицы численно равен потоку силовых линий через поперечное сечение спиралевидной траектории частицы. Эти силовые линии образуют так называемую магнитную силовую трубку (рис. 10, б). Если магнитное поле неоднородно, то поперечное сечение силовой трубки изменяется, однако полный магнитный поток через ее поперечное сечение остается неизменным. Поэтому с точки зрения геометрии движения постоянство магнитного момента означает, что траектория частицы проходит по поверхности магнитной силовой трубки.

Если при движении частицы вдоль магнитного поля со скоростью v_{\parallel} напряженность поля увеличивается, то силовая трубка сжимается. При этом происходит перераспределение компонент скорости (v_{\parallel} и v_{\perp}). Чтобы проиллюстрировать это перераспределение, рассмотрим движение в стационарном неоднородном магнитном поле, т. е. в поле, которое изменяется в пространстве, но не меняется во времени. В таком поле полная скорость заряженной частицы (в отсутствие электростатических полей) не изменяется.

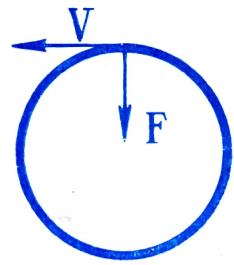
Однако вследствие постоянства магнитного момента при движении частицы в направлении возрастающего магнитного поля (т. е. в направлении большего H) перпендикулярная компонента скорости v_{\perp} также должна возрастать. Увеличение v_{\perp} , при постоянной полной скорости частицы, соответствует уменьшению v_{\parallel} . Таким образом, при движении заряженной частицы из области слабого магнитного поля в область более сильного поля растет энергия перпендикулярного (вращательного) движения частицы и уменьшается энергия параллельного силовой линии (поступательного) движения. Полная энергия частицы при этом не изменяется. С точки зрения геометрии движения такое перераспределение между v_{\parallel} и v_{\perp} означает, что при движении вдоль магнитной силовой линии в область более сильного поля возрастает угол между вектором полной скорости частицы и магнитной силовой линией. Этот угол, который мы будем в дальнейшем обозначать Θ , называется питч-углом частицы в магнитном поле. В некоторой точке Θ становится равным 90° , т. е. $v_{\perp} = v$, а $v_{\parallel} = 0$. Поэтому в этой точке происходит отражение заряженной частицы, и частица уходит в область меньшей напряженности магнитного поля. Следовательно, возрастающее магнитное поле может отражать заряженные частицы подобно тому, как лучи света отражаются зеркалом. Точка отражения частицы магнитным полем получила в физике название «зеркальная точка», а области возрастающего (сжимающегося) поля называются магнитными пробками.

Дрейф частицы

Если движение частицы происходит по поверхности одной магнитной силовой трубки ($\mu = \text{const}$) и магнитные пробки расположены с обоих концов этой трубки, то части-

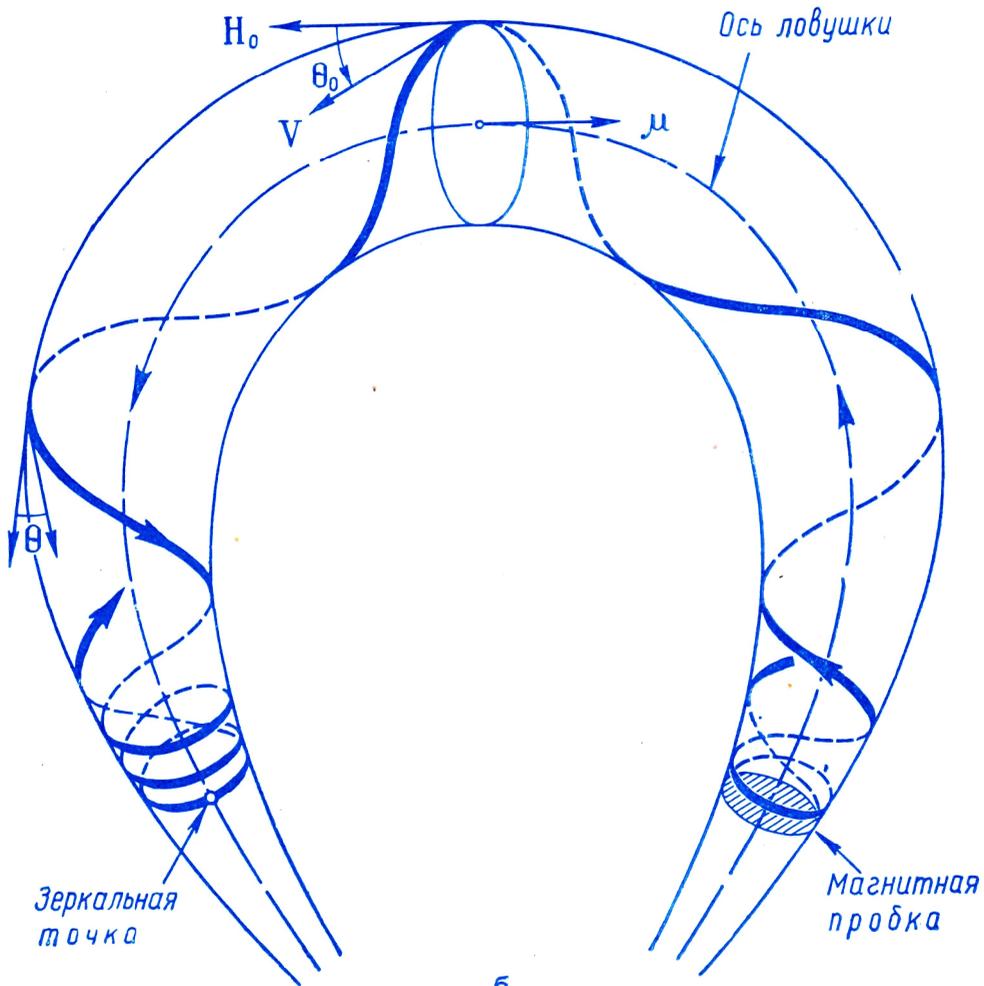


F перпендикулярно
плоскости рисунка

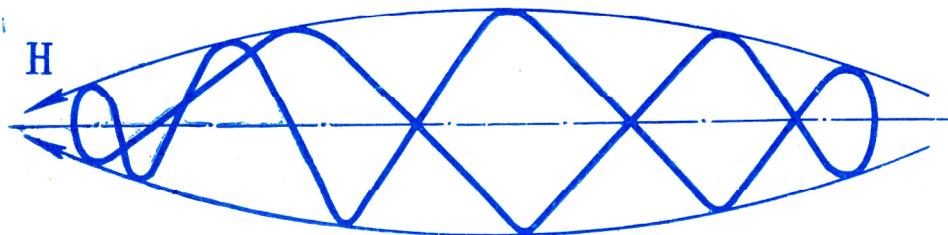


H перпендикулярно
плоскости рисунка

а



б



в

ца поймана внутри силовой трубки. Подобная элементарная магнитная ловушка показана на рис. 10, *в*. Однако если ось силовой трубки искривлена, как на рис. 10, *б*, то кроме быстрых колебаний между магнитными пробками и еще более быстрого ларморовского вращения частица совершает медленное движение перпендикулярно к оси трубки. Это движение, называемое дрейфом частицы, возникает вследствие изменения напряженности магнитного поля в направлении, перпендикулярном оси трубки. Действительно, если силовая трубка искривлена, то с одной стороны от ее оси магнитные силовые линии сжаты, а с другой — растянуты. Следовательно, на разных сторонах силовой трубки на частицу действуют различные по величине силы Лоренца. Возникающая результирующая сила и приводит к появлению дрейфа, как это показано на рис. 11. Причиной дрейфа служит и центробежная сила, действующая на частицу, движущуюся вдоль искривленной силовой трубки со скоростью v_{\parallel} . Эта сила также направлена перпендикулярно к оси трубки.

Дрейфующая заряженная частица уже не поймана внутри магнитной силовой трубки, хотя ее магнитный момент сохраняется. Для того чтобы такую частицу удержать в магнитном поле, нужно замкнуть траекторию ее дрейфа. Траектория дрейфа будет замкнутой в пространстве, например, если идентичные силовые трубки образуют симметричную относительно некоторой оси фигуру вращения. Пример такой «сложной» ловушки — дипольное магнитное поле (рис. 12), с которым, как уже говорилось в разделе «Магнитосфера» нашей статьи, совпадает геомагнитное поле внутри магнитосферы.

Адиабатические инварианты

Исследование движения частицы в геомагнитной ловушке невозможно без знания теории адиабатических инвариантов.



Рис. 10. Движение заряженной частицы в магнитном поле:

а — однородное поле: \mathbf{V} — полная скорость частицы, \mathbf{V}_{\perp} и \mathbf{V}_{\parallel} — перпендикулярная и параллельная полю компоненты скорости частицы, \mathbf{H} — напряженность магнитного поля, \mathbf{F} — сила Лоренца, *б* — неоднородное поле (искривленная силовая трубка); *в* — неоднородное поле (прямая силовая трубка)

Адиабатическими инвариантами в физике называют величины, которые в процессе ограниченного движения системы (например, механической системы) остаются постоянными при очень медленном изменении внешних условий. Точность, с которой эти величины можно считать постоянными, существенно зависит от того, насколько медленно (адиабатически) изменяется силовое поле, когда в нем происходит движение отдельной частицы или системы частиц. Если в течение некоторого, так называемого характерного, периода движения T относительное изменение поля будет порядка ϵ , где $\epsilon \ll 1$, то изменение адиабатического инварианта будет пренебрежимо мало в течение очень большого интервала времени $\Delta t \sim \frac{1}{\epsilon}$. При движении заряженной частицы в неоднородном магнитном поле характерный период $T = T_{\perp}$, так как именно в течение T_{\perp} осуществляется наиболь-

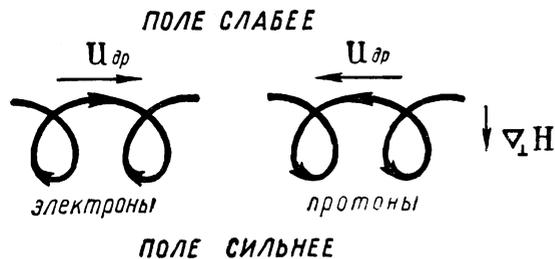


Рис. 11. Дрейф частицы в неоднородном магнитном поле.

Магнитное поле направлено вверх перпендикулярно к рисунку. Если магнитное поле неоднородно, то там, где поле сильнее, радиус кривизны R_{\perp} — меньше, чем там, где оно слабее. Поэтому окружность, по которой движется частица в однородном поле (рис. 10, *а*), переходит в кривую, изображенную на рисунке. Так как электроны и протоны вращаются в разные стороны в одном и том же поле, то дрейф также происходит в разные стороны

шее возмущающее влияние неоднородности поля на траекторию частицы.

Первый адиабатический инвариант движения заряженной частицы — это уже знакомый нам ее магнитный момент μ . С геометрической точки зрения адиабатическая инвариантность μ означает, что траектория частицы проходит по поверхности идентичных магнитных силовых трубок.

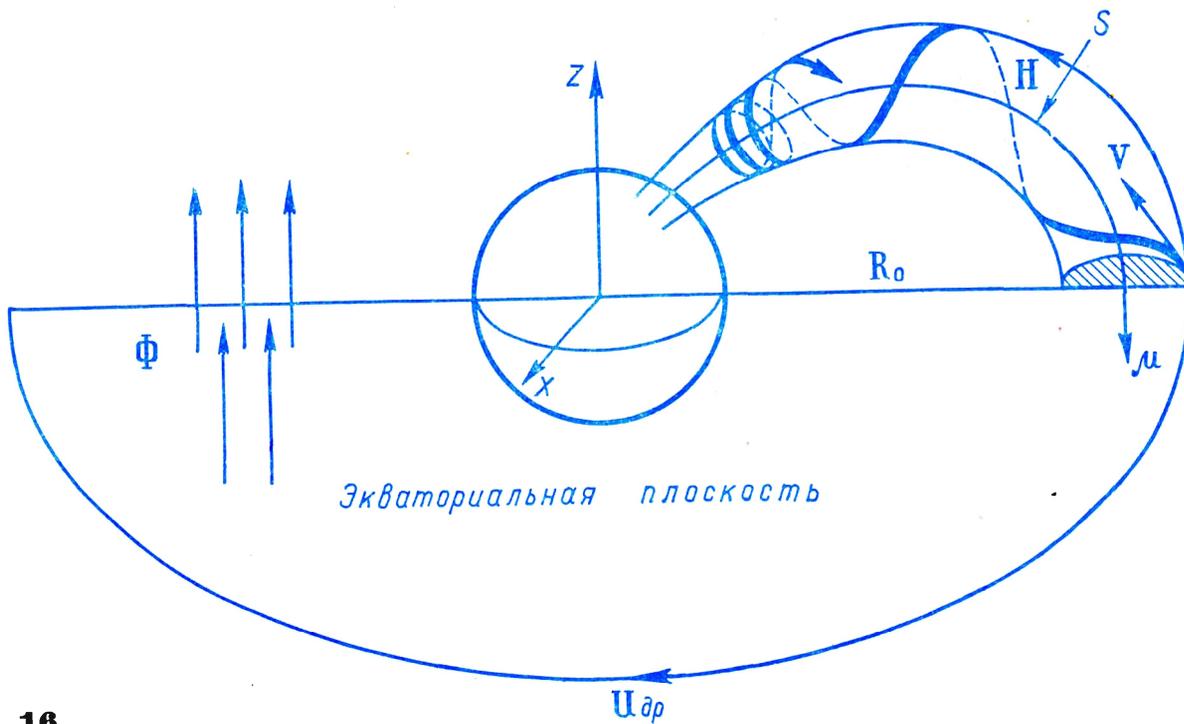
Второй адиабатический инвариант J — продольное действие частицы. Действием в механике называется суммарная энергия, потраченная на осуществление какого-нибудь

процесса (например, процесса движения) в течение определенного интервала времени. Если $\langle v_{\parallel} \rangle$ — средняя скорость движения заряженной частицы вдоль магнитной силовой линии в течение периода колебаний частицы между магнитными пробками T_k , то соответствующее продольное (вдоль линии) действие можно записать так:

$$J = \frac{m \langle v_{\parallel} \rangle^2}{2} T_k.$$

В аксиально-симметричной магнитной ловушке частица движется таким образом, что изменение напряженности магнитного поля вдоль траектории перпендикулярного силовой линии дрейфа всегда равно нулю (если $\mu = \text{const}$). При этом условии J является адиабатическим инвариантом, который иногда называют долготным инвариантом движения частицы. Если ловушка не полностью аксиально-симметрична, но отклонения от аксиальной симметрии невелики, то адиабатическая инвариантность J не нарушается.

Рис. 12. Движение заряженной частицы в дипольном магнитном поле. S — дуга силовой линии; μ — магнитный момент; Φ — магнитный поток через сечение дрейфовой поверхности экваториальной плоскостью



Условие $J = \text{const}$ в стационарном магнитном поле (при условии, что $\mu = \text{const}$) полностью определяет расстояние от оси ловушки замкнутой поверхности дрейфового вращения частицы. В то же время адиабатическая инвариантность μ определяет только поверхности зеркальных точек данной частицы. Если $\mu = \text{const}$, а $J \neq \text{const}$, то частица может, в принципе, уйти из ловушки вследствие дрейфа.

Все сказанное относится к стационарному магнитному полю. Если поле медленно изменяется во времени, так что его относительное изменение незначительно за время T_c , то μ по-прежнему является адиабатическим инвариантом. Аналогичное, но более жесткое условие, заключающееся в незначительном изменении поля за время периода колебаний между магнитными пробками $T_k > T_c$, требует адиабатическая инвариантность J . Однако условия $\mu = \text{const}$ и $J = \text{const}$ в нестационарной магнитной ловушке уже не достаточны для определения ограниченной поверхности движения. Более того, эта поверхность может быть не замкнутой и не ограниченной, если не соблюдается постоянство магнитного потока Φ через ее поперечное сечение (см. рис. 12). Таким образом, в нестационар-

ном магнитном поле для удержания заряженной частицы необходима адиабатическая инвариантность полного магнитного потока через поперечное сечение дрейфовой поверхности. Условие адиабатической инвариантности Φ (третий адиабатический инвариант) — незначительность изменения магнитного поля за время одного дрейфового оборота частицы вокруг оси ловушки.

Из сказанного выше ясно, что геомагнитная ловушка относится к числу далеко не элементарных ловушек заряженных частиц. Поэтому построение теории этой ловушки на базе грандиозного эксперимента, поставленного самой природой, представляет большой интерес не только с точки зрения геофизики, но и с точки зрения теории плазмы и управляемых термоядерных реакций. Отметим, например, что теория второго и третьего адиабатических инвариантов движения частицы была развита именно в приложении к геомагнитной ловушке.

После этого краткого введения рассмотрим структуру радиационного пояса Земли.

Структура радиационного пояса

Под структурой радиационного пояса подразумеваются форма, размеры и пространственное положение геомагнитной ловушки, а также распределение внутри ловушки основных компонент захваченного корпускулярного излучения — протонов и электронов. Некоторое время считалось, что существуют независимые друг от друга «внутренний» и «внешний» радиационные пояса Земли. К этому выводу приводили измерения на первых космических ракетах, согласно которым «внешний» и «внутренний» пояса разделялись зоной относительного минимума интенсивности потоков частиц. В дальнейшем выяснилось, что эта зона заполнена весьма интенсивными потоками заряженных частиц, средняя энергия которых меньше, чем средняя энергия частиц «внутреннего» пояса, и больше, чем средняя энергия частиц «внешнего» пояса. Таким образом, радиационный пояс Земли представляет собой единое образование. Отметим также, что в различных областях геомагнитной ловушки, по-видимому, будут доминировать определенные, характерные для этих областей, механизмы рождения частиц. Однако это не исключает возмож-

ности присутствия в тех же областях заряженных частиц, возникших другим путем.

Каковы же современные представления о структуре радиационного пояса Земли? Внутренняя (ближайшая к Земле) граница геомагнитной ловушки в экваториальной плоскости проходит на высоте около 600 км в западном и на высоте 1600 км в восточном полушарии (рис. 13). С увеличением широты эта граница понижается и на широтах $\pm 65^\circ$ достигает высоты около 100 км. Внешняя граница начинается на широте $\pm 65^\circ$, причем ее расстояние от центра Земли увеличивается с уменьшением широты. На дневной стороне в экваториальной области внешняя граница геомагнитной ловушки совпадает с границей магнитосферы ($R = 10 a$), а на ночной стороне проходит значительно ниже ($R = 8 a$), где a — радиус Земли.

Разница в высоте внутренней границы ловушки в западном и восточном полушариях связана с неоднородной намагниченностью земного шара, из-за которой центр магнитного диполя смещен относительно центра Земли в сторону восточного полушария на 440 км.

Разница в экваториальных расстояниях внешней границы на дневной и ночной сторонах Земли объясняется более сложными причинами.

В разделе «Магнитосфера» уже говорилось о том, что напряженность геомагнитного поля на дневной стороне, начиная с некоторого расстояния, существенно превышает напряженность поля на ночной стороне. Вследствие сохранения долгого инварианта заряженные частицы должны дрейфовать по поверхности, пересекающей экваториальную плоскость вдоль линии равной напряженности магнитного поля. Действительно, условие сохранения адиабатического инварианта J требует, чтобы средняя напряженность магнитного поля не изменялась вдоль траектории дрейфа. В случае, когда J нарушается, частица уходит из ловушки. Следовательно, частицы, удерживаемые геомагнитной ловушкой, должны на ночной стороне приближаться, а на дневной — удаляться от Земли, чтобы их траектории проходили через области магнитного поля одинаковой напряженности. Отметим также, что внутри геомагнитной ловушки пространственное распределение уловленных заряженных частиц определяется формой магнитных силовых линий, вдоль которых эти частицы движутся.

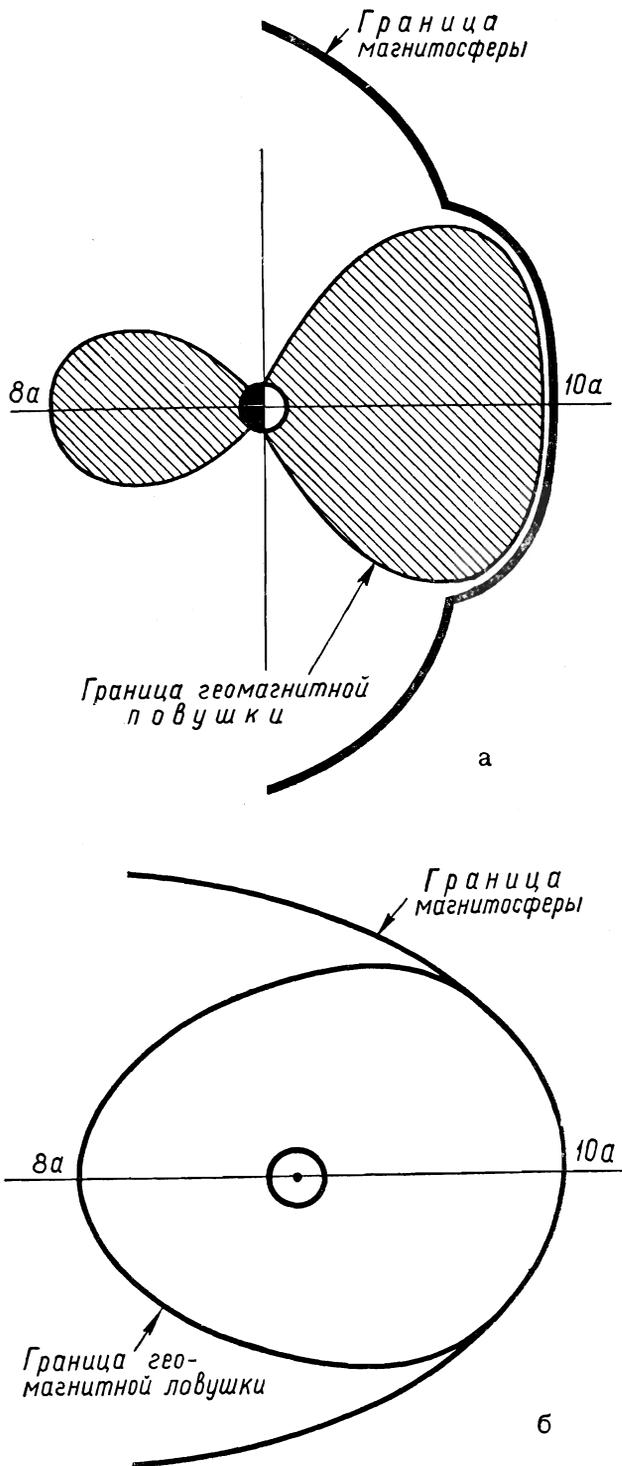


Рис. 13. Граница геомагнитной ловушки. *а* — меридиональное сечение; *б* — экваториальное сечение

Согласно имеющимся экспериментальным данным, наиболее интенсивная компонента энергичных частиц во внутренней области геомагнитной ловушки — потоки электронов. Интенсивность потоков электронов с энергией большей 600 кэВ достигает $10^8 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$, а электронов с энергией больше 20 кэВ — $10^9 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. В этой же области потоки протонов с энергией больше 43 МэВ обладают интенсивностью $2 \cdot 10^4 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$.

В области $R \approx 2a$ геомагнитное поле достаточно хорошо совпадает с полем магнитного диполя. Линии равной интенсивности потоков частиц также совпадают по форме с дипольными магнитными силовыми линиями.

Как известно, дипольная силовая линия, пересекающая экваториальную плоскость на некотором расстоянии R_0 от центра Земли, встречается с поверхностью Земли на геомагнитной широте Φ_0 , определяемой соотношением

$\cos \Phi_0 = \sqrt{\frac{a}{R_0}}$. Поэтому протяженность внутренней области геомагнитной ловушки ограничена не только по высоте, но и по широте. Для $R_0 = 2a$, $\Phi_0 \approx 40^\circ$.

Внешняя область геомагнитной ловушки ($R_0 > 2a$) имеет два максимума интенсивности заряженных частиц. Первый максимум расположен на расстоянии $3a$ от центра Земли и образован уловленными протонами в интервале энергий от 150 кэВ до $4,5 \text{ МэВ}$. Этот максимум интенсивности был открыт в 1962 г. американскими исследователями Девисом и Уильямсоном в результате измерений на искусственном спутнике «Эксплорер-12». Интенсивности потоков протонов в области $R_0 = 3a$ достигают $7 \cdot 10^8 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. Такие потоки протонов могут существенно изменять удерживающее их магнитное поле, так как их давление близко к давлению поля.

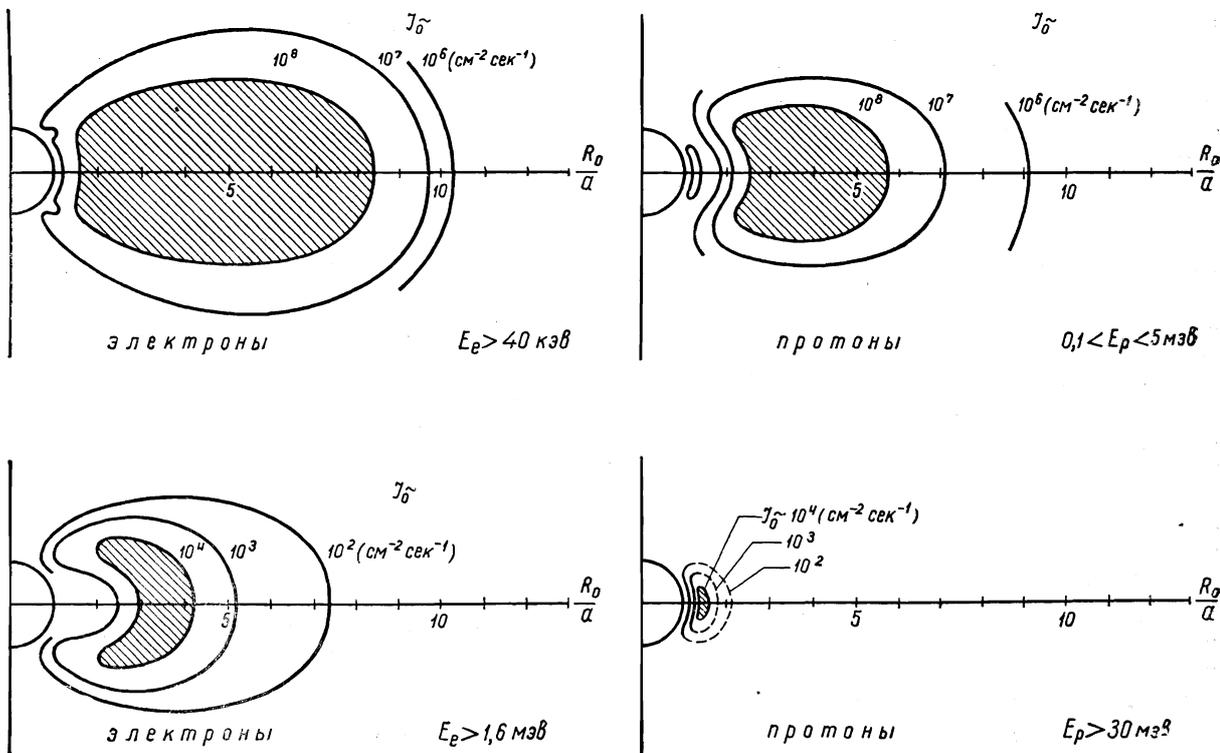
Еще выше в области $R_0 = 4,5 a$ расположен второй максимум корпускулярного излучения, образованный интенсивными потоками уловленных электронов с энергией от десятков килоэлектронвольт до нескольких мегаэлектронвольт. Интенсивность потоков электронов с энергией более 40 кэВ составляет в этой области $10^8 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. На рис. 14 показано распределение интенсивности потоков заряженных частиц в радиационном поясе на дневной стороне магнитосферы. Распределение интенсивности на ночной сто-

роне имеет аналогичный характер. Однако вследствие отличия поля ночной от поля дневной стороны магнитосферы, интенсивности потоков частиц на ночной стороне несколько меньше. Зоны максимумов на ночной стороне расположены ближе к Земле. Из рис. 14 видно, что существует один сплошной пояс заряженных частиц, уловленных геомагнитной ловушкой, хотя структура этого пояса является сложной.

Что происходит во время магнитной бури?

Во время первой фазы магнитной бури, когда напряженность магнитного поля возрастает вследствие сжатия геомагнитной ловушки, зеркальные точки частиц радиационного пояса повышаются. Это повышение связано с тем, что возрастающей напряженности поля при сохранении магнитного момента частицы должно соответствовать увеличение

Рис. 14. Распределение интенсивности потоков электронов и протонов в радиационном поясе Земли



скорости v_{\perp} . Если v_{\perp} возрастает, то pitch-угол частицы также растет, а следовательно, отражение заряженной частицы должно происходить на больших высотах, чем в невозмущенном поле. Одновременно с повышением зеркальных точек, вследствие сжатия поля, зоны максимумов частиц приближаются к Земле (рис. 15, а).

Таким образом, в первую фазу магнитной бури основная масса частиц во внешней области сконцентрирована около экватора. Во время главной фазы бури наблюдается обратная картина. Согласно точке зрения авторов данной статьи на динамику магнитосферы во время магнитной бури, изложенной в разделе «Магнитосфера», уменьшение напряженности магнитного поля в главную фазу вызывается дрейфовым током солнечных частиц, прорвавшихся в пограничные области геомагнитной ловушки через нейтральные точки. Вследствие уменьшения поля геомагнитной ловушки зеркальные точки частиц радиационного пояса понижаются.

В результате этого понижения большинство частиц оказывается в плотных нижних слоях атмосферы и «погибает» там. Одновременно частицы солнечных потоков могут

все дальше проникать в глубь ловушки, так как боковое (со стороны высоких широт) давление поля ловушки в главную фазу значительно уменьшается. Отметим также, что уменьшение бокового давления геомагнитного поля приводит к выпрямлению силовых линий в пограничной области ловушки (рис. 15, б). Это позволяет внешним заряженным частицам проникать в геомагнитную ловушку на большую глубину, так как чем прямее силовая линия, тем меньше изменяется напряженность магнитного поля вдоль линии и тем ниже точки отражения частиц.

Экспериментальные измерения, проведенные во внешней области во время бурь с помощью многих американских и советских искусственных спутников Земли, в общем, соответствуют рассмотренной выше картине поведения частиц в геомагнитной ловушке во время магнитной бури, хотя детальная картина этого поведения гораздо сложнее и зависит от характера развития каждой конкретной магнитной бури и от областей, в которых проводились измерения.

Рассмотрим основные теоретические представления о происхождении радиационного пояса Земли.

Гипотеза нейтронного альbedo

Одним из эффектов взаимодействия космических лучей с земной атмосферой является возникновение нейтронов, уходящих из атмосферы в космическое пространство (эффект нейтронного альbedo). Поскольку нейтроны — незаряженные частицы, то они беспрепятственно пересекают геомагнитное поле. Однако во время своего движения через магнитное поле Земли нейтроны распадаются, порождая заряженные частицы — протоны и электроны. Если распад произошел внутри геомагнитной ловушки, то частицы вторичного космического излучения — протоны и электроны — захватываются полем. Эти частицы, захваченные полем геомагнитной ловушки, должны увеличивать общую интенсивность космических лучей в окрестностях Земли.

Эффект возрастания интенсивности космического излучения вследствие нейтронного альbedo теоретически рассматривался еще до экспериментального открытия радиационных поясов. Одной из целей исследований на первых искусственных спутниках Земли было

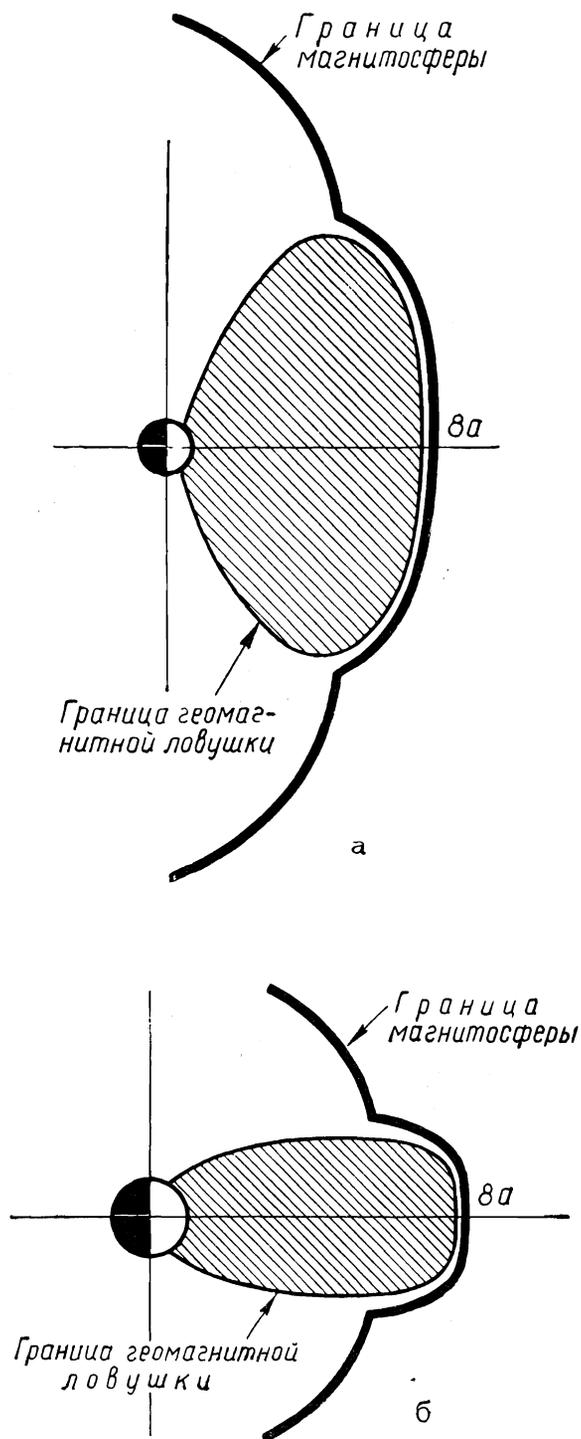


Рис. 15. Граница геомагнитной ловушки: а — во время первой фазы магнитной бури; б — во время главной фазы бури

измерение возрастания интенсивности космических лучей с высотой. Однако никто из ученых, проводивших измерения с помощью спутников, не ожидал, что эффект этого возрастания будет столь большим.

Первые измерения на втором советском искусственном спутнике в ноябре 1957 г. показали, что интенсивность корпускулярного излучения в окрестностях Земли на высотах 500—700 км по крайней мере в полтора раза выше предполагавшейся. Измерения на третьем советском спутнике отчетливо выявили в окрестностях Земли мощные потоки частиц относительно небольшой энергии (около 100 кэв). Отметим, что советские спутники двигались в области больших широт. Их орбиты достигали $\pm 65^\circ$ широты.

Американские искусственные спутники Земли «Эксплорер-1» и «Эксплорер-3» двигались в области значительно более низких широт. Их орбиты достигали $\pm 35^\circ$. Первые измерения американских спутников показали, что интенсивность корпускулярного излучения в области, близкой к экватору, и начиная с высот около 500 км, в 1000 раз больше предполагаемой. Как известно, эти измерения на советских и американских спутниках послужили экспериментальной основой открытия радиационного пояса Земли.

Поскольку теория эффекта нейтронного альbedo в физике космических лучей была достаточно хорошо разработана, то одной из первых гипотез происхождения радиационного пояса стала гипотеза нейтронного альbedo. Однако уже из первых измерений выяснилось, что гипотеза нейтронного альbedo может объяснить происхождение только сравнительно небольшой части корпускулярного излучения, захваченного геомагнитной ловушкой. Основным вклад частицы нейтронного альbedo дают, по-видимому, в низкоширотной области ловушки для расстояний от центра Земли $R < 2a$. Однако даже для объяснения существующих в этой области интенсивных потоков протонов высокой энергии (10—100 Мэв) гипотеза требует очень большого времени жизни протонов. Что же касается интенсивности потоков электронов, особенно с энергией около 500 кэв, и низкоэнергичной компоненты протонного излучения (меньше 10 Мэв), то гипотеза нейтронного альbedo не может объяснить появление имеющихся во внутренней области интенсивных потоков частиц этих энергий. Особенно трудно объяснить с точки зрения нейтронного

альbedo вариации этих потоков во времени.

Большие интенсивности потоков относительно низкоэнергичных заряженных частиц во внешней области геомагнитной ловушки сразу же навели на мысль, что частицы в этой области иного происхождения, чем частицы внутренней области. Было высказано предположение, что эти частицы солнечного происхождения. Однако механизм инжекции заряженных частиц солнечных потоков в геомагнитную ловушку был неясен. В то же время уже на первых этапах изучения радиационного пояса считалось, что наиболее благоприятные условия для такой инжекции должны быть во время магнитных бурь.

Новая гипотеза

происхождения радиального пояса земли

Таким образом, гипотеза нейтронного альbedo не может объяснить происхождение большей части заряженных частиц, заполняющих геомагнитную ловушку. Гораздо более мощным механизмом «рождения» частиц радиационного пояса, с нашей точки зрения, является механизм прорыва частиц солнечного потока в ловушку во время магнитной бури. Предположения о возможности такого прорыва и одновременного ускорения солнечных частиц до энергий, наблюдающихся в поясе, высказывались уже на первых этапах исследования радиационного пояса. Однако теория прорыва долгое время не разрабатывалась вследствие ряда причин, основными из которых были чрезмерное увлечение гипотезой нейтронного альbedo и отсутствие достаточного количества экспериментальных данных о динамических процессах, протекающих в магнитосфере Земли. Только в последнее время в результате интенсивного изучения околоземного космического пространства стало возможным создание такой теории.

Перейдем к изложению гипотезы происхождения радиационного пояса, разработанной авторами данной статьи.

Эта гипотеза основывается на возможности прорыва солнечных частиц в геомагнитную ловушку в главную фазу магнитной бури, захвата их и одновременного ускорения в обратную фазу. Выше уже было сказано о механизме прорыва частиц солнечных потоков в геомагнитную ловушку. Пе-

рейдем к рассмотрению процесса ускорения и захвата этих частиц в обратную фазу магнитной бури. Частицы как в солнечном потоке, так и на границе магнитосферы обладают значительно меньшей энергией, чем частицы радиационного пояса. В то же время, если магнитное поле возрастает, то энергия частицы увеличивается. Ускорение заряженной частицы в изменяющемся со временем магнитном поле связано с появлением вихревых электрических полей, которые направлены перпендикулярно магнитному полю, т. е. в плоскости ларморовского вращения частицы. Если магнитное поле возрастает, то электрическое поле направлено так, что положительная частица движется вследствие ларморовского вращения по направлению этого поля, а отрицательная — против поля, т. е. частицы разного знака увеличивают свою энергию (рис. 16, а, б). Такое ускорение частиц в нестационарном магнитном поле получило название бетатронного ускорения. Именно такое ускорение прорвавшихся частиц имеет место в обратную фазу магнитной бури, когда напряженность геомагнитного поля растет. Поскольку в возрастающем во времени геомагнитном поле сохранение полного магнитного потока Φ требует приближения дрейфовой орбиты частицы к Земле, то одновременно с ускорением будут происходить дрейф в глубь геомагнитной ловушки и захват частиц.

В заключение отметим, что измерения на искусственных спутниках Земли во время магнитной бури хорошо подтверждают как прорыв низкоэнергичных заряженных частиц внутрь геомагнитной ловушки в главную фазу бури, так и их интенсивное ускорение в обратную фазу.

* * *

Мы видим, что вопросы происхождения радиационного пояса Земли, магнитных бурь

и полярных сияний тесно связаны между собой. Так, для объяснения механизма наполнения геомагнитной ловушки частицами высокой энергии необходимы знания о потоках низкоэнергичной солнечной плазмы на границе магнитосферы, о форме границы магнитосферы, о токах, вызывающих магнитные бури, и о вариациях геомагнитного поля. Все эти процессы не могут быть поняты в отрыве друг от друга. Рассмотрение комплекса геофизических явлений, происходящих в околоземном космическом пространстве, как единого целого позволяет назвать этот комплекс явлений динамикой геомагнитной ловушки.

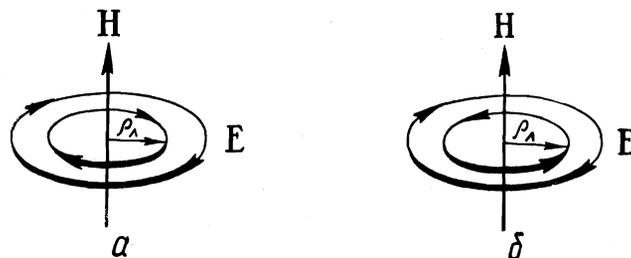


Рис. 16. Бетатронное ускорение: а — протонов; б — электронов. E — вихревое электрическое поле

Сейчас широко обсуждается вопрос о возможности существования радиационных поясов вокруг других планет. Экспериментально не удалось обнаружить такие пояса у Луны и Венеры. Видимо, эти небесные тела имеют весьма слабое магнитное поле. В то же время, данные радиоастрономии свидетельствуют, что Юпитер обладает более мощным радиационным поясом, чем Земля. Несомненно, дальнейшее экспериментальное исследование космоса и планет потребует развития детальной теории явлений, рассмотренных в этой статье.



ПОЛЕТ «ДЖЕМИНАЙ 4»

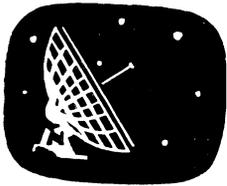
3 июня 1965 г. был запущен американский космический корабль «Джеминай-4» с космонавтами Эдвардом Уайтом и Джейм-

сом Макдивиттом на борту. На третьем витке Уайт осуществил успешный выход из корабля-спутника в космическое пространство, где пробыл около 20 минут. Таким образом, через два с половиной месяца американским космонавтам удалось повторить эксперимент советских космонавтов П. И. Беляева и А. А. Леонова.

В программе полета «Джеми-

най-4» предусматривалось сближение на орбите корабля-спутника со второй ступенью ракеты-носителя. Однако полностью этот эксперимент осуществить не удалось.

7 июня, после 97 часов 57 минут полета, «Джеминай-4» приводнился в Атлантическом океане к югу от Бермудских островов. Через 40 минут космонавты были подобраны вертолетом.



ПОИСКИ КВАРКОВ

В последнее время физики все больше проникаются уверенностью в том, что все многочисленнее, известные науке элементарные частицы, обладающие ядерным зарядом, построены всего из трех сортов «супер»-элементарных частиц, называемых кварками. Три кварка, образующие частицу, связаны чрезвычайно прочно и нужны колоссальные энергии, чтобы разбить частицу на составляющие ее кварки. Вот почему в обычных условиях кварки не наблюдаются.

В мае 1965 г. на сессии отделения общей и прикладной физики Академии наук СССР в докладе академика Я. Б. Зельдовича и профессоров Л. Б. Окуня и С. Б. Пикельнера было подсчитано, что в водах Мирового океана на 10^{19} нуклонов (ядерных частиц) должен быть только один свободный кварк, возникший благодаря действию космических лучей на атмосферу Земли.

Возможно, что гораздо больше кварков осталось в веществе как остаток от того состояния, когда все вещество Метагалактики около 10^{10} лет назад было в сверхплотном состоянии, и кварки не были объединены в частицы. В докладе и дискуссии были высказаны соображения о методах поисков изолированных кварков, хотя их концентрация в веществе сейчас и ничтожно мала.

В частности, интересны соображения о том, что в бурных нестационарных процессах в космосе, например, в сверхзвездах, где вероятно возникают элементарные частицы высоких энергий, возможно образование значительного числа изолированных кварков. Вместе с электроном кварк может образовать «атом», подобный водородному.

Следует пытаться обнаружить в спектрах взрывающихся небес-

ных тел линии, принадлежащие такому «атому».

Обнаружение кварков сейчас — одна из важнейших задач физики элементарных частиц.

НОВЫЕ ИМЕНА МАЛЫХ ПЛАНЕТ

Малых планет (астероидов) насчитывается 1650, но лишь первые 1350 все подряд имеют собственные имена. Дальше вперемежку с именами попадаются предварительные обозначения, вроде 1935 GK или 1940 QA. Здесь число обозначает год открытия, буквы — порядок открытия в данном году.

За последнее время многим из «безымянных» малых планет присвоены собственные имена. Право дать имя принадлежит астроному, открывшему планету, но окончательно имена присваивает Международный астрономический союз.

Вот некоторые из новых имен малых планет: 1379 Ломоносова, 1403 Идельсония (в честь известного советского астронома Н. И. Идельсона), 1448 Линдбладия (в честь шведского астронома Б. Линдблада), 1492 Опольцер (в честь немецкого астронома, составителя «Канона затмений»), 1544 Винтерханзеня (в честь датской женщины-астронома Юлии Винтерханзен), 1551 Аргеландер (в честь немецкого астронома XIX века, составителя знаменитого «Болнского обозрения неба»), 1552 Бессель (в честь известного немецкого астронома, определившего одним из первых расстояния до звезд), 1553 Бауэрфельда (в честь изобретателя оптического планетария, выпускаемого фирмой Цейсс), 1573 Вайсала (в честь финского ученого — ловца малых планет), 1590 Циолковская (в честь основоположника космонавтики).

Другая группа малых планет получила имена в честь обсерваторий, стран и городов. Среди них 1373 Пинциннати (обсерватория в США, центр службы малых планет), 1432 Эфиопия, 1490 Лимпопо, 1496 Турку (обсерватория в Финляндии), 1517 Белград, 1541 Эстония, 1554 Югославия, 1572 Познания (в честь польского города Познань, где имеется обсерватория). Планета 1550 названа Тито в честь Иосипа Броз-Тито. Планета 1421 получила имя Эсперанто.

Но многие малые планеты получили имена, которые на первый взгляд ничего не означают. Таковы, например, 1360 Тарка, 1394 Альгоа, 1397 Умтата, 1427 Рувума, 1451 Грано, 1483 Хакойла, 1506 Ксоза и многие другие. Как знать, может быть для открывших эти планеты подобные названия и имеют глубокий смысл или связаны с дорогими воспоминаниями? В астрономии, как и в географии, право первооткрывателя давать названия открытым объектам — закон.

ТРОЙНАЯ ЗВЕЗДА

Астроном Уоллес Р. Бердсли из Аллеганской обсерватории Питтсбургского университета (США) обнаружил, что звезда Мицар В является тройной. По его наблюдениям, два отдельных небесных тела, составляющих ее, вращаются вокруг общего центра с периодом равным 182 суткам, третья же звезда обращается вокруг них обеих с периодом 1350 суток.

Звезда Мицар известна с древнейших времен: она находится в центре «рукоятки» ковша Большой Медведицы, и способность невооруженным глазом отличить ее от соседней с ней звезды Алькор служила у многих народов традиционным способом для определения нормального зрения. Тот факт, что Мицар состоит из двух звезд — А и В, известен уже ряд лет. Известно было также, что Мицар А — двойное небесное тело. Сообщение о том, что Мицар В — тройная звезда, опубликовано в журнале «Sky and Telescope» (28, 1964, 131).



Взглянув на небо, Вы заметили, что Луна выглядит так: ☾. Если бы в этот момент на Луне находился космонавт, то какой бы он видел Землю?

(Ответ на стр. 48)



Какой материк находится одновременно в двух полушариях, причем в каждом из них располагается целиком?

(Ответ на стр. 69)

СПИРАЛЬНЫЕ ВЕТВИ ГАЛАКТИК И ИХ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

С. В. ПИКЕЛЬНЕР,
профессор

ПОДСИСТЕМЫ ГАЛАКТИК

Спиральные галактики — наиболее интересный тип галактик. Входящие в них различные подсистемы отличаются характером движения звезд, распределением их в пространстве и главными свойствами самих звезд. В последнее время в нашей Галактике условно выделено пять основных подсистем: сферическая, промежуточная II, диск, старая плоская и плоская. Большая часть массы Галактики сосредоточена в диске и промежуточной II, толщина которых соответственно равна примерно 700 и 1400 пс. Толщина сферической подсистемы, включающей примерно четверть массы Галактики, около 4000 пс. Масса плоской подсистемы около 2% массы Галактики, толщина ее около 300 пс, причем она увеличивается с удалением от центра.

Подсистемы различаются прежде всего диаграммами Герцшпрунга — Рессела, построенными для составляющих их звезд. В статье Ю. Н. Ефремова («Земля и Вселенная», № 2, 1965) это показано на примере шаровых и галактических скоплений. Отсутствие горячих звезд в шаровых скоплениях говорит о большом их возрасте и о том, что звездообразование в них прекратилось более 10 млрд. лет назад. Наличие же горячих звезд в плоской подсистеме и, в частности, в галактических скоплениях, свидетельствует о том, что звездообразование там продолжается и в настоящее время. Чем более тонка подсистема, тем она моложе. Плоская подсистема, в отличие от остальных, состоит в основном из газа. Помимо газа плоская подсистема включает недавно образовавшиеся звезды с возрастом менее 100 млн. лет.

Кроме возрастных между диаграммами разных подсистем имеются и более тонкие

различия. Они связаны с химическим составом. Чем старше подсистема, тем меньше в ней тяжелых (по сравнению с водородом и гелием) элементов. В самых старых звездах содержание этих элементов в 100—200 раз меньше, чем в Солнце.

Все эти различия объясняются теперь в рамках единой картины образования Галактики из первичного метагалактического газа.

Об этом рассказано в докладе Я. Оорта («Земля и Вселенная», № 2, 3, 1965 г.). Здесь отметим только основные положения, необходимые для дальнейшего изложения.

Протогалактика представляла собой протяженное медленно вращающееся облако газа. Оно сжималось гравитацией, причем медленное вращение почти не влияло на характер сжатия. Звезды, образовавшиеся в это время, сохранили почти радиальное движение, их орбиты сильно вытянуты. У этих звезд очень низкое содержание тяжелых элементов. Некоторые из звезд имели большую массу, быстро эволюционировали и к концу своей жизни превращались в сверхновые. Мощный взрыв, механизм которого до сих пор еще окончательно не выяснен, сопровождался появлением релятивистских частиц, движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Одновременно шли ядерные реакции с образованием тяжелых элементов, которые выбрасывались взрывом в окружающую среду и постепенно изменяли ее химический состав.

По мере сжатия облако вращалось все быстрее, так как угловой момент газа сохранялся, а радиус уменьшался. Поэтому на втором этапе сжатия происходило в основном в плоскости галактики, и облако постепенно приняло форму диска. В это время образовывались звезды промежуточных подсистем. Таким образом, звезды каждой подсистемы отражают форму облака в тот период, когда они формировались из газа. Поскольку звезды движутся практически без трения, их распределение в пространстве сохраняется почти без изменений, тогда как движения газа посте-

Метагалактический газ — газ, заполняющий метагалактическое пространство. Метагалактика — гигантская система галактик, включающая в себя все наблюдаемые галактики и скопления галактик.

Протогалактика — облако диффузной материи, из которой образовалась наша Галактика.

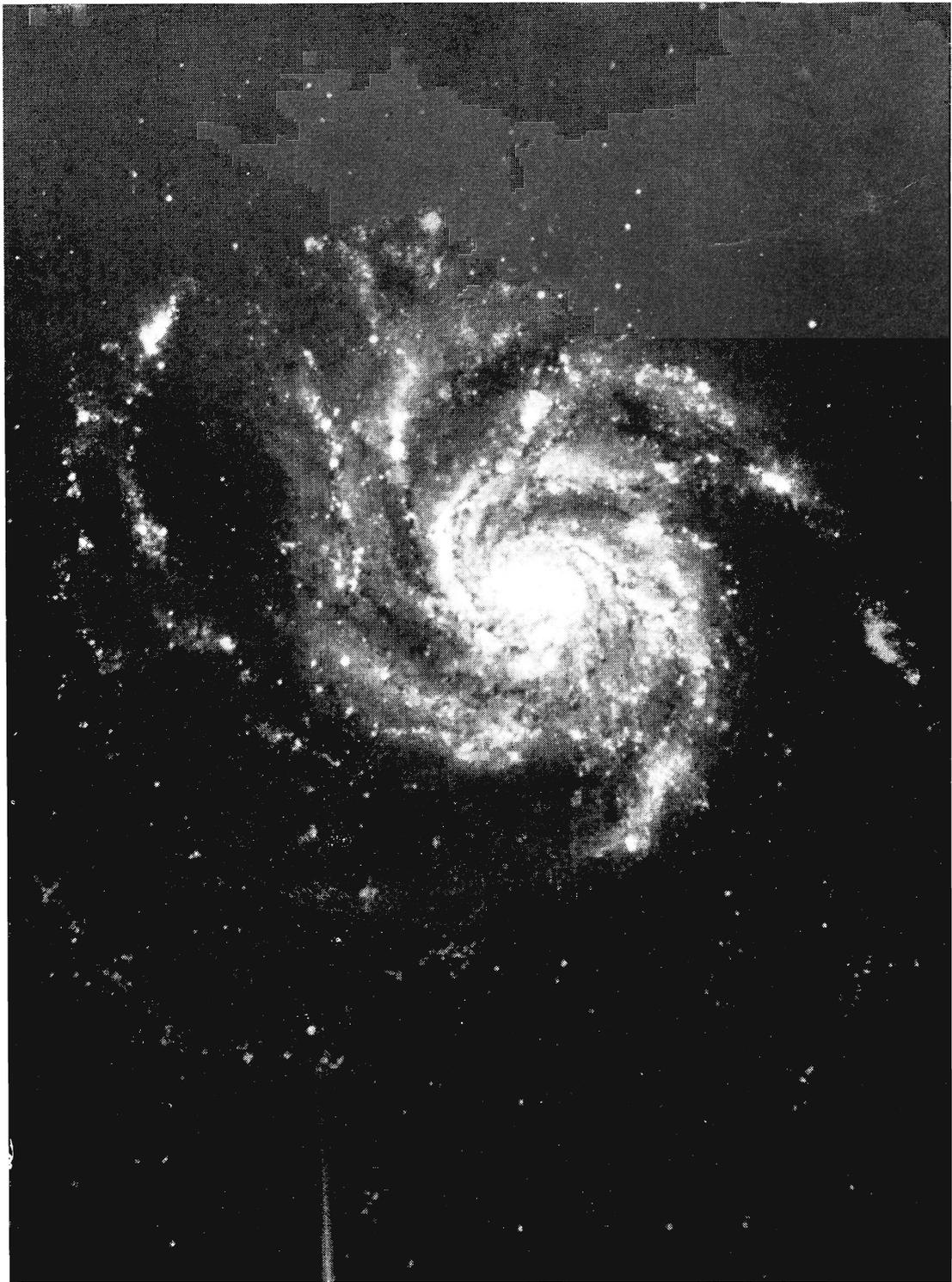


Рис. 1. Спиральная галактика в созвездии Большой Медведицы — NGC 5457
(к статье С. Б. Пикельнера).



Центральная часть скопления галактик в созвездии Геркулеса. Снимок получен на 200-дюймовом телескопе обсерватории Маунт Паломар

ленно тормозятся, и он концентрируется к плоскости Галактики. В настоящее время газ образует плоскую подсистему.

Процесс сжатия газа происходил довольно быстро. Например, превращение сферического облака в диск должно было занять менее 1 млрд. лет. Возникает вопрос: почему плоская подсистема не сжимается далее и не превращается при этом целиком в звезды? Заметим, что, например, в эллиптических галактиках, где вращение мало и газ сжимался в основном к центру, он практически весь превратился в звезды. Что же предотвращает дальнейшее сжатие газа к плоскости Галактики? Одной из причин этого могли бы быть движения газа. Хотя энергия его движения довольно быстро превращается в теплоту, существуют источники энергии, поддерживающие движения. Таковы, например, горячие звезды. Они ионизируют и нагревают вокруг себя газ, давление которого при этом увеличивается в 100—200 раз. Горячий газ расширяется и приводит в движение окружающие облака. Однако движений недостаточно, чтобы сохранить плоскую подсистему и не дать ей сконденсироваться.

Основная причина сохранения газа в Галактике — магнитное поле. Упругость магнитных силовых линий противодействует гравитации и определяет сравнительно большую толщину плоской подсистемы. Рассмотрим поэтому более подробно те факты, которые доказывают существование поля в Галактике и дают сведения о его структуре. Для этого прежде всего остановимся на строении самой плоской подсистемы.

Казалось бы, плоская подсистема должна иметь вид тонкого диска, вложенного в более толстые диски других подсистем. На самом деле, это не диск, а спиральные ветви, принадлежащие нейтральному водороду нашей Галактики и обнаруженные по наблюдениям радиолинии 21 см. Подобные ветви легко заметить в других спиральных галактиках (рис. 1, на вклейке). Хотя в ветвях сосредоточена малая часть массы галактик, они хорошо видны на фотографиях благодаря молодым горячим звездам, яркость которых во много тысяч раз больше яркости обычных звезд. Иногда газово-пылевые облака межзвездного газа, сосредоточенные в рукавах создают такое сильное поглощение, что ветви, кажутся не светлыми образованиями, а темными полосами на фоне более светлой

части галактики. В спиральных ветвях заключена основная часть массы газа, между ними плотность значительно меньше.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СПИРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

Многочисленные наблюдения показывают, что в рукавах имеется магнитное поле. Оно обнаружено, например, по эффекту Зеемана в линии 21 см. Известно, что линии атомов, находящихся в магнитном поле, расщеплены на поляризованные компоненты. В простейшем случае при наблюдении вдоль магнитного поля линия расщепляется на два компонента, причем расщепление пропорционально напряженности поля, точнее, его проекции на луч зрения. Напряженность межзвездного поля мала, поэтому расщепление ничтожно, и обнаружить его очень трудно. Несколько легче обнаружить его в спектре яркого радиоисточника, излучение которого проходит через газ с полем. При этом газ дает линию поглощения, и поскольку яркость источника гораздо больше яркости светящегося газа, измерения облегчаются. В настоящее время поле можно измерить только в тех газовых облаках, которые проектируются на яркий источник.

Ярких источников вблизи галактической плоскости немного. На рис. 2 схематически показаны спиральные ветви около Солнца, облака в них, которые проектируются на радиоисточники (белые кружки), и сами радиоисточники (черные кружки). Английские радиоастрономы с помощью 76-метрового радиотелескопа станции Джодрелл-Бэнк, измерили магнитное поле в направлении всех указанных источников. В большинстве случаев результаты оказались в пределах ошибок измерений, т. е. весьма ненадежными. Этому способствовало еще и то, что измеряется только продольная составляющая поля, которая мала, когда рукав приблизительно перпендикулярен лучу зрения. Однако в некоторых направлениях наблюдения уверенно показали наличие поля. Например, в Персеевом рукаве в направлении на Кассиопею $A_{H\parallel} \approx -6,7 \cdot 10^{-6}$ э, в Орионовом рукаве в направлении на Телец $A_{H\parallel} \approx +6,4 \cdot 10^{-6}$ э. В то же время средняя ошибка равна $(3 \div 4) \cdot 10^{-6}$ э.

Эффект Зеемана — расщепление спектральных линий атомов, находящихся в магнитном поле

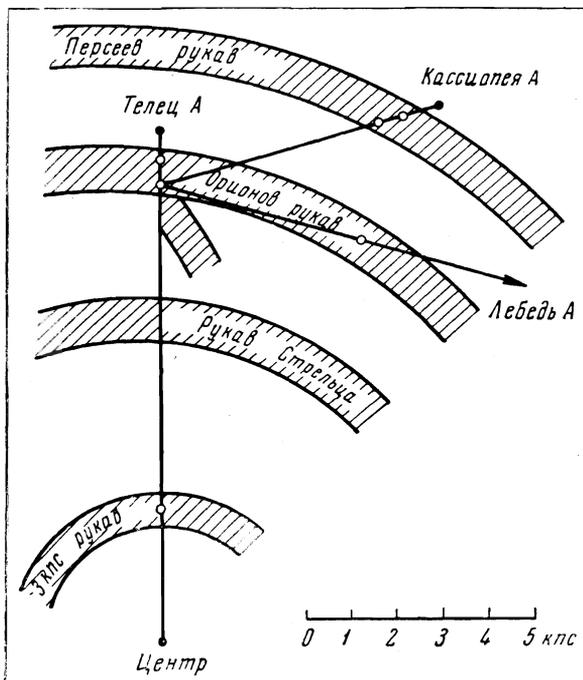


Рис. 2. Расположение спиральных рукавов Галактики, облаков газа и радиоисточников, использованных для измерения магнитного поля

Еще до непосредственных измерений существование поля Галактики было доказано несколькими независимыми методами. Один из них основан на радиоизлучении. Большая часть радиоизлучения Галактики образуется релятивистскими электронами, движущимися в магнитных полях. Это излучение отличается от теплового радиоизлучения облаков ионизованного водорода спектром и некоторыми другими особенностями, например поляризацией. Поэтому его довольно легко выделить. Оказалось, что нетепловое радиоизлучение особенно сильно в спиральных ветвях, хотя имеется и вне их, и даже вне диска Галактики. Релятивистские электроны — составная часть космических лучей, они были обнаружены и непосредственно. А их излучение доказывает, что в Галактике, и особенно в рукавах, есть магнитное поле, с напряженностью около 10^{-5} э.

Эффект Зеемана и радиоизлучение не дают сведений о структуре поля, о направлении силовых линий. Эти сведения получают

из наблюдения поляризации света звезд. Около 15 лет назад установили, что свет далеких звезд поляризован, причем степень поляризации зависит от покраснения звезды и от положения ее на небе. Это означало, что поляризация связана с межзвездным поглощением. Плоскость поляризации, т. е. направление преимущественных колебаний электрического вектора световой волны, обычно совпадает с направлением галактического экватора, хотя в некоторых местах есть заметные отклонения. Если нанести на график угол наклона плоскости поляризации θ как функцию галактической долготы звезды, то получится распределение, показанное на рис. 3. Как видим, точки в основном группируются около оси абсцисс, т. е. плоскость поляризации звезд, которые изображаются этими точками, примерно параллельна плоскости Галактики. Однако в некоторых направлениях, например, около галактических долгот $l \approx 80^\circ$ и $l \approx 20^\circ$, точки почти равномерно рассеяны по ординате, т. е. ориентация плоскости поляризации здесь хаотическая. Величина поляризации в этих участках неба меньше, чем в других местах Млечного Пути.

Межзвездная поляризация объясняется тем, что поглощающие пылинки имеют удлиненную форму и ориентированы магнитным полем. Они вращаются, как пропеллеры, вокруг короткой оси, направленной вдоль магнитного поля. Сбоку они кажутся вытянутыми палочками, ориентированными поперек магнитного поля. Такие пылинки сильнее поглощают свет, колебания которого направлены вдоль длинной оси. Поэтому в излучении далеких звезд эта компонента ослаблена, причем плоскость поляризации параллельна силовым линиям. Если же смотреть вдоль поля, то частицы хаотически ориентированы в картинной плоскости, и поляризации не должно быть. Поскольку силовые линии не совсем прямые, они не везде совпадают с лучом зрения даже и в этом случае. Поэтому здесь наблюдается небольшая поляризация, причем плоскость ее, определяемая случайными флуктуациями поля, ориентирована у разных звезд по-разному. Таким образом, можно сказать, что в направлениях $l \approx 70-80^\circ$ и $l \approx 15-25^\circ$ луч зрения направлен вдоль поля. В то же время на рис. 2 видно, что в первом случае луч зрения идет вдоль Орионова рукава. Во втором направлении рукава нет, но, как показал И. И. Проник, здесь

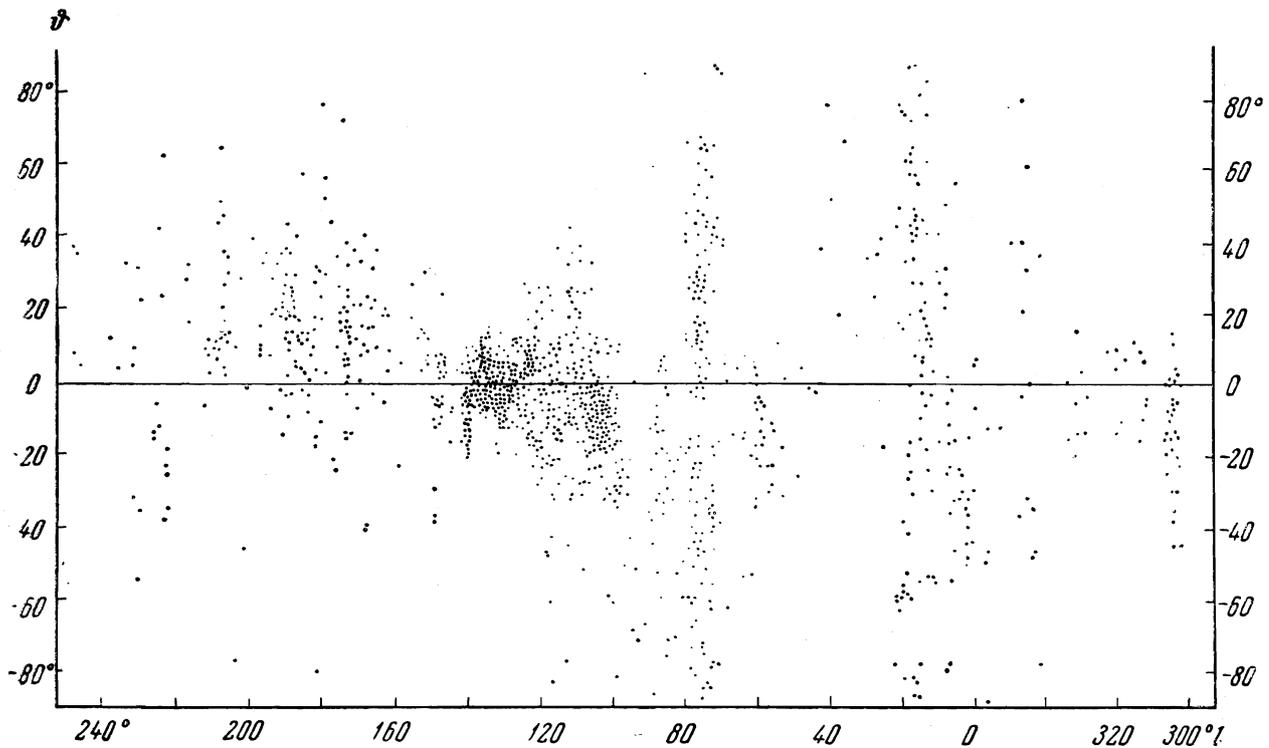
имеется перемычка между рукавами, содержащая много газово-пылевых облаков. Таким образом, поле направлено вдоль спиральных ветвей или сходных с ними образований. Это согласуется с теорией: рукав может быть устойчив только в том случае, если силовые линии идут вдоль него. Если же силовые линии пересекают рукав, то от рукава могут отделяться слои, включающие силовые линии, и он вскоре распадется на части.

Пыль, поляризующая свет звезд, сосредоточена главным образом в облаках. Поэтому поляризация говорит о наличии поля в облаках. О том, что поле есть и вне облаков, свидетельствует вид туманностей, особенно темных. Большая часть этих туманностей имеет вытянутую форму. Г. А. Шайн показал, что это результат расширения туманностей, находящихся в магнитном поле. Вдоль силовых линий расширение происходит без сопротивления, а расширение поперек линий тормозится.

Очень важные результаты, показывающие структуру поля в окрестностях Солнца, были

Рис. 3. Наклон электрического вектора поляризации к плоскости Галактики

получены недавно новым методом, основанным на вращении плоскости поляризации радиоизлучения в намагниченной плазме. Ранее было обнаружено, что излучение многих внегалактических радиоисточников линейно поляризовано. Такое излучение можно разложить на два циркулярно поляризованных. В каждом из них электрический вектор вращается по кругу, но в разные стороны. Результирующий вектор при этом колеблется по прямой, направление которой зависит от разности фаз круговых поляризаций. Скорость распространения право- и левополяризованных волн вдоль магнитного поля в плазме несколько различна, поэтому разность фаз их медленно изменяется. Вследствие этого вектор линейной поляризации поворачивается при движении волны. Величина поворота пропорциональна электронной концентрации, продольному компоненту напряженности поля, пути и квадрату длины волны. От этих величин зависит мера вращения, которую можно определить, измерив положение плоскости поляризации на двух разных волнах. Продольный компонент напряженности включает и знак, следовательно, по вращению



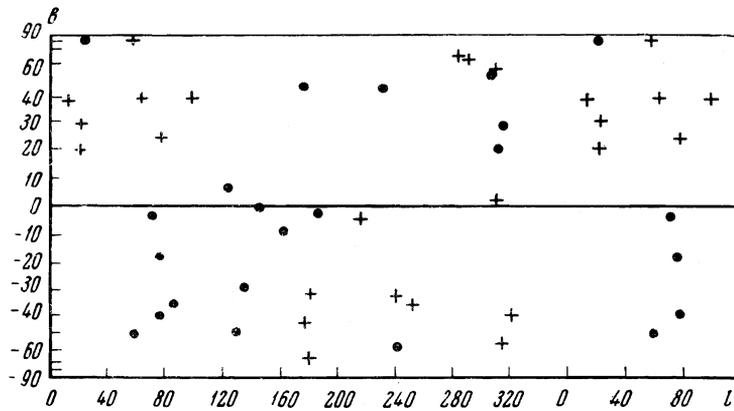


Рис. 4. Знак меры вращения плоскости поляризации радиоисточников

поляризации можно определить направление вектора напряженности магнитного поля.

Американские ученые Д. Моррис и Г. Бердж провели статистическое исследование всех источников с измеренной поляризацией. Таких источников оказалось 37. Для них была вычислена мера вращения. Выяснилось, что она приблизительно пропорциональна косекансу галактической широты. Это значит, что вращение происходит в плоском слое вблизи плоскости Галактики. Таким слоем может быть и спиральный рукав в окрестностях Солнца. На рис. 4 на карту нанесены источники поляризованного радиоизлучения. Точки и кресты указывают знак меры вращения (крест означает, что поле направлено от наблюдателя). Бросается в глаза асимметрия картины — знак поля в северном и южном полушариях противоположен. В северном полушарии поле направлено к $l \approx 250^\circ$, а в южном полушарии — к $l \approx 70^\circ$. Эти долготы совпадают с направлением рукава. Следовательно, силовые линии действительно направлены вдоль рукава, но в южной и в северной половинах рукавов их направление противоположно. Поэтому рукав нельзя считать простой трубкой силовых линий.

УСЛОВИЯ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПОЛЯРНОСТИ

Если поле по обе стороны галактической плоскости имеет разный знак, то где-то вблизи этой плоскости должна быть граница раздела — поверхность со своеобразными условиями, где напряженность равна нулю (рис. 5). Выше уже говорилось, что давление

поля противостоит тяжести, не давая рукаву сжаться. Однако на нейтральной поверхности напряженность равна нулю, и, следовательно, давление рукава сжимает эту область. Равновесие возможно только в том случае, если давление газа у нейтральной поверхности равно давлению поля в рукаве. Можно рассчитать, что при обычной температуре газа плотность его должна быть около 300 частиц в кубическом сантиметре, тогда как средняя плотность рукавов около 1 атома в кубическом сантиметре. Следовательно, газ у нейтральной поверхности должен быть сильно сжат, толщина слоя очень мала.

При обычных условиях можно считать, что газ и магнитное поле связаны — сжатие газа сопровождается сжатием пучка силовых линий, которые в нем находились. Это можно объяснить тем, что силовые линии сравнительно медленно движутся сквозь проводящую среду — частично ионизованный межзвездный газ. Если, однако, слой, в котором поле заметно изменяется, достаточно тонкий, то пренебрегать диффузией силовых линий сквозь газ уже нельзя. В нашем случае силовые линии, разделенные тонким слоем плотного газа, диффундируют сквозь этот слой и, сливаясь, уничтожаются, так как направления их противоположны. По мере уничтожения поля толщина слоя сжатого газа растет, к нему добавляется новый газ, лишившийся поля и сжатый внешним давлением. За 10 млрд. лет толщина сжатого слоя должна достигнуть примерно 0,2 *пс*. В этом слое газа, лишенном поля, могут образовываться межзвездные облака.

Нужно заметить, что мы до сих пор не знаем, почему основная часть межзвездного газа сосредоточена в облаках. Облака могли бы образоваться, например, из-за гравита-

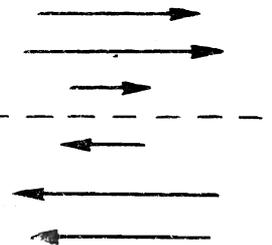


Рис. 5. Схема магнитного поля около границы раздела

ционной неустойчивости. Известно, что достаточно протяженная однородная среда разделяется на части, каждая из которых сжимается гравитацией. Размер этих частей зависит от плотности и температуры газа. Однако типичные облака слишком малы, гравитация не может сдержать их расширения. Поэтому они не могли образоваться из-за гравитационной неустойчивости.

Другие процессы, при которых могли бы образоваться облака, также не действуют в данном случае. Между тем рассмотренное выше сжатие газа к нейтральной плоскости естественно создает слой плотного газа. Если в этом слое образуются звезды, в том числе горячие, то они ионизируют часть газа. Горячий ионизованный газ начнет расширяться и вытолкнет окружающие массы плотного газа из слоя. Так могут образовываться межзвездные облака. Правда, вытолкнутый из слоя газ почти не имеет магнитного поля, а в обычных облаках это поле есть. Но дело в том, что когда облако окажется в рукаве, то поле сначала уступит ему место (рис. 6), а потом вдавится в облако, расщепит его на тонкие параллельные волокна, разделенные силовыми линиями. В дальнейшем силовые линии просочатся в волокна, толщина которых невелика. После этого поле как бы зафиксирует волокна, они будут сохраняться в течение долгого времени. Интересно, что облака межзвездного газа действительно имеют волокнистую структуру. Это хорошо видно на фотографии отражательных туманностей в Плеядах, где облака освещены яркими звездами (рис. 7). Какого-либо объяснения волокнистой структуры до сих пор не было, и, по-видимому, трудно избежать заключения, что силовые линии здесь действительно вдавливались в газ, первоначально не содержащий поля. Такой процесс называется желобковой неустойчивостью.

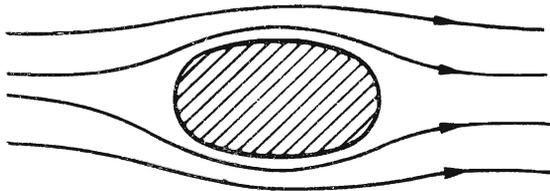


Рис. 6. Облако в поле рукава до расщепления



Рис. 7. Отражательные туманности в Плеядах.
Видны тонкие волокна

ОБРАЗОВАНИЕ СПИРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

Спиральные ветви состоят из газа и одновременно являются трубками силовых линий, причем направление линий не обязательно одинаковое. Поле — существенная особенность рукава, и образование рукавов нельзя рассматривать без поля. Именно поэтому в начале статьи, где обсуждалось формирование подсистемы, но не принималось во внимание поле, говорилось лишь об образовании плоской подсистемы, а не рукавов.

Магнитное поле галактик было, по-видимому, в той среде, из которой сформировались галактики. В метagalacticком газе это поле было слабым (около 10^{-11} э). Оно было сжато сначала в большие облака, из которых образовались скопления галактик, а внутри этих облаков — в отдельные галактики. Силовые линии и сейчас, по-видимому, связывают галактики с межгалактической средой.

По мере сжатия галактики силовые линии

тоже сжимались, напряженность поля росла. В первый период сжатия магнитные силы не влияли на характер конденсации, они были малы сравнительно с гравитацией и с давлением газа (в давление включаются не только тепловые движения частиц, но и движения турбулентного характера). Однако при сжатии в диск или в цилиндр магнитные силы растут быстрее, чем давление и гравитация, поэтому на последних стадиях сжатия их нужно учитывать.

Представим себе спиральный рукав как правильную трубку силовых линий, проходящую через центр галактики. Чтобы образовать такую трубку из поля, рассеянного первоначально в диске, нужно сжать силовые линии хотя бы в одном сечении. Для этого необходимо, чтобы сначала вместе с полем был сильно сжат и газ. Такого сильного уплотнения газа мы сейчас не видим, плотность вдоль спиральных ветвей меняется не очень значительно. Однако первоначально уплотненный газ мог потом превратиться в звезды. Поэтому надо искать область с повышенной плотностью звезд. Такая область имеется, это центр. Плотность старых звезд, образующих сферическую и промежуточные подсистемы, сильно увеличивается к центру, а в самом центре плотность очень велика — в сотни раз больше, чем в окрестностях Солнца.

Теперь с учетом поля и центральной конденсации продолжим картину формирования галактики, которую мы не до конца обрисовали в первом разделе этой статьи. Газ сжимался в диск, с ним сжималось и поле. Но значительная часть газа концентрировалась к центру, так что там больше была и плотность силовых линий. Если посмотреть на диск сверху, то распределение силовых линий имело вид, схематически изображенный на рис. 8. Магнитная трубка как бы пережата в центре, а далее расходится в плоскости галактики и в стороны от нее. Силовые линии обладают упругостью. Поскольку в центре они крепко сжаты весом газа и раздвинуться не могут, то стремятся выпрямиться, т. е. сжимают окружающий газ к оси трубки (рис. 8, а). Хотя поле уже сжато в диск и магнитные силы выросли, но они еще малы сравнительно с гравитацией и давлением. Однако эти большие силы находятся в равновесии, причем движения постепенно тормозятся, давление уменьшается, и конденсация продолжается. В таких условиях малая, но систематически действующая сила может

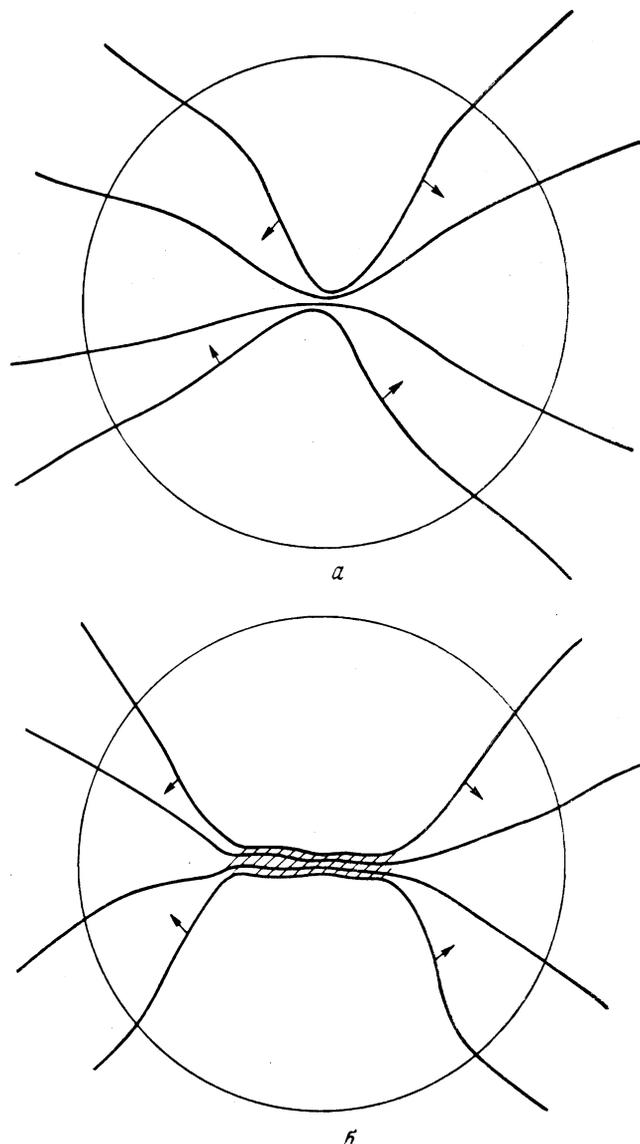


Рис. 8. Распространение магнитно-гравитационной волны

дать направление конденсации. Это направление сжатия газа на рисунке показано стрелками. В результате образуются две новые конденсации, по обе стороны от центральной сгущения, на той же трубке силовых линий (рис. 8, б). Силовые линии сжаты в этих конденсациях, но расходятся по выходе из них. Теперь магнитные силы сжимают газ, расположенный дальше от центра, и стимулируют образование новых конденсаций на той же силовой трубке. Процесс повторяется, пока волна конденсации не пройдет через всю галактику.

Сжатие трубки происходит до тех пор, пока магнитные силы, растущие, как уже говорилось, быстрее, чем гравитационные, не станут сравнимыми с последними. Теперь уже равновесие рукава слабо зависит от давления, поэтому затухание движений не приводит к дальнейшей конденсации. Избыток газа превращается в звезды, оставшийся же газ, поддерживаемый полем, тоже превращается в звезды, но медленно. Поэтому рукава сохранились до настоящего времени, несмотря на то, что возраст их лишь немногим уступает возрасту промежуточных подсистем.

Спиральная форма рукавов объясняется дифференциальным вращением галактики. Более близкие к центру области вращаются быстрее, соответствующие части рукава уходят вперед, получается спираль. Тут возникает даже обратная трудность. Наблюдаемое дифференциальное вращение слишком сильно, оно должно закрутить рукава до современной формы за время, меньшее 1 млрд. лет, тогда как рукава существуют значительно дольше. Решение этой проблемы до сих пор не найдено.

Описанная картина связывает образование спиральных ветвей со сжатием трубки в центральной конденсации. Если в галактике нет центральной конденсации, то не должно быть и спиральных ветвей. Это находит интересное подтверждение. Существует класс галактик, которые называются неправильными (рис. 9). Эти галактики, как правило, не имеют центральной конденсации или же она слабо выражена. В них, несмотря на наличие газа и магнитного поля, почти нет спиральной структуры, газ и поле распределены в диске. Сохранение газа обязано тому же магнитному давлению, что и в рукавах, поле мешает конденсации, но оно не стянуто в трубку, как в спиральных галактиках. Правда, можно привести и обратный пример: в эллиптических галактиках (рис. 10) очень сильная центральная конденсация, но нет спиральных ветвей. Однако в этих галактиках мало газа: благодаря медленному вращению он собирался к центру и там при большой плотности превращался в звезды.

Как образовались рукава с противоположным направлением силовых линий? Характер сжатия галактики на ранней стадии зависит от ее вращения, в частности от направления оси вращения. Эти параметры не зависят от поля, так как магнитные силы сначала малы. Однако поле метагалактического газа тоже

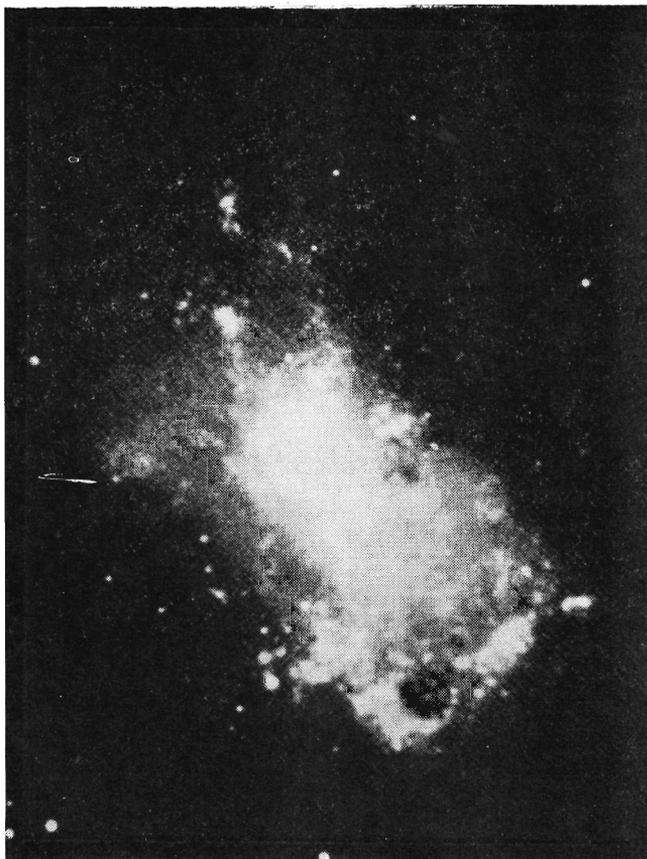


Рис. 9. Неправильная галактика NGC 4449

имело какое-то начальное направление. Рассмотрим различные случаи. Если ось вращения и поле перпендикулярны, то поле сжимается в диск, как показано на рис. 11, все силовые линии имеют одинаковый знак. Если же поле направлено к оси вращения под углом, то сначала, после радиального сжатия, поле принимает вид, как на рис. 12, а, а после сжатия газа в диск некоторые силовые линии проходят, как и раньше, через центр, а другие как бы складываются (рис. 12, б). Рукав образуется так же, как описано выше, поле конденсируется в трубку, но в этой трубке часть силовых линий имеет другое направление. Из рис. 12, б видно, что число силовых линий с разными направлениями не одинаково. В связи с этим интересно, что наблюдения тоже показывают асимметрию (в южном полушарии галактики мера вращения в 1,5—2 раза больше, чем в северном).

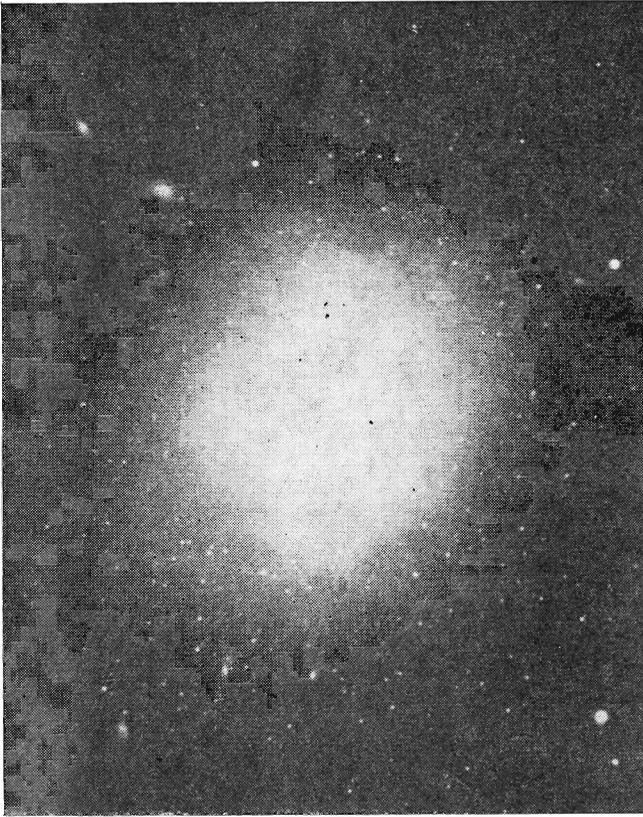


Рис. 10. Эллиптическая галактика NGC 4486

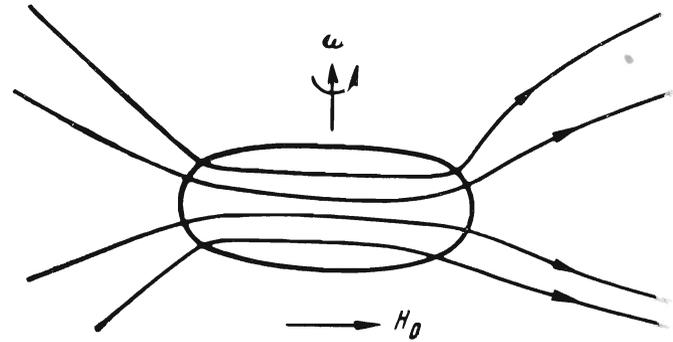
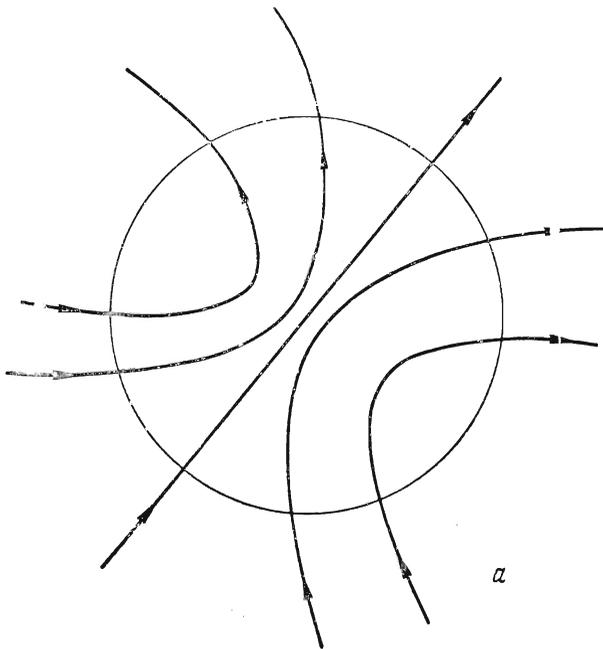


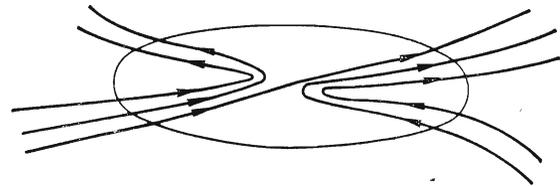
Рис. 11. Сжатие поля $\omega \perp H_0$

Следовательно, в рассматриваемом рукаве трубка силовых линий, проходящая через центр, находится ниже галактической плоскости.

Спиральная форма рукавов, как уже говорилось, объясняется дифференциальным вращением галактики. Чем сильнее концентрация массы к центру, тем больше дифференциальное вращение и тем сильнее должны быть закручены рукава. Между тем около половины спиральных галактик представляет собой спирали с перемычкой. У этих спиралей вместо рукавов имеется прямая стержень, от концов которого отходят спиральные ветви. Прямая форма стержня говорит о том, что в центральной области нет дифференциального вращения. Природа этих галактик будет обсуждаться в другой статье.



а



б

Рис. 12. Образование рукавов с противоположным направлением силовых линий

КОСМОЛОГИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ

А. В. ЗАСОВ

Вопросы, связанные со строением и развитием Вселенной, интересовали ученых с давних времен. Однако наука о Вселенной как целом — космология — стала действительно наукой лишь недавно, когда достаточно развилась теоретическая физика, была создана теория относительности, началось изучение галактик.

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Решающая роль в исследовании Вселенной принадлежит изучению спектров далеких галактик. Здесь мы сталкиваемся с очень интересным явлением — красным смещением. Оно заключается в том, что в спектрах почти всех наблюдаемых галактик линии, принадлежащие различным химическим элементам, имеют длины волн большие, чем линии тех же элементов в спектрах лабораторных источников или медленно движущихся звезд. Линии в спектрах галактик оказываются как бы смещенными в сторону красной, длинноволновой части (рис. 1). Если обозначить длину волны какой-нибудь несмещенной спектральной линии буквой λ_0 , а длину волны смещенной

линии того же элемента — λ , то окажется, что величина $(\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$ одинакова для всех линий в каждом спектре. Эту величину в дальнейшем мы будем обозначать буквой z .

Физикам давно знакомо доплеровское смещение, всегда возникающее, если источник света удаляется от наблюдателя. Выходит, что все галактики, за исключением нескольких, близких к нам, удаляются от нас; наблюдаемая часть Вселенной расширяется. Этот вывод многим казался очень необычным и не вызывающим доверия. Неоднократно делались попытки найти другое объяснение красному смещению: распад фотонов, взаимодействие света с межгалактическим веществом и т. д., но все они оказались несостоятельными. В настоящее время доплеровская природа красного смещения может считаться хорошо установленным фактом.

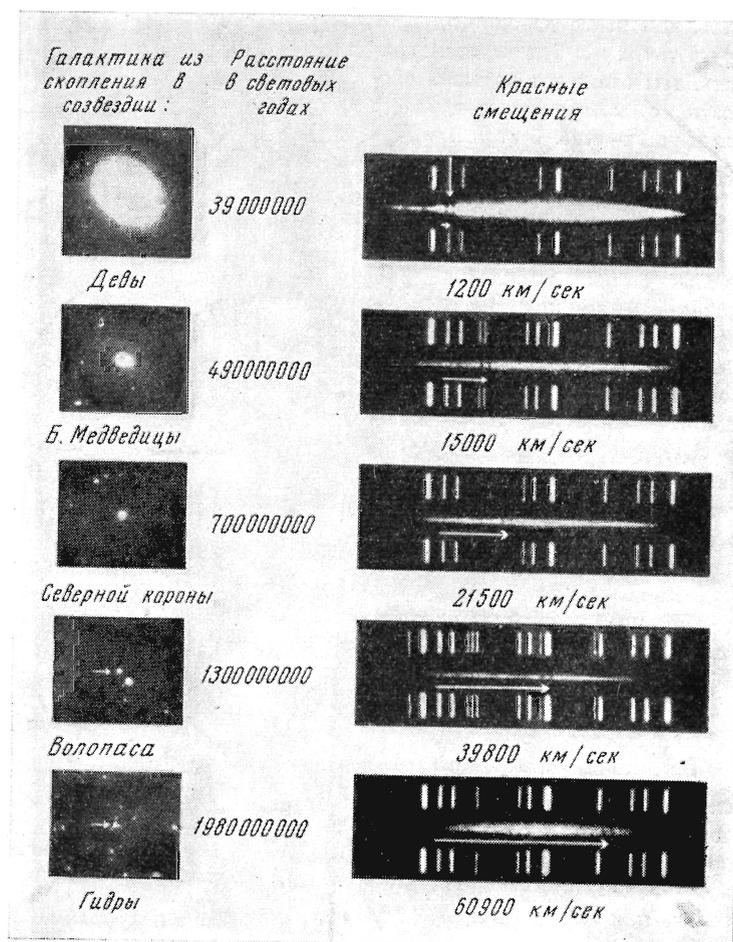


Рис. 1. Красные смещения в спектрах далеких галактик. Спектр каждой галактики заключен между одинаковыми спектрами лабораторного источника света. Стрелками показано смещение в спектрах галактик темных линий ионизированного кальция. (Снимки получены на обсерватории Маунт Вилсон и Маунт Паломар)

Скорость удаления галактик примерно равна произведению величины z на скорость света c . Это произведение cz будем называть величиной красного смещения.

Не указывает ли удаление галактик от нас на то, что наша Галактическая система занимает какое-то особое, центральное место среди остальных? Оказывается нет. Дело в том, что красные смещения галактик не одинаковы, а растут с расстоянием: чем дальше от нас галактика, тем быстрее она удаляется.

Представим себе резиновую пленку с нарисованными на ней точками — галактиками, которую равномерно растягивают во все стороны. При этом расстояние между всеми точками будет увеличиваться. Как нетрудно понять, чем более далекие друг от друга точки мы будем рассматривать, тем окажется большей скорость, с которой растет между ними расстояние. В этом примере все точки можно считать равноправными. Так же дело обстоит и в мире галактик. Удобно представить, что расстояние между ними увеличивается наподобие расстояний между точками на резиновой пленке в нашем примере. Если бы мы смогли перелететь на любую из наблюдаемых галактик, мы бы увидели, что окружающие ее звездные системы удаляются таким же образом: чем дальше, тем быстрее (рис. 2). Галактика с самым большим из известных до сих пор красным смещением удаляется от нас со скоростью, достигающей половины скорости света.

ГАЛАКТИКИ ДОЛЖНЫ УДАЛЯТЬСЯ

Не является ли вывод о расширении наблюдаемой части Вселенной чем-то искусственным, противоречащим известным законам физики, или годным лишь только для объяснения красного смещения? Нет, не является. Бо-

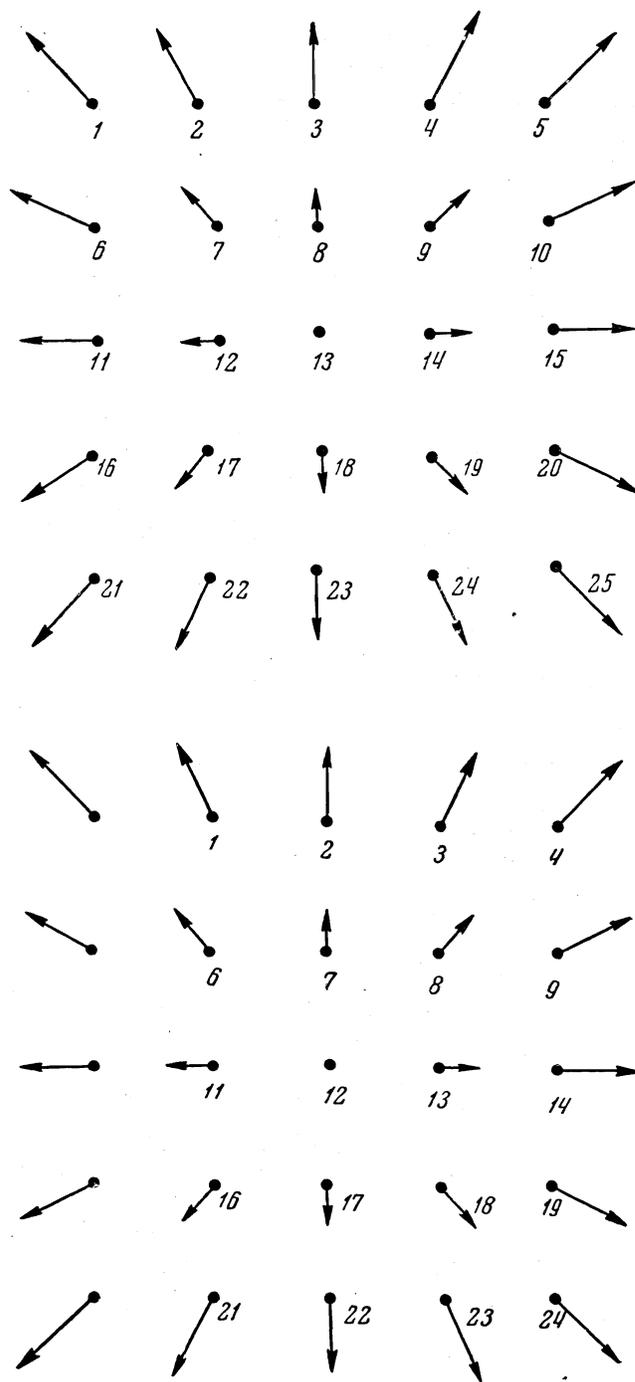


Рис. 2. Разбегание галактик: сверху — так схематически выглядит разбегание, наблюдаемое с нашей Галактики (13); внизу — так оно будет выглядеть с любой другой галактики (например, с 12). Длина стрелок соответствует величине скорости удаления

лее того, если бы в настоящее время систематическое удаление от нас далеких объектов не было обнаружено, то наука стояла бы перед проблемой: почему красное смещение не наблюдается, хотя по многим признакам оно должно быть? Конечно, легче всего представить себе Вселенную как бесконечное пространство, равномерно заполненное звездами или звездными системами, не расширяющаяся и не изменяющаяся со временем, так как гибель одних звезд уравнивается рождением других. Однако еще в прошлом веке было ясно, что такой Вселенной быть не может: за достаточно большое время звезды нагрели бы все межзвездное вещество до температуры своих поверхностей, и стало бы невозможным существование не только жизни, но даже отдельных планет. Расширение Вселенной устраняет этот парадокс, потому что испущенные кванты света, увеличивая длину волны вследствие красного смещения, уменьшают свою энергию: ведь она, как известно из физики, обратно пропорциональна величине λ .

По каким законам должно происходить движение материи во Вселенной? Всегда ли менялось и будет меняться расстояние между галактиками? Теория относительности, способная описывать поведение больших масс материи, может дать ответ на эти вопросы, если будет известно, как распределена материя во всем пространстве.

Наблюдения показывают, что почти вся видимая материя сосредоточена в звездах. Звезды образуют галактики, из которых большинство входит в состав отдельных групп и скоплений, содержащих до нескольких тысяч членов. Скопления представляют уже значительно меньшие неоднородности в распределении вещества по сравнению с галактиками или, тем более, со звездами.

Наконец, скопления галактик иногда образуют сверхгалактики или скопления второго порядка, содержащие всего по несколько десятков обычных скоплений и имеющие размеры около 100 млн. световых лет. Эта тенденция скоплений выражается очень слабо, и, по мнению некоторых ученых, еще нуждается в дополнительной проверке. Скопления же сверхгалактик вряд ли могут существовать вообще.

Таким образом, наблюдениям не будет противоречить следующее простое допущение (хотя неправильно было бы говорить, что наблюдения строго доказывают его): во Вселенной нет ни выделенных мест, ни выделенных направлений; вид ее в общих чертах в любой момент времени сходен для наблюдателей на всех галактиках. Такую математическую модель Вселенной называют однородной и изотропной. При этом предположении уравнения общей теории относительности, описывающие движение вещества во Вселенной, значительно упрощаются и могут быть точно решены. Решения впервые были найдены в 1922 г. советским математиком А. А. Фридманом. Они приводят к поразительному результату: получается, что расстояния между галактиками не могут оставаться постоянными, они должны меняться, причем тем с большей скоростью, чем дальше друг от друга находятся галактики! Удивительное всего, что этот вывод сделан за несколько лет до того, как было открыто красное смещение в спектрах далеких галактик. Теория, таким образом, опередила наблюдения.

Не будем принимать во внимание собственные движения галактик, которые накладываются на их систематическое удаление друг от друга. Будем считать, что расстояния между галактиками L пропорциональны некоторой функции времени $R(t)$, т. е. что $L = aR(t)$, где a — коэффициент пропор-

циональности, постоянный для каждой пары галактик. Функция $R(t)$ и определяет закон расширения Вселенной. Оказалось, что если Вселенная однородна и изотропна, $R(t)$ может меняться со временем по одному из трех законов, как это показано на рис. 3.

Вселенная, расширяющаяся в соответствии с кривой 1, должна быть бесконечной и обладать так называемой отрицательной кривизной пространства. В этом случае расширение никогда не остановится и галактики всегда будут удаляться друг от друга. Если кривизна пространства равна нулю, т. е. для любых расстояний остается справедливой евклидова геометрия, то расширение Вселенной должно происходить в соответствии с кривой 2. Скорость удаления галактик в этом случае будет уменьшаться со временем, но никогда не станет равной нулю. Наконец, кривая 3 представляет расширение Вселенной, которое в некоторый момент времени должно смениться сжатием. Пространство в такой Вселенной должно обладать положительной кривизной и быть конечным, хотя, безусловно, и безграничным. К сожалению, пространство, обладающее такими, казалось бы, противоречивыми свойствами, нельзя наглядно себе представить (как вообще нельзя представить кривизну трехмерного пространства), и это часто приводит к смешению совершенно различных понятий — бесконечности и безграничности. Достаточно сказать, что существование конечной Вселенной, как и бесконечной, не противоречит ни одному из известных законов природы.

Как в мире атома ученые столкнулись с явлениями, которые не допускают наглядного представления, так и в мире больших расстояний мы можем встретиться с такого же рода явлениями, что, однако, ни в какой мере не должно служить помехой для их понимания и изучения.

Как видно из рис. 3, все три вида решений имеют одну особенность: в некоторый момент времени функция $R(t)$ была равна нулю, что соответствовало бесконечной плотности материи во Вселенной. Невольно возникает вопрос, что представляла собой Вселенная еще раньше. Уравнения Фридмана не могут ответить на этот вопрос. Отсюда некоторые идеалистически настроенные ученые сделали вывод о моменте творения Вселенной. В действительности же момент времени, при котором функция $R(t)$ была равна нулю, если такой все же существовал, может означать лишь образование «современной» нам Вселенной, где справедливы наши представления о пространстве и времени, с помощью которых мы описываем поведение материи.

Но может быть и другая возможность: ось Оая точка появилась как результат недостатков или чрезмерных упрощений нашей теории.

Однако остается вполне возможным и даже наиболее вероятным существование в прошлом большой плотности материи во Вселенной, при которой ни звезды, ни галактики не могли существовать как отдельные объекты. Время, которое прошло с тех пор, конечно, должно быть больше, чем возраст всех звезд и галактик. Этот максимальный возраст с учетом неуверенности наблюдательных данных должен лежать где-то между 5 млрд. и 14 млрд. лет.

КАК ПРОВЕРИТЬ ТЕОРИЮ НАБЛЮДЕНИЯМИ?

Продолжая считать Метагалактику однородной и изотропной, посмотрим, как можно выяснить, какая из трех кривых, приведенных на рис. 3 лучше всего представляет расширение реального мира галактик. Конечно Вселенная или бесконечна? Согласно теории относительности для ответа на эти вопросы необходимо получить из наблюдений далеких объектов значения по крайней мере двух из трех приведенных ниже величин.

1. H — постоянная Хаббла, величина, характеризующая относительную скорость расширения Метагалактики и равная отношению скорости удаления объектов к расстоянию между ними.

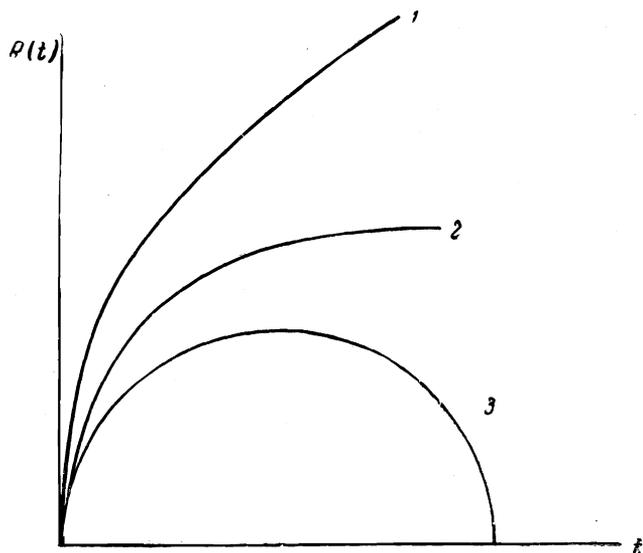


Рис. 3. Различные законы расширения Вселенной: 1 — расширение с отрицательной, 2 — с нулевой и 3 — с положительной кривизной пространства

2. ρ — средняя плотность материи в наблюдаемой части Вселенной. Величина эта состоит из двух составляющих: плотности вещества и плотности излучения (света). Последняя в настоящую эпоху пренебрежимо мала по сравнению с первой.

3. q — параметр замедления, безразмерная величина, характеризующая изменение скорости удаления галактик друг от друга со временем.

Постоянная Хаббла

Рассмотрим первую величину — постоянную Хаббла H . На первый взгляд найти ее очень легко, достаточно лишь из красного смещения определить скорость удаления ряда галактик и узнать расстояния до них. Однако в астрономии пока нет надежных методов определения расстояний до отдаленных галактик. Можно лишь достаточно точно сказать, во сколько раз та или иная галактика расположена дальше другой. Поэтому различ-

ные оценки величины H заключены в широком диапазоне значений: 75—140 км/сек на мегапарсек. Вероятнее всего, постоянная Хаббла близка к 100 км/сек на мегапарсек.

Средняя плотность материи

Вторую величину — среднюю плотность материи ρ определить еще труднее. Удалось оценить пока только плотность вещества, образующего галактики, которая оказалась равной около $5 \cdot 10^{-31}$ г/см³. Немало было сделано попыток определить плотность межгалактического вещества. Если бы оно состояло из пылинок, то свет далеких галактик испытывал бы покраснение, аналогичное тому, которое испытывает свет звезд нашей Галактики, проходя через облака межзвездной пыли. Такое покраснение галактик не наблюдается, что говорит о том, что пыль между галактиками если и существует, то со-

ставляет лишь незначительный процент всего вещества.

Может быть, вещество между галактиками состоит из атомов самого распространенного элемента во Вселенной — водорода? Тогда его нельзя обнаружить ни по поглощению, ни по излучению света. Однако атомы водорода обычно излучают и поглощают радиоволны длиной 21 см. Исследование радиоастрономическими методами показало, что атомов водорода между галактиками очень мало.

Все эти результаты еще не означают, что межгалактическое пространство можно считать пустым, хотя не исключен и такой вариант. Оно может быть наполнено некоторыми элементарными частицами, например, протонами или нейтрино, которые могли образоваться в ту эпоху, когда плотность вещества и излучения во Вселенной была очень велика. Присутствие этих частиц очень трудно обнаружить.

Если плотность материи ρ все же меньше, чем $\rho_{\text{критич}} = 2 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$, то Вселенная должна расширяться так, как показывает кривая 1 на рис. 3. Если $\rho = \rho_{\text{критич}}$, расширение будет соответствовать кривой 2 (кривизна пространства равна нулю), а при ρ , большей $\rho_{\text{критич}}$, Вселенная в будущем сменит расширение на сжатие.

Таким образом, имеющиеся оценки плотности вещества пока не дают желаемого ответа на интересующий нас вопрос. Поэтому большинство работ по наблюдательной проверке космологических моделей Вселенной в настоящее время сводится к определению третьей величины — параметра замедления q и сопоставлению ее с постоянной Хаббла. Из теории следует, что при отрицательной, нулевой или положительной кривизне пространства величина q должна быть соответственно меньше, равна или больше 0,5.

Параметр замедления

Как уже говорилось, параметр замедления q определяет относительное ускорение (или замедление), с которым происходит расширение Вселенной. Поэтому для определения параметра замедления необходимо тщательное изучение очень далеких галактик, свет от которых идет к нам, по крайней мере, 1,5–2 млрд. лет. Исследования таких далеких галактик очень затруднительны и доступны лишь нескольким самым большим в мире инструментам.

Наиболее перспективным путем определения величины q считается построение зависимости между расстоянием до галактик и красным смещением, но и этот путь связан с колоссальными трудностями.

Для того чтобы звездная величина галактик характеризова-

ла расстояния до них, из множества галактик необходимо по каким-нибудь признакам выбрать группу таких, которые имели бы одинаковую светимость, т. е. с одинаковой мощностью излучали световую энергию. В качестве таких одинаковых галактик, оказалось, можно взять самые яркие члены скоплений галактик. Американский ученый А. Сэндейдж недавно показал, что эту группу можно значительно расширить, включив в нее галактики, излучающие мощные потоки радиоволн (радиогалактики).

Зависимость между фотометрическим расстоянием D (в Mpc) и красным смещением z (в км/сек) радиогалактик, построенная по данным Сэндейджа, приведена на рис. 4. Разброс точек вдоль прямой линии объясняется, прежде всего, не строго одинаковой светимостью выбранных галактик.

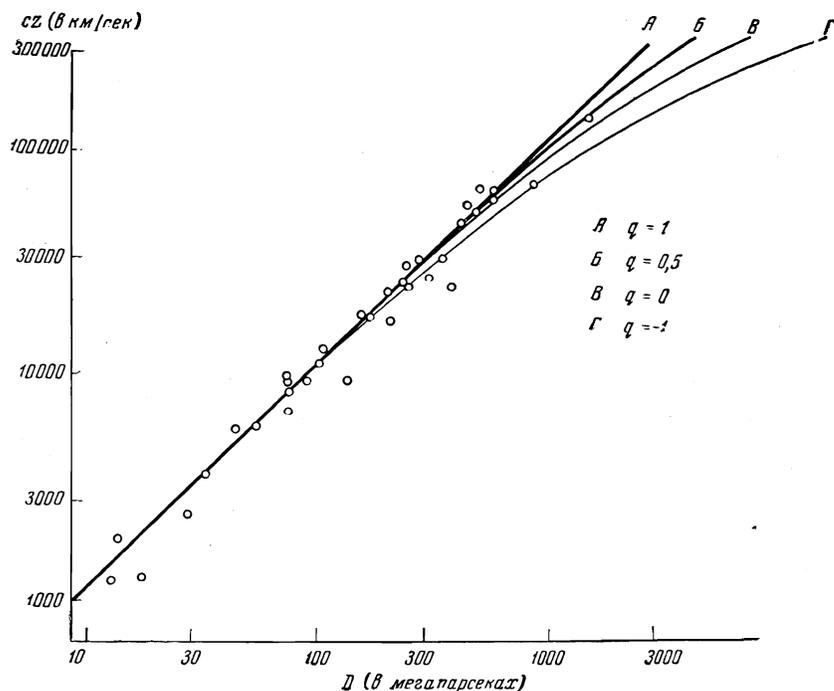


Рис. 4. Зависимость красного смещения от расстояния

Судить о величине параметра замедления q можно лишь по тому, ближе к какой линии — A , B или C — располагается последовательность точек. Если она проходит правее линии B , то пространство обладает отрицательной кривизной, а если левее, то положительной (соответствующие законы расширения см. на рис. 3). Как видно на рис. 4, определенный выбор сделать очень трудно. Более или менее уверенно можно лишь сказать, что величина q положительна, а это может быть, если расширение Метагалактики постепенно замедляется. Для того чтобы сделать более глубокие выводы, необходимо иметь больше точек на верхнем конце диаграммы, т. е. больше далеких галактик с измеренным красным смещением. К сожалению, спектр самой далекой из галактик с известным красным смещением (ей соответствует верхняя точка на диаграмме) получен практически на пределе возможностей самого большого в мире телескопа — 5-метрового рефлектора. Эта галактика на лучших фотографиях выглядит как крошечное пятнышко. Она имеет примерно 21-ю звездную величину, будучи в миллион раз слабее, чем самые слабые звезды, которые можно видеть невооруженным глазом в темную ночь.

Делу могут помочь наблюдения недавно открытых небесных тел — сверхзвезд. Эти объекты не совсем еще понятной природы светят примерно в 100 раз ярче, чем галактики, и могут наблюдаться на таких расстояниях, которым соответствуют красные смещения z даже больше единицы. Пока известно менее двух десятков сверхзвезд. Они, как правило, имеют вид обычных звезд, и находят их только с помощью радионаблюдений (сверхзвезды — мощные источники радиоизлучения). Однако прежде чем использовать сверхзвезды для построе-

ния интересующей нас зависимости, надо научиться выбирать из них объекты с более или менее одинаковыми светимостями или научиться определять расстояния до них без помощи красного смещения. Это — дело недалекого будущего.

Можно попытаться определить величину q , сопоставляя красное смещение с угловыми размерами галактик или скоплений. Однако эти попытки пока не привели к определенному результату. Линейные размеры различных галактик и скоплений могут отличаться друг от друга в десятки раз. К тому же ни галактики, ни тем более скопления не имеют резких границ, поэтому очень трудно оценивать их угловые размеры. Работы в этом направлении продолжают. Интересно было бы проверить кажущийся на первый взгляд странным вывод, следующий из теории расширяющейся Вселенной: угловой размер сколь угодно удаленных тел определенного размера не может быть меньше некоторой постоянной величины. Значение этой постоянной зависит от размеров тел и закона расширения Вселенной. Если кривизна Вселенной близка к нулю, то для тел размерами с нашу Галактику минимальный угловой размер должен быть около семи угловых секунд. Угловой размер особенно далеких объектов с увеличением расстояния может даже расти.

Несмотря на обширные работы по получению спектров галактик, проводимые уже несколько десятилетий на крупнейших обсерваториях мира, пока известны красные смещения лишь немногим более тысячи галактик, что составляет меньше одной стотысячной доли всех галактик, доступных наблюдениям современными средствами. Поэтому для использования большего статистического материала при изучении законов расширения Мета-

галактики было бы желательно обойтись без помощи определенных красных смещений. Вот один из таких методов.

В определенном (любом) участке неба подсчитываются галактики ярче определенной звездной величины. Чем более слабым, далеким галактикам будет соответствовать выбранная звездная величина, тем соответственно большее число галактик можно получить. Нетрудно показать, что если бы галактики были распределены равномерно и расстояния между ними не менялись со временем, то с изменением предельной звездной величины на единицу число галактик ярче этой величины менялось бы примерно вчетверо. Расширение метагалактики должно привести к тому, что такая пропорциональность будет существовать лишь для близких галактик, а рост числа очень далеких объектов с изменением предельной величины постепенно должен замедлиться. По степени этого замедления можно определить величину q . Но оказалось, для этого необходимо подсчитывать галактики в 20—40 раз более слабые, чем те, которые еще могут наблюдаться с помощью 5-метрового телескопа. К тому же скучивание галактик в скопления и сверхскопления и их неодинаковая светимость значительно усложняют наблюдаемую картину.

На помощь приходит радиоастрономия. Энергетическая чувствительность радиотелескопов в сотни раз превосходит чувствительность лучших оптических инструментов. С другой стороны, особенно мощные радиогалактики излучают в радиодиапазоне примерно такую же энергию, как и в оптическом. Поэтому множество наблюдаемых в настоящее время внегалактических радиисточников не видно ни в какие оптические инструменты, так как находятся они на расстоя-

ниях, значительно превышающих предел проникновения крупнейших оптических телескопов.

Подсчеты радиогалактик привели к неожиданному результату: рост числа источников с увеличением предельной радиовеличины до некоторого ее значения происходит быстрее, чем он должен происходить даже в случае расширяющейся Вселенной. Наблюдается избыток слабых далеких радиосточников по сравнению с их ожидаемым числом, не позволяющий даже приблизительно оценить величину q . Это, вероятно, вызвано тем, что, надеясь определить параметр замедления, мы предполагали, что радиогалактики в течение последних нескольких миллиардов лет составляли один и тот же процент от обычных галактик и не меняли своей средней радиосветимости со временем. Результаты подсчетов радиогалактик тогда просто указывают на то, что раньше радиогалактики составляли большую долю от обычных или обладали большей радиосветимостью. Очевидно, многие галактики на начальной стадии своего развития были мощными источниками радиоизлучения. Требуемое для объяснения результатов наблюдений уменьшение относительного числа радиогалактик со временем составляет около 4% за каждые 100 млн. лет.

С помощью радиоастрономических наблюдений можно попытаться еще одним способом уточнить закон расширения Вселенной. Для этого необходимо измерить величину поверхностной радиояркости всего небосвода, образованной множеством чрезвычайно удаленных галактик, радиоизображения которых, сливаясь, образуют сплошной радиодфон неба наподобие того, как далекие звезды сливаются в светлую полосу на небе — Млечный Путь. К сожалению, радиодфон очень слаб и его трудно отличить от того радиоизлучения, которое образуется внутри нашей Галактики. Поэтому величина межгалактического радиодфона пока не известна с достаточной точностью.

Таким образом, самое надежное определение закона расширения пока получается из зависимости между величинами D и

cz для галактик. Но при попытке сделать определенные выводы из имеющейся зависимости приходится сталкиваться с рядом трудностей. Например, из наблюдаемой величины q , близкой к единице (см. рис. 4), следует, что средняя плотность невидимой межгалактической материи должна в несколько раз, а возможно, и в несколько десятков раз превышать среднюю плотность, которую составляет во Вселенной вещество, образующее галактики. Это кажется неправдоподобным, хотя полностью исключить такую возможность нельзя. Все же, вероятнее всего, к выводу о большой плотности нас привели неучтенные наблюдательные эффекты (например, возможное уменьшение средних светимостей выбранных галактик со временем) или просто недостаточное количество наблюдательных данных. Не менее важным кажется другое.

КОГДА НАЧАЛОСЬ РАСШИРЕНИЕ

При принятом нами значении постоянной Хаббла из наблюдаемой зависимости следует, что время, прошедшее с начала расширения Вселенной, составляет 5—7 млрд. лет. Изучение же отдельных галактик показало, что их возраст ограничен не 5—7 млрд., а скорее 10—20 млрд. лет. Вполне возможно, что это расхождение вызвано ошибочно принятого значения постоянной Хаббла или недочетами теории, по которым определяется возраст звезд и галактик. Если же оставить эти возможности, то придется считать неверными теоретические предпосылки, приводящие к столь короткому времени расширения.

Для получения большего времени расширения, предпринимались различные видоизменения теории Фридмана. Так, Бонди,

Голд и Хойл разработали теорию так называемой стационарной расширяющейся Вселенной, бесконечной в пространстве и времени, вид которой не меняется со временем, т. е. такие величины, как H , ρ , q , всегда остаются теми же. Однако существование такой Вселенной противоречило бы закону сохранения энергии. К тому же предсказываемая этой теорией зависимость между величинами D и cz сильно отличается от наблюдаемой (ср. точки на рис. 4 с линией Γ , соответствующей требованиям теории стационарной Вселенной).

Иногда теоретики видоизменяют уравнения Фридмана, искусственно вводя в них дополнительный, так называемый космологический член, что соответствует введению новых, неизвестных науке сил взаимодействия, растущих с расстоянием между телами. Хотя при этом не нарушаются ни закон сохранения энергии, ни общие положения теории относительности, изменение уравнений искусственно и ничем не оправдано. Конечно, можно подобрать такую величину космологического члена, чтобы расширение Вселенной, описываемое теорией, происходило бы сколько угодно долгое время в прошлом, но для этого необходимо, чтобы оно со временем не замедлялось, а ускорялось, что, очевидно, противоречит наблюдениям.

Самым естественным выходом из создавшегося положения мог бы, по-видимому, явиться следующий: для описания поведения материи во Вселенной не всегда можно считать ее однородной и изотропной. Вполне возможно, что для изучения движения материи в далеком прошлом, когда во Вселенной существовала большая плотность, просто нельзя пользоваться уравнениями Фридмана, а при исключительно больших (ядерных) плотностях, если такие были, вообще уравнениями теории относительности.

Наблюдения, дающие столь неуверенные результаты сейчас, в недалеком будущем позволят нам раскрыть многие тайны окружающего мира.

в нем содержится 668, так как марсианские сутки (период осевого вращения Марса) приблизительно на 40 минут длиннее наших. Продолжительность светлого времени дня и полуденная высота Солнца над горизонтом в каждом месте поверхности Марса изменяются на протяжении года примерно так же, как и на Земле, вследствие почти одинаковой у этих двух планет величины наклона полярной оси к плоскости орбиты (угол между ними составляет у Марса $65^{\circ}12'$, а у Земли — $66^{\circ}33'$).

Когда Марс приходит в ближайшую к нам точку своей орбиты, он виден в направлении противоположном Солнцу: планета находится в противостоянии. Не все противостояния Марса одинаково благоприятны для его наблюдений. Дело в том, что орбиты планет не в точности круговые, а несколько вытянутые, эллиптические. Поэтому расстояние между земной орбитой и опоясывающей ее орбитой Марса в различных участках неодинаково. В 1963 г. Земля прошла, обгоняя своего небесного брата, в 100 млн. км от него; немногим ближе он был весной 1965 г., зато в 1971 г. произойдет сближение до 56 млн. км. Такие наиболее «тесные» противостояния, как в 1971 г., случаются один раз в 15—17 лет и называются великими.

Во время великих противостояний Марс имеет угловой поперечник всего около 25 секунд. В телескоп он выглядит, в зависимости от оптической силы окуляра, как горошина на расстоянии вытянутой руки или, в лучшем случае, как Луна в небольшой бинокль. Увеличение сверх этого предела сопровождается потерей четкости изображения и не дает выигрыша. Практически допустимое увеличение телескопа из-за воздушных помех существенно меньше теоретически возможного.

Предельно маленькие детали,

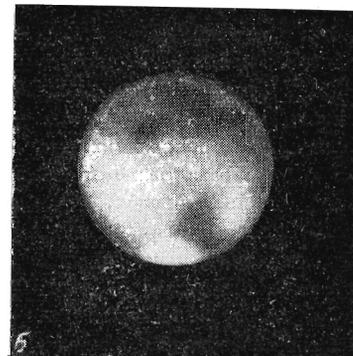
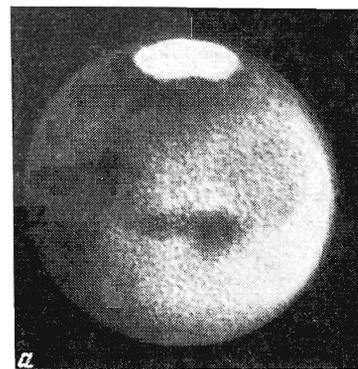
которые можно различить визуально на поверхности Марса в лучшие из современных телескопов при исключительно благоприятных атмосферных условиях, имеют размер 60 км, что соответствует углу зрения 0,2 секунды. Обычно же бурные турбулентные движения воздуха в земной атмосфере «размазывают» все детали изображения, которые меньше одной-двух угловых секунд.

Что видно на Марсе в телескоп? Легче всего заметить на его поверхности очень светлые «полярные шапки». Они охватывают районы северного и южного полюсов, попеременно увеличиваясь и уменьшаясь на протяжении марсианского года. Более двух третей поверхности планеты занимают сравнительно светлые участки красновато-охристого цвета — «материки», остальную площадь занимают различного оттенка темные участки — «моря». Это чисто условные названия, так же как и в случае лунных «морей», в которых нет воды.

Во время противостояния Марса в 1963 г. в СССР была проведена радиолокация этой планеты на частоте около 700 мгц. По данным астрономических наблюдений, отражение посланных с Земли радиоимпульсов должно было происходить только от светлых частей поверхности Марса (т. е. именно «материки» находились в центре видимого диска планеты). Ширина спектра отраженного сигнала не превышала 4 гц. Это свидетельствует о том, что в зоне отражения имеются ровные горизонтальные участки размером не менее нескольких километров, на которых средняя высота неровностей меньше 15 см. Таким образом, «материки» Марса — это, по видимому, огромные равнины. Временами мутная желтая пелена заволакивает огромные пространства на Марсе, скрывая на своем пути даже обширные темные области и «полярные шапки».

Общепризнано, что это грандиозные тучи пыли, поднятые ветром.

Пылевые облака — один из признаков существования газовой оболочки Марса. Ее наличие подтверждается и тем, что поверхность планеты окутана сплошной дымкой, светлой и непрозрачной при наблюдении через фиолетовое стекло и на фотоснимках, полученных через ультрафиолетовый светофильтр. В этой дымке, которую называют «фиолетовым слоем» атмосферы Марса, изредка бывают обширные прояснения, что делает природу этого слоя еще более непонятной.

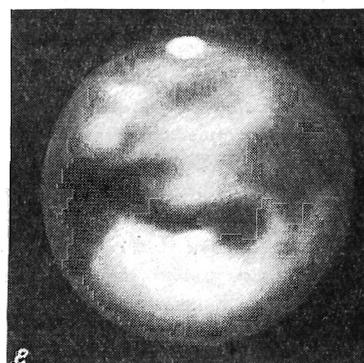
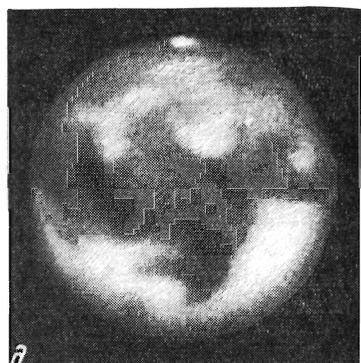
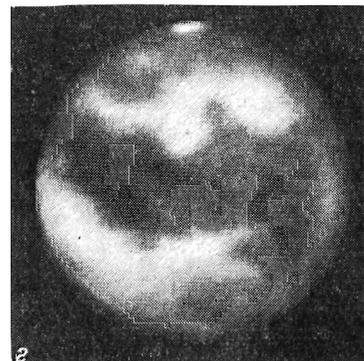
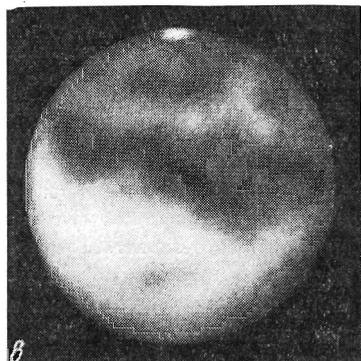
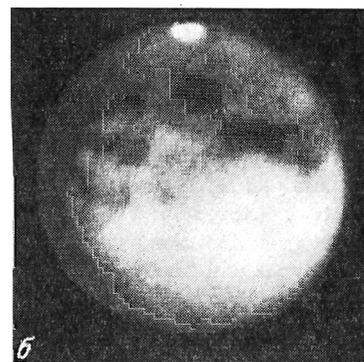
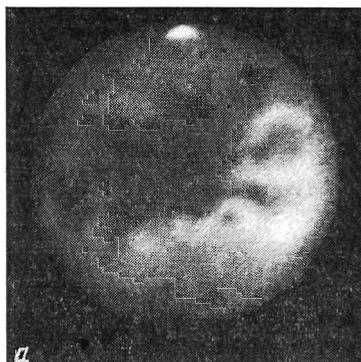


Фотографии Марса, показывающие его относительные видимые размеры во время различных сближений с Землей: великое противостояние и наименее благоприятное для наблюдений противостояние.

Оптические свойства газовой оболочки Марса послужили основой для оценки величины атмосферного давления у поверхности планеты. Ввиду того, что возможное присутствие там очень мелких пылинок может существенно повлиять на результат, точность определения довольно низка. Однако можно указать пределы, в которых должно заключаться показание барометра-анероида на поверхности Марса; от 15 до 90 миллибар (1 миллибар = 0,75 мм ртутного столба). Это соответствует давлению в земной атмосфере на высоте 50—30 км и температуре кипения воды 14—45° С. Ртутный барометр показывал бы на Марсе в 2,6 раза большее давление, чем анероид, потому что вес ртути там составляет 38% от ее веса на Земле. Сравнительно небольшая сила тяжести на поверхности Марса (вычисленная по формуле всемирного тяготения с очень малой возможной погрешностью) служит причиной того, что плотность газа с увеличением высоты над поверхностью планеты убывает более медленно, чем в земной атмосфере.

Отсюда парадоксальный факт: начиная с некоторого уровня над поверхностью планеты верхние слои марсианской атмосферы плотнее, чем земной, поэтому на Марсе больше толщина газовых слоев, достаточно плотных для разрушения врезающихся в них из космоса быстрых метеоритных тел (и космических кораблей, если будет выбрана неправильная траектория посадки). Однако для космических тел, приближающихся к Марсу на малой скорости, опасность сгорания меньше, чем при падении на Землю, ввиду меньшего на Марсе ускоряющего притяжения.

Попытки определить химический состав марсианской атмосферы путем спектральных наблюдений привели к открытию на Марсе углекислого газа в ко-



На протяжении земных суток Марс не успевает завершить полный оборот вокруг своей оси. Через две недели отставание составляет как раз пол-оборота. Благодаря этому имеется возможность каждую ночь видеть все новые области поверхности Марса. Приведенная здесь серия фотографий, полученных Е. Слайфером (США) с 25 сентября по 23 октября 1941 года охватывает всю поверхность Марса. Южный полюс планеты вверху

личестве больше, чем на Земле, но меньшем, чем если бы он составлял основу марсианской атмосферы. Таким образом, «воздух» там состоит главным образом из какого-то другого газа, но из ка-

кого именно? Его спектральные полосы обнаружить не удалось. Применили метод теоретического исключения газов, дающих хорошо заметные полосы в спектре, а также тех газов, которые не

могут удержаться в поле притяжения Марса. Ученые пришли к выводу, что основной составляющей атмосферы Марса является, по-видимому, азот. Из различных соображений следует, что там должно быть и некоторое количество кислорода, но, вероятно, очень малое, так как его спектральные полосы не удалось найти на фоне кислородных полос земной атмосферы.

В 1963 г. американские астрономы обнаружили надежные признаки присутствия в атмосфере Марса ничтожного количества водяного пара. Его там приблизительно столько же, сколько в воздухе над Антарктидой в ясную морозную погоду. И не удивительно: на Марсе бывает примерно так же холодно, как в Антарктиде, а при низкой температуре водяной пар вымерзает и, выпадая в осадок, смешивается с пылью холодных марсианских пустынь. Даже в тропиках Марса, где температура поверхности днем поднимается до $+25^{\circ}\text{C}$, уже к заходу Солнца она опускается ниже нуля, а ночью снижается до -60° и даже еще ниже. В результате средняя суточная температура отрицательна, как у нас в районах вечной мерзлоты. Заметим, что температура поверхности в полдень (и немного позднее) бывает выше нуля не только в тропиках Марса, но и в средних широтах и даже в полярных областях во время летнего солнцестояния.

Не совсем обычны и спутники Марса, его маленькие «луны»: Фобос и Деймос. По сравнению, например, с нашей Луной или со спутниками других планет они отличаются крайне малыми размерами и малой высотой орбиты над поверхностью Марса. Чтобы определить размеры спутников Марса, приходится фиксировать количество приходящего от них света и выполнять вычисления, задаваясь различными предполо-

жениями об отражательной способности спутников.

Если принять, что отражательная способность в данном случае такая же, как у Луны (приблизительно 7%), то получается, что диаметр Фобоса около 16 км, а диаметр Деймоса — 8 км. Если же их отражательная способность близка к 100%, то диаметры в 4 раза меньше (сравните, диаметр Луны около 3000 км).

Спутники Марса движутся над экватором планеты с запада на восток. Деймос на высоте около 20 000 км (в 20 раз ближе к Марсу, чем Луна к Земле!). Фобос на средней высоте около 6000 км; он совершает один оборот по орбите за 7 часов 39 минут, обогнув суточное вращение планеты. В движении Фобоса обнаруживаются особенности, которые до сих пор не получили окончательного объяснения*.

САМОЕ ЗАГАДОЧНОЕ

Когда наступает весна, границы полярной шапки в весеннем полушарии Марса начинают стягиваться к полюсу, размеры ее уменьшаются. Отступающий край полярной шапки всегда бывает окаймлен темным ободком. Возможно, что это увлажнение почвы в результате таяния снега. Здесь то и начинается самое удивительное. От полярной шапки отделяется как бы волна потемнения и, направляясь к экватору, через несколько месяцев достигает и пересекает его. Когда идет волна потемнения, она «проявляет» на поверхности Марса области тем более темные, чем ближе они к экватору. Интересно, что они остаются темными и после пылевых бурь, которые должны были бы запорошить поверхность. Отдельные темные «блоки» в этих областях состоят из множества

«ядер» и появляются каждую весну на одних и тех же местах. Лишь немногочисленные области год от года изменяют свои очертания и плотность окраски. Направившись вывод, что темные области, как оазисы в пустыне, покрыты растениями, которые оживают, получая весеннюю влагу, а осенью увядают.

Были предложены и другие объяснения сезонных изменений на поверхности Марса. Группа американских ученых выдвинула гипотезу, согласно которой сезонные изменения окраски связаны с наличием на Марсе окислов азота и переходом их из одной формы в другую при изменении температуры. Однако спектральные наблюдения на 2,5-метровом рефлекторе обсерватории Маунт Вилсон показали, что концентрация окиси азота в атмосфере Марса, если эта окись и есть там, настолько мала, что находится за пределами точности наблюдений и потому не может повлиять на окраску планеты.

Другая гипотеза. Недавно скончавшийся видный советский астроном профессор В. В. Шаронов предполагал, что «морья» Марса являются зонами выдувания (а не отложения) светло-оранжевого пылевого материала типа лимонита под действием сезонных ветров и что обнажения горных пород придают «морьям» темную окраску. Приблизительно такой же точки зрения придерживаются и некоторые ученые за рубежом. Так, согласно гипотезе Д. Ри (США), изменения окраски и поляризации темных областей объясняются сезонными перемещениями пыли по поверхности Марса и сезонными изменениями размеров частиц покрова в темных областях. Д. Б. Мак-Лафлин (США) считает, что темные области — это отложения вулканического пепла, разносимого сезонными ветрами. Академик В. Г. Фесенков отметил, что в темных

* О спутниках Марса см. статью В. А. Бронштена в № 2 нашего журнала.

областях Марса могут находиться известные на Земле минералы, окраска которых меняется при изменении окружающих условий. Но ни одно из этих объяснений не находится в идеальном согласии со всем комплексом наблюдаемых фактов. Поэтому автор статьи, присоединяясь к мнению большинства специалистов, склонен считать темные участки поверхности Марса областями распространения своеобразных растительноподобных организмов.

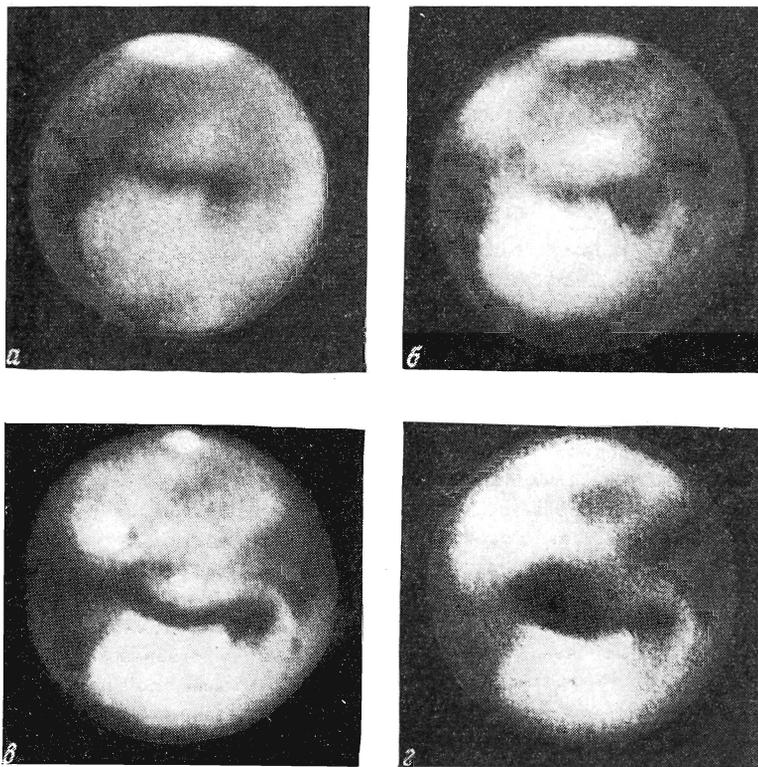
Противники этой точки зрения ссылаются на суровые природные условия Марса. Между тем экспериментально доказано, что даже в условиях, близких к марсианским, возможно существование

живых организмов. Разумеется, человек, оказавшись на Марсе без защитного скафандра, задохнулся бы, потому что он не приспособлен к жизни в таких условиях, точно так же, как он не приспособлен, например, в отличие от морских организмов, к жизни в глубинах моря. Однако природа Марса не настолько сурова, чтобы жизнь на этой планете была совершенно невозможной. Вспомним, что среднегодовая температура многих областей на Марсе мягче, чем среднеянварская в Якутии, где растительный и животный мир достаточно богат и разнообразен.

У нас на Земле в реальной природе можно видеть яркие

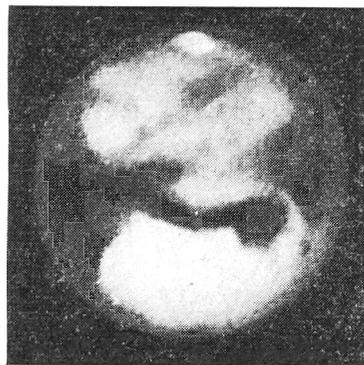
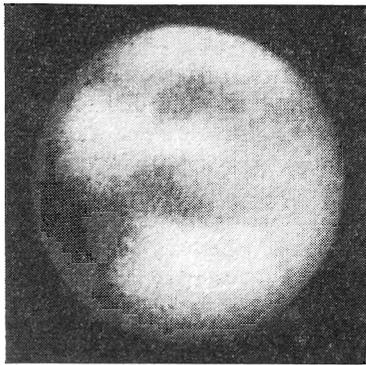
примеры «изобретательности» организмов, приспособившихся к трудным условиям существования путем естественного отбора на протяжении жизни многих поколений. Например, в Долине Смерти (Калифорния, США) некоторые грибы имеют пигментацию, которая служит им защитой от солнечных лучей. Возможно, пигментация могла бы обеспечить защиту марсианских организмов от ультрафиолетового солнечного излучения, для которого атмосфера Марса слишком прозрачна. Некоторые земные растения имеют листья, которые днем поворачиваются своей поверхностью вслед за суточным движением Солнца, а на ночь сворачиваются для уменьшения потерь тепла, происходящих из-за инфракрасного излучения с поверхности теплых листьев. Такое свойство было бы жизненно важным и на Марсе.

Итак, можно сказать, что никакие твердо установленные факты, относящиеся к физическим условиям на поверхности Марса, не исключают возможности жизни на этой планете. Но имеются ли неопровержимые доказательства, что жизнь там существует в действительности? Таких доказательств нет. Сообщение В. М. Синтона об открытии «полос жизни» в инфракрасной части спектра темных областей Марса в последнее время вызывает ряд существенных возражений*. Впрочем и раньше интерпретация полос не казалась бесспорной. Так советский астроном В. И. Мороз отмечал трудности на пути удовлетворительного отождествления полос со спектрами известных органических соединений, например, входящих в состав земных растений. Кроме того были опубликованы работы, в которых



Марс окружен газовой оболочкой — атмосферой, которая, как видно по снимкам, прозрачна в красных лучах, создает дымку в желтых и рассеивает голубые. Фотографирование производилось через светофильтры: а) красный, б) оранжевый, в) желтый, г) голубой

* Об этом будет подробно рассказано в следующем номере нашего журнала.



Пылевая буря на Марсе заволочла его поверхность непрозрачной пеленой во время великого противостояния 1956 года (снимок слева). Для сравнения приведен снимок планеты, сделанный в таком же ее расположении в 1941 году

показывалось, что некоторые «полосы Синтона», принадлежащие, как считалось, органическим веществам, которые называют альдегидами, порождаются также едва ли углеводородами растений, потому что в них содержится слишком мало альдегидных групп. Такие полосы мог бы дать ацетальдегид, но в температурных условиях Марса это вещество должно находиться только в газообразном состоянии. Если бы оно имелось на Марсе, то распространилось в атмосфере планеты, а принадлежащие ацетальдегиду спектральные полосы не были бы локализованы только в темных областях поверхности Марса. Таким образом, природу темных областей нельзя еще отнести к числу окончательно разрешенных проблем.

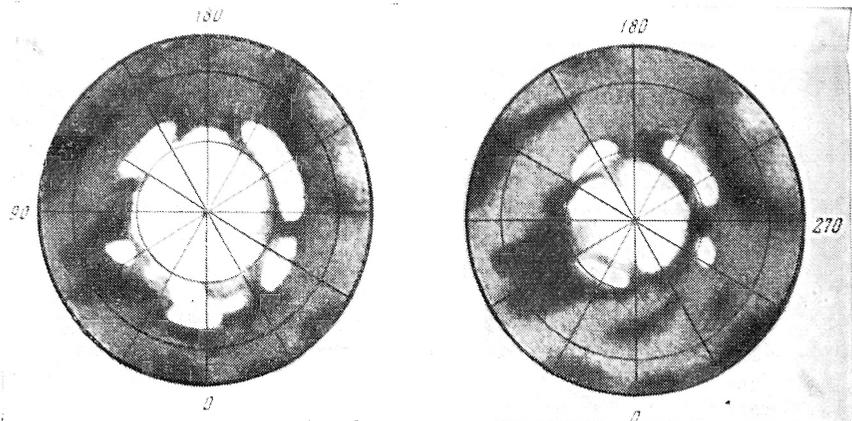
Много тайн еще хранит Марс. Но, пожалуй, наиболее загадочна природа знаменитых марсианских «каналов», открытых более 80 лет назад. Эти ровные линии, иногда двойные, пересекают светлые равнины в разных направлениях. Некоторые из них сходятся в узловых точках, как железные дороги у крупных городов. «Каналы» тянутся не только в пустынях, но и служат основой (как бы главными «жилами») обширных тем-

ных областей и обладают двумя признаками этих областей: во-первых, состоят из множества отдельных темных пятнышек, во-вторых, темнеют, когда проходит весенняя «волна оживления», затем постепенно бледнеют и исчезают, а следующей весной появляются каждый на своем месте.

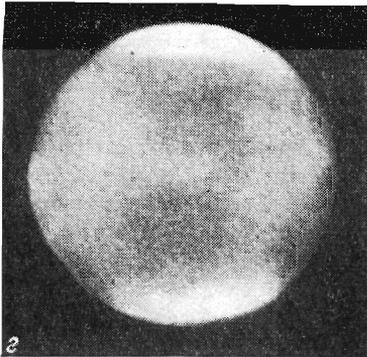
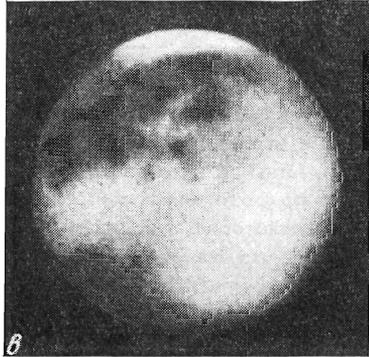
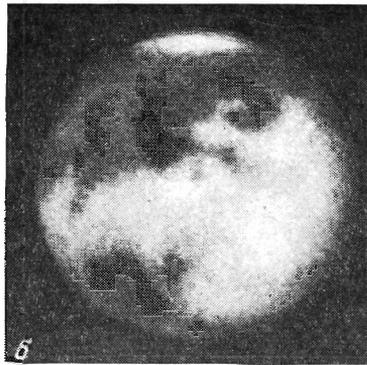
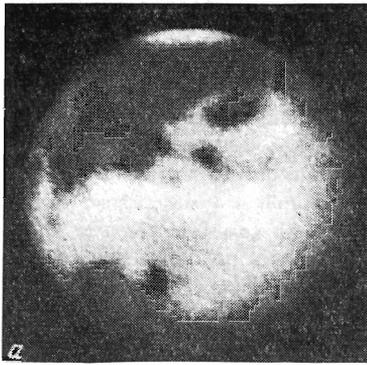
Итальянец Дж. Скиапарелли, открывший «каналы» в 1877—1879 гг., в конце прошлого века

впервые опубликовал заманчивую догадку о том, что это — система искусственного орошения, построенная разумными марсианами с помощью высокоразвитой техники. Эту идею подхватил в начале нашего столетия П. Ловелл, считавший, что мы видим, скорее всего, не самые «каналы», а растительность по их берегам. Однако дальнейшее развитие техники астрономических наблюдений привело к созданию приборов для измерения температуры поверхности планет, и было твердо установлено, что при низкотемпературных условиях на поверхности Марса совершенно нецелесообразно проводить каналы, подобные нашим земным.

Известны и иные представления о природе «каналов». Например, некоторые исследователи считают, что каналы — наружные следы глубинных разломов, аналогичных по своей природе глубоководным океанским впадинам и высочайшим горам на Земле; другие придерживаются мнения, что это трещины на поверхности планеты. Ниже будет изложена



Карта северной полярной области Марса (до широты 65°). Две стадии обычной сезонной эволюции полярной шапки. Марсианские времена года на этих рисунках соответствуют земным датам 2 июня (слева) и 12 июля (справа) в смысле суточного прохождения Солнца над марсианским горизонтом



Сезонные изменения в темных областях: а — начало весны; б — конец весны; в — середина лета; г — конец лета

еще одна гипотеза о природе «каналов». Но прежде необходимо рассказать о непонятном явлении, по-видимому, имеющем отношение к проблеме «каналов». Профессор Н. П. Барабашов дал описание длинных светлых полос, которые, неожиданно возникая на поверхности Марса, остаются яркими всего несколько минут, а затем блекнут и постепенно исчезают. Впрочем, не всегда. Отдельные полосы удавалось заметить на протяжении нескольких земных ночей. В числе всего нескольких белых полос, которые довелось видеть Н. П. Барабашову за всю его многолетнюю практику наблюдений Марса, отмечены случаи, когда такая полоса окаймляла линию хорошо заметного «канала» или проходила точно внутри раздвоенной «трассы» крупного двой-

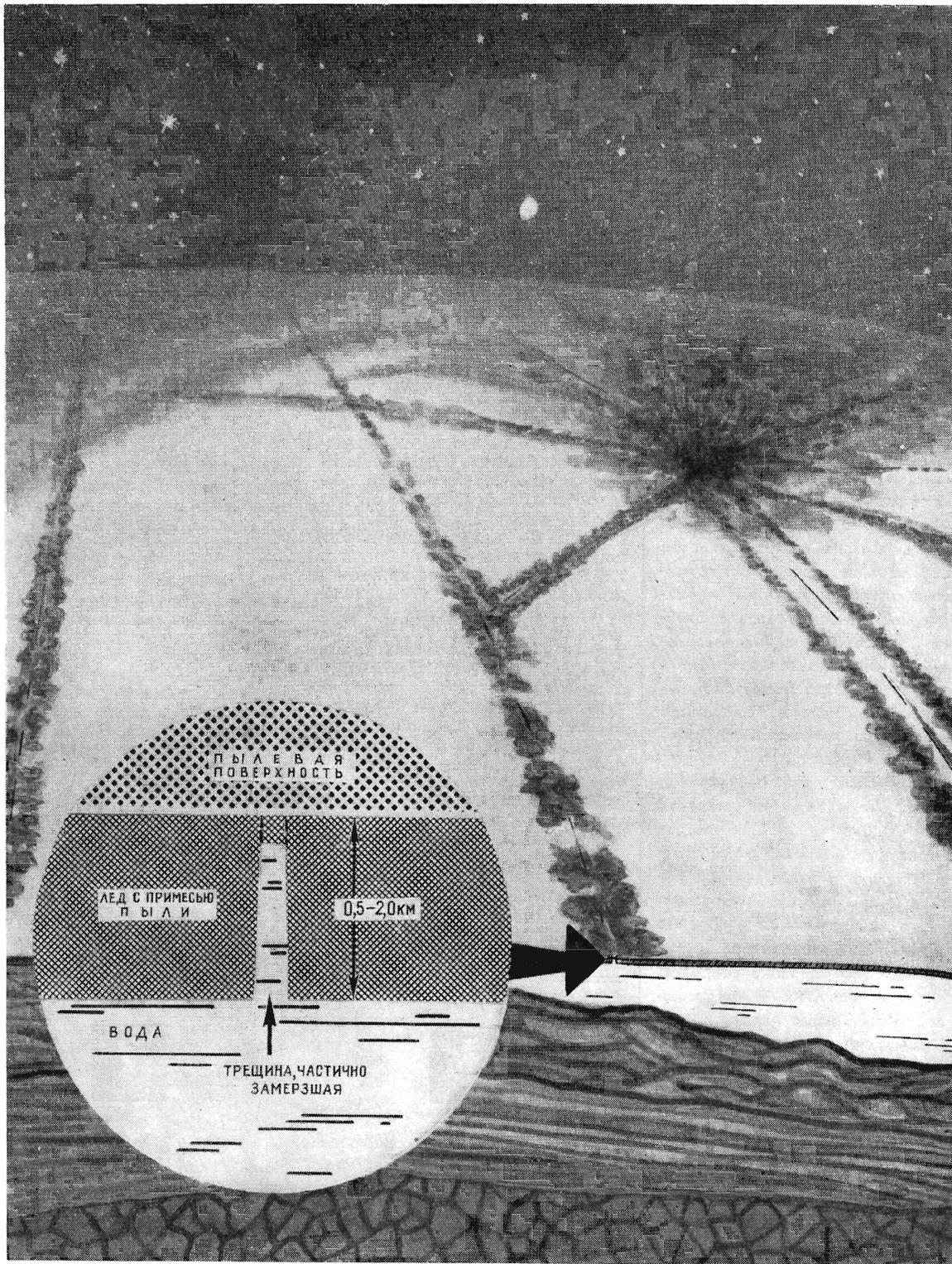
ного «канала». Одну из этих полос одновременно с Н. П. Барабашовым видел в 1924 г. Е. Антониади (Франция).

Появление подобных же образований отмечено независимо различными наблюдателями. А. Дольфюс (Франция) видел на Марсе детали, напоминающие маленькую «светлую дорожку». Они возникают при вечернем понижении температуры. Дж. Робинсон (США) в 1963 г. отметил появление на красной планете светлых волокон огромной протяженности, которые он назвал линейными облаками. Не имеют ли они отношения к светлым полосам, образующимся, может быть, не случайно, вдоль «каналов»? И как все это можно объяснить?

Одно из возможных объяснений, которое пока нельзя считать

окончательным, вытекает из выдвинутой автором этой статьи гипотезы о существовании на Марсе жидких океанов под твердым слоем вечной мерзлоты. Согласно гипотезе, в километровой «скорлупе», ограниченной сверху и снизу равными поверхностями, за огромный промежуток времени возникло множество прямолинейных трещин под действием происходящих изредка катастрофических «землетрясений» и не менее редких падений сверхгигантских метеоритов. Вода в трещинах быстро замерзает, но только с поверхности. Глубинное промерзание происходит очень медленно: на полкилометра за сотни тысяч лет. Расчеты показывают, что температура мерзлого грунта в окрестностях таких трещин смягчается и много лет остывает несколько повышенной. Поэтому, скорее всего, именно в этих районах, вдоль трещин, по обоим «берегам», должны быть расположены оазисы растительности. По-видимому, именно они и образуют раздвоенные возле очень крупных трещин линии, которые мы видим с Земли как марсианские «каналы». При повторных «землетрясениях» в районе какой-либо крупной трещины последняя вновь вскрывается и над открытой поверхностью жидкой воды поднимается пар, конденсирующийся в морозном воздухе в белое облако. Испарение должно быть интенсивным: ведь температура жидкой воды не ниже нуля градусов, а на Марсе это не так уж далеко от точки кипения. Если смотреть с большой высоты, пар над трещиной должен

Гипотетическое строение поверхности Марса (по Давыдову)



выглядеть как белая полоска, линейное облако, или, если хотите, — дорожка тумана, который над поверхностью воды усиливается при охлаждении воздуха. И тогда можно предположить, что объекты, описание которых дали Н. П. Барабашов и Е. Антониади, А. Дольфус и Дж. Робинсон, представляют собой образования одного и того же типа: водяной пар в районе вскрывшейся трещины. Впрочем, не исключена возможность, что истинная природа этих образований окажется совсем иной.

Богатая новая информация о Марсе, о его атмосфере может быть получена при изучении его спектров в лучах далекого ультрафиолета, для которого земная атмосфера непрозрачна. Особенно важно получить фотографии планеты с малой высоты над ее поверхностью. Уже предпринимались первые попытки произвести наблюдения Марса с близкого расстояния с использованием космических аппаратов («Маринер-4»). Вскоре возможно, будут раскрыты некоторые «старые» тайны Марса, а может быть, и обнаружены «новые».

Следующим этапом, переход к которому зависит от решения ряда технических проблем, будет посадка на Марс «умных» автоматов с целью передать оттуда результаты химического и биологического анализа почвы и т. п. Но ответить на большинство других интересующих человека вопросов, многие из которых и предусмотреть-то на Земле нельзя, современным автоматам «не под силу». Эти вопросы решат участники будущих космических экспедиций.

Много веков ждет гостей Марс. И с каждым годом все ближе и ближе тот момент, когда на поверхность этой удивительной планеты наконец вступят гордые и умные, всемогущие сыновья и дочери Земли.



НОВЫЕ НАЗВАНИЯ ЛУННЫХ КРАТЕРОВ

После того как в 1959 г. советская автоматическая межпланетная станция сфотографировала обратную сторону Луны, на ее карте появилось 19 новых названий. Крупнейшие кратеры названы в честь Джордано Бруно, Ломоносова, Циолковского, Жюлио-Кюри, Максвелла, Эдисона, Попова, Менделеева, Герца, Склодовской-Кюри, Курчатова и других ученых последнего времени.

На XII съезде Международного астрономического союза в Гамбурге было решено присвоить имена крупнейших ученых нового времени 80 кратерам краевой зоны Луны. До сих пор они выходили на снимках очень плохо, так как находятся на самом краю лунного диска. Разработанный в США под руководством Д. Арчера новый метод проектирования снимков Луны на белый шар и пересъемки краевых зон лунного диска без перспективных искажений позволил составить так называемый ректифицированный атлас лунной поверхности. Кратеры краевой зоны предстали перед глазами ученых в их настоящем, неискаженном виде.

Среди тех, чьи имена присвоены кратерам краевой зоны Луны, крупнейшие физики нового времени Бор, Эйнштейн, Ферми, Планк, известные астрономы Джинс, Рессел, Эддингтон, русские и советские ученые Дубяго (А. Д.), Марков (А. А.), Белькович, американский пионер космонавтики Годдард, полярные исследователи Амундсен, Скотт, Нансен, Пири и многие другие.

ВТОРОЙ МАКСИМУМ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Результаты внеатмосферных наблюдений солнечной короны и недавно проведенный анализ данных о площадях солнечных пятен за многие годы, заставили пересмотреть представление об 11-летнем цикле солнечной активности. Оказалось, что в течение каждого цикла происходит два максимума активности, разделенные промежутком в 2—3 года. Во время первого максимума увеличивается число пятен на всех широтах, а во время второго — главным образом в экваториальных областях. Известное уменьшение широт солнечных пятен в течение цикла объясняется простым наложением двух всплесков активности. Это открытие, сделанное советским астрономом М. Н. Гневышевым, безусловно, поможет разгадать причину циклической активности Солнца.

«Астрономический журнал»,
42, 1965, 253.



(К стр. 23)

Фазы Луны (при наблюдении с Земли) и фазы Земли (при наблюдении с Луны) дополняют друг друга до полного круга. Следовательно, в нашей задаче космонавт видел бы Землю почти как полный диск.



16 октября 2126 г. произойдет полное солнечное затмение, видимое в Европейской части нашей страны. В каких числах октября 2126 г. Луна будет находиться в следующих фазах: ☽ ☽
☾ ○

(Ответ на стр. 69)

ОКЕАН

И. М. БЕЛОУСОВ

У большинства людей слово «океан» связано с детскими и юношескими воспоминаниями, с увлечением Жюлем Верном, Джеком Лондоном, книгами о Колумбе и Магеллане, о дерзких пиратах и пропавших в пучине сокровищах, о бурях и кораблекрушениях, о всевозможных тайнах и необыкновенных приключениях. Немножко грустно, что все это в прошлом: Америки открыты, океан с развитием техники из грозного и довольно страшного великана превратился в Золушку. А информации на последних страницах газет о тайфунах и ураганах, воспринимаются чуть ли не как досадный атавизм. Приключения, романтика и научные открытия перекочевали в Космос. На долю океанов как будто бы не осталось ничего.

Вот примерно такое представление об океане сложилось у многих людей. И если вдруг всплывет в памяти имя Шокальского или Нансена, Макарова или Ширшова, то к ним как-то автоматически добавляются слова: ученый, полярик, моряк. Но редко кто скажет: исследователь океана. А другие имена и не вспомнятся.

Это не лирическое вступление и не преувеличение. Мне не раз приходилось встречаться с людьми начитанными, интересующимися наукой, путешествиями, новейшими достижениями техники, которые даже не представляли себе, что же сейчас делают ученые в океане.

— А, «Витязь», как же, знаем. Это который без единой металлической части? (!)

Или:

— Это он до сих пор под парусами ходит?

Дважды из корректур газетной и журнальной статей, написанных несведущими людьми, мне приходилось вычеркивать относящееся к «Витязю» определение: «белоснежный парусник».

Все это побуждает начать разговор об океане — большом, таинственном, как и сотни лет назад, непокоренном.

Позвольте начать с конца. До сих пор мы очень мало знаем об океане, особенно о его дне. Может быть несколько больше, чем о суше в эпоху великих географических открытий. Чтобы подкрепить такое «еретическое» заявление, обратимся к достижениям океанологии хотя бы за последние 10 лет.

Открыты: подводный хребет в Индийском океане длиной 2650 миль, высотой от 1 до 3,5 км (сравните с Уральским хребтом!), глубоководный желоб «Витязя» в

Тихом океане, ряд других хребтов и желобов, сотни подводных гор.

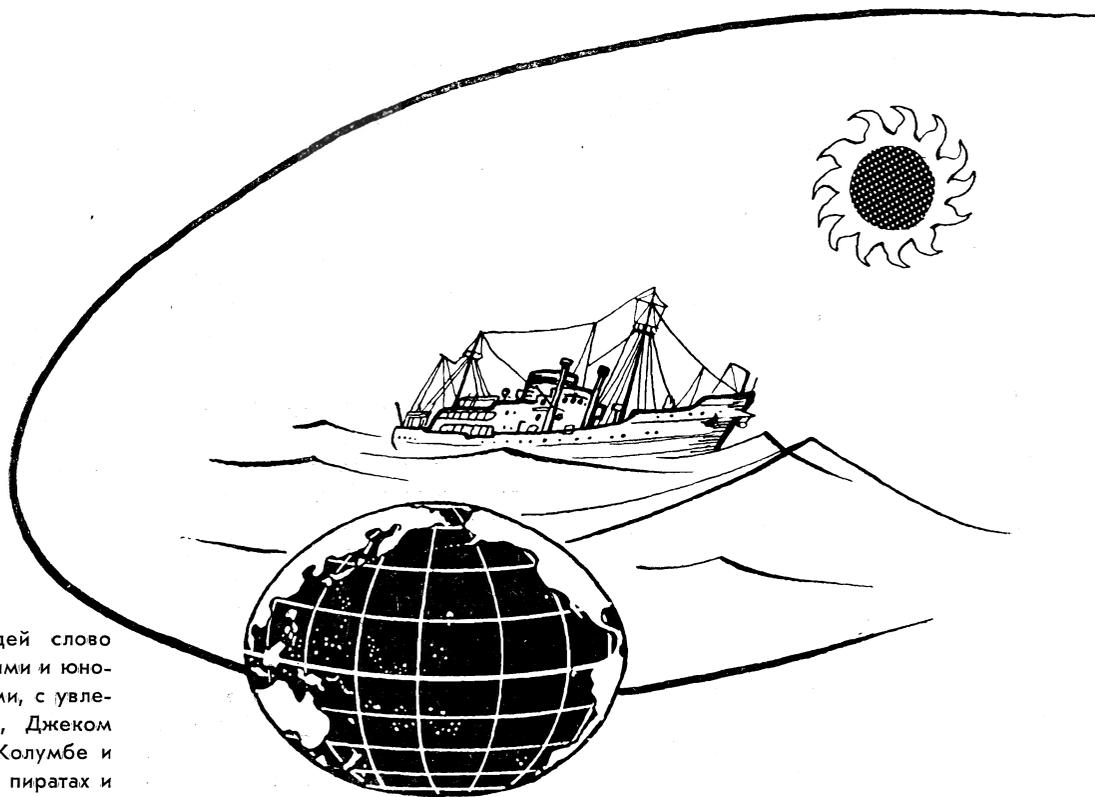
Впервые и лишь весьма приблизительно нанесен на карту рельеф Северного Ледовитого океана и огромных районов океана, примыкающих к Антарктиде. Даже дно старой исхоженной вдоль и поперек «колыбели цивилизации» — Средиземного моря стало более или менее известно только в последнее время.

Обнаружено экваториальное подповерхностное течение, существующее во всех океанах. Выясняется, что течения пронизывают все «этажи» океана вопреки распространенному ранее мнению о почти полной неподвижности глубинных слоев.

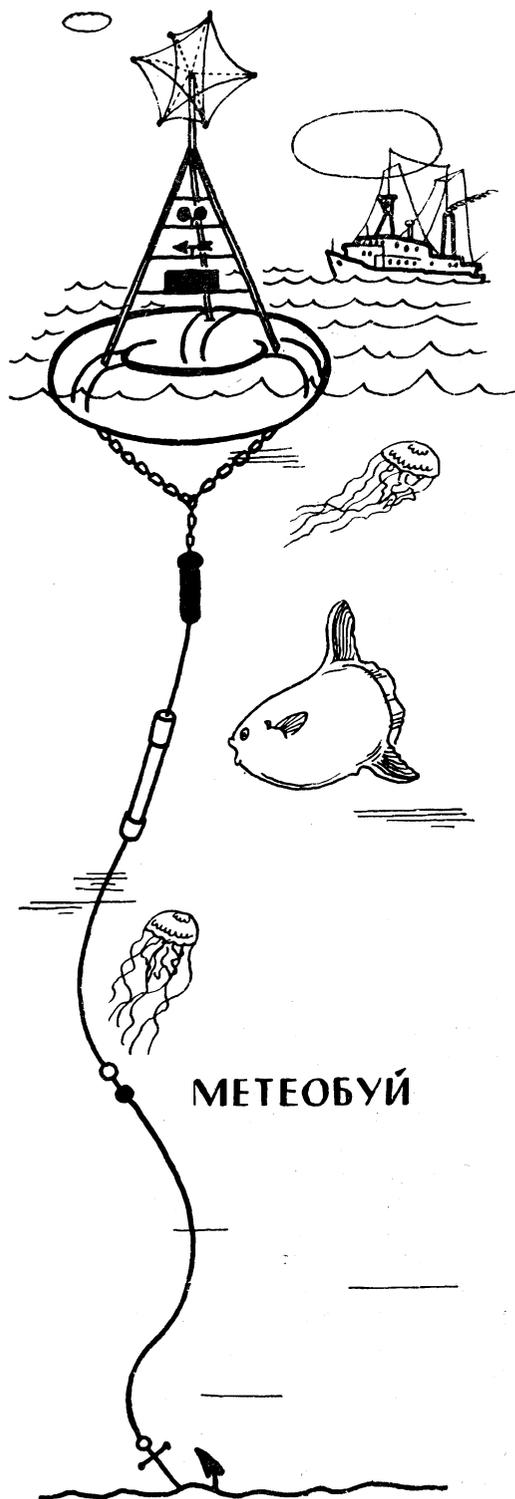
Хорошо потрудились систематики: несколько сот новых биологических видов, десятки родов, семейств пополнили справочники и руководства.

Оказалось, что рыбы, которым отводили для жилья лишь верхние тысячи метров, отлично чувствуют себя на максимальных глубинах.

Перечислением открытий, развешанных заблуждений, похоронен-



Рисунки В. И. Преображенской



ных и рожденных вновь гипотез можно заниматься долго, но лучше обратиться к существу природы океана и его значению.

Обычно наибольшее впечатление на людей производит факт обнаружения нового или необычного. При этом безразлично, что это — подводная гора, рыба, течение или максимальная глубина. Такие открытия важны, интересны, расширяют наши знания о Земле и ее природе. Но для общего развития науки представляют ценность только те факты, которые могут пролить свет на существо тех или иных процессов, явлений, закономерностей, свойственных океану в целом. Иными словами, наиболее важным в океанологии, как и в других науках, является установление взаимосвязей между полученными данными и на этой основе разработка теории явлений. Такую постановку вопроса легко объяснить.

Одна из целей океанологических исследований заключается в разработке методов точного прогнозирования, а возможно, и преобразования природы. Что же нужно, более того, что необходимо прогнозировать?

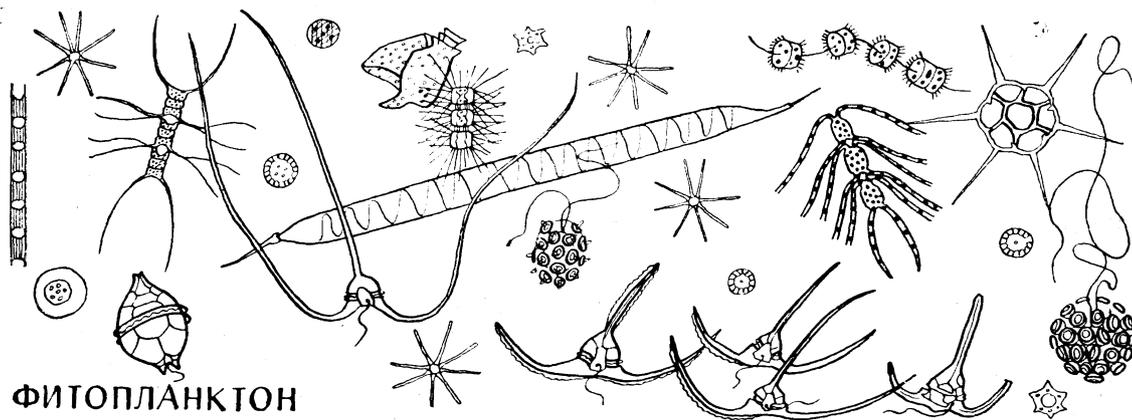
Прежде всего погоду. Как выяснилось, прогноз погоды может быть точным только при твердом знании условий обмена теплом между океаном и атмосферой. Океан — огромное хранилище тепла планеты, его регулятор. При одних определенных условиях он отдает тепло атмосфере, при других — забирает. Из тропических районов огромные массы воды, а вместе с ней и тепла путешествуют к северным широтам. Там они отдают это тепло, значительно влияя на климат колоссальных районов. Примеры общеизвестны — Гольфстрим в Атлантическом, Куросио — в Тихом океанах. Но как, при каких условиях, с какой скоростью и интенсивностью происходит обмен теплом между океаном и атмосферой? Как влияет на этот процесс состояние поверхности

океана, т. е. наличие волнения? Какова роль скорости ветра? Точного ответа на эти вопросы пока нет. И одной из главнейших проблем современной океанологии стал вопрос о взаимодействии океана и атмосферы. Для его разрешения проводятся сотни экспериментов, измерений. На службу проблеме поставлены новейшие электронные приборы, специально сконструированные метеобуи и плавучие станции. А над каждым выставленным с судна буйом возвышается длинный шест с подвешенными к нему приборами для автоматической регистрации влажности, давления, скорости и направления ветра. В глубину моря уходят термозонды для записи температуры и ее изменений. Самописцы течений рассказывают о движении воды. Затем десятки самых фантастических кривых ложатся на стол ученого. Начинается обработка.

На помощь приходят электронные вычислительные машины, сложнейшие математические формулы, строгие физические законы. И, конечно, талант ученых. Через несколько лет напряженной работы в океане, за столом, в экспериментальном бассейне, в вычислительном центре, появится теория, объясняющая достаточно полно взаимодействие океана и атмосферы. Потом ее еще придется уточнять, дорабатывать.

Результатом труда будет точный прогноз погоды, так необходимый для хлеборобов и животноводов, строителей и моряков, летчиков и шоферов. Экономические выгоды трудно подсчитать.

Нужен и другой прогноз: где ловить рыбу? Известно, что рыбы в основном собираются в районах, богатых кормом. А корм — это зоопланктон: небольшие животные, свободно переносимые течениями. Вверх и вниз передвигаются самостоятельно. Где же их искать? Там, где пища — фитопланктон (мельчайшие одноклеточные водоросли). Они — первое звено, превра-



ФИТОПЛАНКТОН

щающее в результате процесса фотосинтеза неорганические вещества в органическую материю. Для развития фитопланктона необходим фосфор, кремний, кальций, азот — биогенные элементы. Ну, а кислород нужен всем.

Фотосинтез осуществляется в результате эксплуатации энергии Солнца, его излучения. А солнечный свет проникает лишь на глубину десятков метров. Если в этом слое «выедены» все биогенные элементы, развитие фитопланктона прекратится. Нужен постоянный приток биогенных элементов. Откуда? Из глубин вместе с холодными водами, поднимающимися на поверхность. Ведь там, внизу, некому поедать фосфор, азот и прочие яства. Районы подъема вод перемещаются, меняют границы, в одном месте исчезают, в другом появляются. Зависит это от множества причин — системы циркуляции воды, ее плотности, ветров. А они в свою очередь тоже от чего-то зависят. Вот и определите заранее, где же окажутся благоприятные условия для скопления рыб. Нужны тысячи одновременных наблюдений, опять приборы, суда, средства. Опять вычисления, кривые...

Перенесемся на дно. В вечном мраке, нарушаемом отдельными огоньками светящихся животных, падает дождь из скелетов погибших обитателей океана,

мелких частиц, унесенных реками и ветром с континентов, крупинки космического вещества, примчавшихся из глубин Вселенной. На дне свои особенности. С крутых склонов гор и хребтов осадки сползают в углубления. Придонные течения тащат их с места на место. В одних районах накапливается масса материала, огромные толщи. Увеличиваются они со скоростью иногда до 1—2 см в тысячелетие.

По осадкам, их составу, слоистости, толщине можно прочесть захватывающе интересную книгу природы. По раковинам и скелетам мельчайших животных и водорослей можно определить климатический режим моря. Известно ведь, при каких внешних условиях развиваются те или иные организмы. Прослойки вулканического пепла рассказывают о мощных извержениях. Можно даже установить глубину океана, на которой располагалось дно во время отложения того или иного слоя.

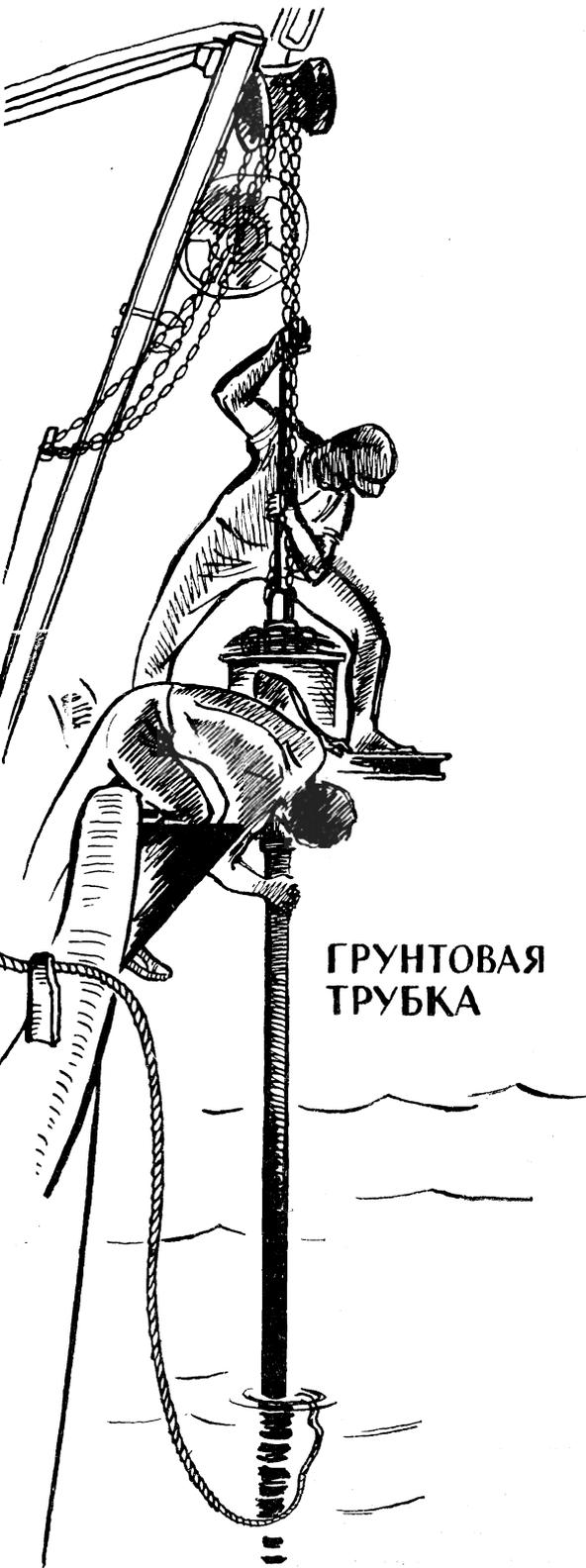
Листай себе страницу такой летописи за страницей, и история планеты будет вставать перед глазами. Лишь одно «небольшое» затруднение: толщина осадков достигает 1—2 км (встречается и еще большая), а современные грунтовые трубки не приносят колонок свыше 20 м. Да и таких трубок всего несколько десятков

на весь Мировой океан. Сколько же еще предстоит сделать...

Есть в океане места, где осадки не накапливаются, потому что уносятся течениями, а может быть и по каким-то еще неизвестным причинам.

Лишь голые скалы оттеняют суровый пейзаж первозданного ландшафта. Но странная вещь. Где не накапливаются осадки, там начинают появляться черные камешки, булыжники — железомарганцевые конкреции. Чего в них только нет. Марганец и железо, никель и молибден, медь и кобальт. И концентрация, вполне подходящая для промышленной разработки. Руда будущего. Обнаружил район залежей, произвел предварительную оценку запасов и вызывай судно для добычи. Скоро, по-видимому, так и будет.

Все же ценность знаний об осадках морского дна, конечно, не только в конкрециях. Ведь известно, что огромные районы современной суши были когда-то покрыты водами морей. И там образовались осадочные породы. Из них добываются многие полезные ископаемые. Этим осадков на суше много. Но полезные минералы и металлы встречаются не везде. Каковы причины их образования, где их еще удастся найти? На эти вопросы поможет ответить изучение процессов



осадконакопления в современных морях и океанах. И когда в руках у нас окажется вся цепочка фактов — от частиц, выпадающих на дно в различных районах, до превращения их в толщу осадочных пород — можно выявить закономерности и соответственно места образования тех или иных залежей.

Легко заметить, что в этом рассуждении есть существенный пробел. Говорим о породах суши, а ссылаемся на осадки морей. Как же стали сушей бывшие морские районы? На это должна ответить наука геотектоника. Однако важнейшие данные по развитию земной коры тоже лежат в океане. Во-первых, потому, что он занимает почти 71% всей Земли, а, во-вторых, о нем имеется пока что очень мало данных. Даже рельеф дна океанов, первые промеры которого начали получать еще в первой половине XIX века, известен мало. Можно найти районы площадью до 1,5 млн. км², где не сделано ни одного измерения глубины.

Немного более десяти лет назад начаты в океане работы по определению мощности земной коры и осадочного слоя, наблюдения за магнитным и гравитационным полями. Именно этот материал позволяет изучать глубинное строение земной коры.

Сейчас существуют по меньшей мере три взаимоисключающие гипотезы об истории и тенденции развития земной коры. Представьте себе положение ученых, когда каждый факт надо пробовать объяснить разными причинами, а в результате так и остается невыясненным: что же есть на самом деле? Для ликвидации подобного положения геофизики, геологи, геохимики и, конечно же, океанологи разных стран решили организовать международный поход на тайны Земли под названием «Проект верхней мантии».

В океане скрывается тайна происхождения и развития жизни. Но там можно рассчитывать на успех в решении не только этой проблемы. Новая наука бионика, изучающая особенности строения живых организмов для использования полученных данных в технике, все больше обращается к изучению морских животных. Например, если бы удалось корпуса судов сделать из материала, похожего на кожу дельфина, расход топлива снизился бы в десятки раз, а скорость повысилась. Биологических задач, связанных с животным миром океана, масса.

Совершенно особое место занимает проблема изучения берегов. У берега смыкаются поверхность океана и его дно. И их взаимодействие приводит к возникновению явлений и процессов, знание которых очень важно для человека. Под воздействием волн и течений движутся потоки наносов, размываются берега, образуются боры, лагуны. Нельзя строить порт, не зная, что будет с ним через несколько лет. Если забрать песок с пляжа, начнется разрушение коренного берега.

В береговой зоне накапливаются залежи тяжелых минералов. Выяснение законов их концентрации приведет к открытию новых запасов полезных ископаемых. Причем не только в современной береговой зоне, но и в тех районах, где раньше проходили древние береговые линии.

Еще одна проблема океана. Земля — планета. Чтобы изучить другие планеты, надо знать устройство своей. Без знания поверхности твердой Земли под океанами нельзя решить, что же такое наша Земля:

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всех проблем, стоящих перед океанологами. Изучение океана современными приборами только начинается. Ученые наших дней уже знают,

МАКРОФАРИНКС



ОСЬМИНОГ

МЕЛАНОЦЕТУС

МАЛАКОСТЕУС

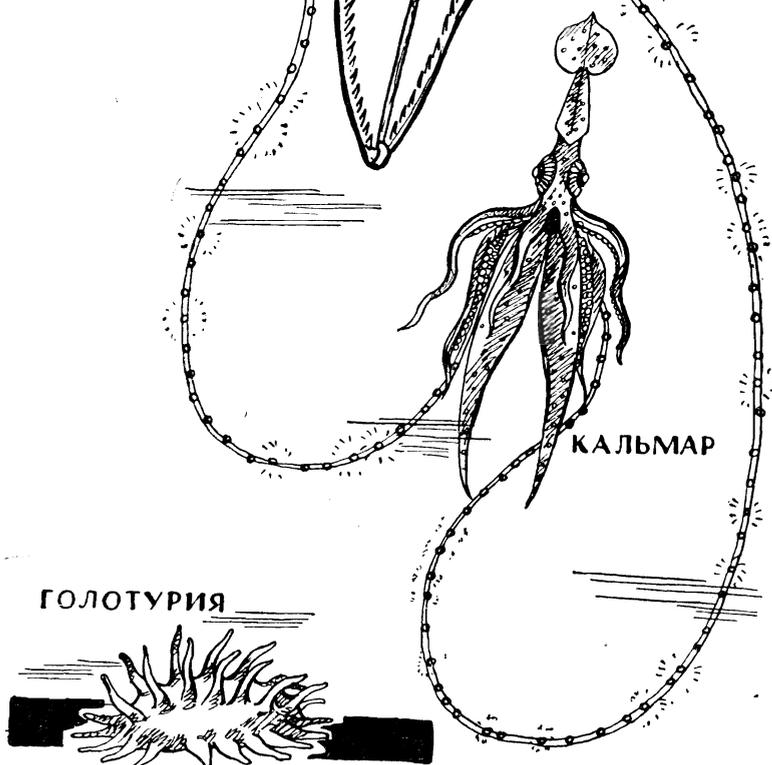
зачем нужно изучать океан, и представляют себе, как это можно сделать.

Даже если удастся в ближайшее время добиться хотя бы частичного успеха в решении одной-двух проблем океанологии, то и тогда трудно переоценить выгоду от их практического использования. Уже сейчас большая серия достижений исследователей моря с успехом применяется в других областях науки и в народном хозяйстве.

Недаром постепенно приобретает всеобщее признание утверждение о том, что изучение океана не менее важно для человечества, чем космические исследования.

Совсем немного о романтике, приключениях и путешествиях.

Я не знаю, что испытывал Колумб, увидев новые земли, не знаю чувств, охвативших Беллинсгаузена, впервые увидевшего загадочный, полуправдоподобный, легендарный Южный материк. Впечатления и мысли при совершении таких событий во многом зависят от обстановки, темперамента, наконец, понимания происходящего. Но мне хорошо известны ощущения человека, перед глазами которого пишется на ленте эхолота новая максимальная глубина Мирового океана или появляются очертания дотоле совершенно неизвестной огромной подводной горы. И потом, в тиши лаборатории, обложенный



КАЛЬМАР

ГОЛОТУРИЯ

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

картами, схемами, профилями, десятками научных статей, сопоставляешь, ищешь, увязываешь различные факты, и вдруг выри-

совывается новая стройная картина, написанная природой.

Ради таких минут не жалко потратить годы.

ЗЕМЛЯ — «МОЛНИЯ-1» ЗЕМЛЯ

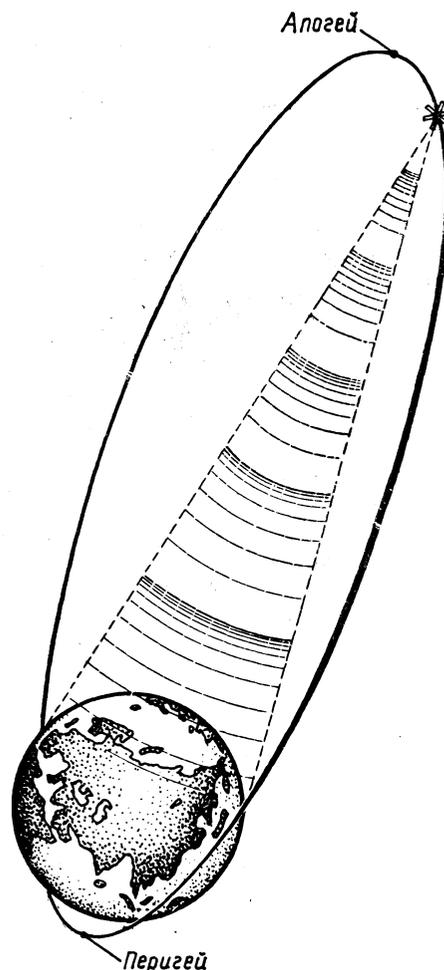
В. Д. НИКОЛАЕВ

С развитием науки и техники увеличивается значение средств связи для передачи все возрастающего потока информации на большое расстояние. В ходе поисков новых методов радиосвязи появились системы, использующие отражение радиосигналов от следов метеоров, эффект рассеяния радиосигналов неоднородностями тропосферы, отражение сигналов от поверхности Луны и т. д.

Успешное развитие космической техники позволило поставить на службу связи искусственные спутники Земли. Применение их приведет к созданию новых систем дальней радиосвязи и, несомненно, увеличит число высококачественных каналов связи.

Принцип использования спутника для системы дальней радиосвязи состоит в том, что спутник выполняет роль приемо-передающей станции, которая в обычной радиорелейной линии ретранслирует сигналы, передавая их от одного пункта к другому. Работа ведется в диапазоне ультракоротких волн (УКВ), что дает возможность передавать наибольшее количество информации. В обычных радиорелейных линиях, учитывая особенность распространения УКВ, приходится строить большое число промежуточных пунктов связи, отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости (40—60 км). Так, для передачи из Москвы программы Центрального телевидения в восточные районы страны требуется более сотни таких пунктов, оснащенных специальной радиоаппаратурой, энергосистемами и системами водоснабжения и резервирования. Естественно, что использование радиорелейных линий, особенно в малонаселенных и труднодоступных районах страны, по этим причинам крайне затруднено. К тому же качество сигнала при такой системе передачи во многом зависит от протяженности линии связи и от количества промежуточных пунктов. Чем больше протяженность линии, тем ниже качество сигнала. Поэтому такие линии могут быть длиной не более 5000 км*.

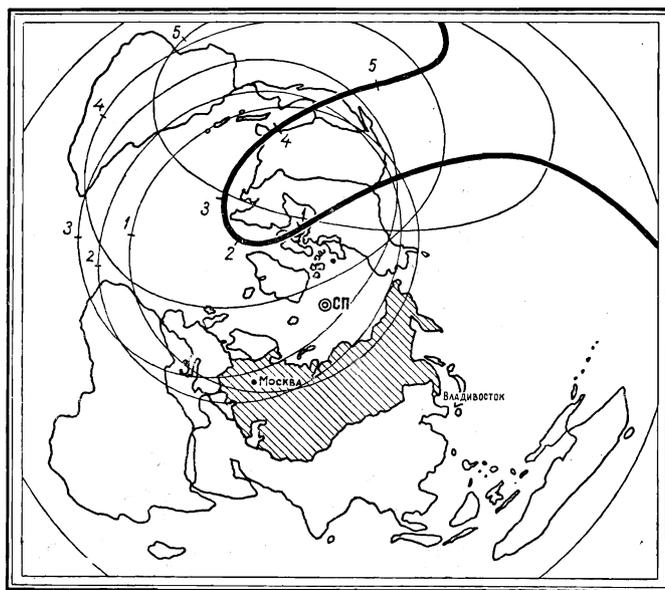
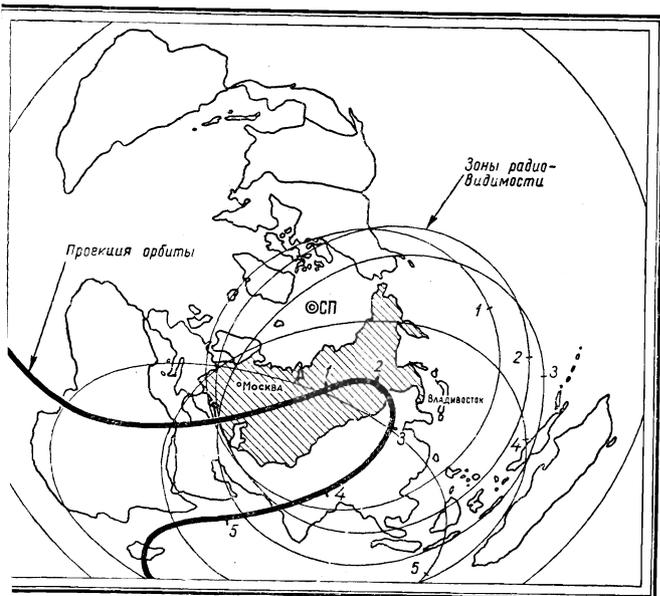
* Подробности об организации дальней радиосвязи на УКВ изложены в статье И. М. Пузырева «Опыт международной космической радиосвязи», опубликованной в этом же номере журнала.



Эллиптическая орбита с апогеем над Северным полушарием

Использование спутников для построения дальних линий связи открывает большие возможности и позволит решить проблему связи с отдаленными районами страны в более короткие сроки.

Как же строится линия связи с использованием спутника? На пунктах, между которыми организуется связь, устанавливаются антенны больших размеров и специальная приемо-передающая аппаратура. На спутнике находится аппаратура ретрансляции. Во время полета по орбите спутник движется таким образом, что определенное время он виден одновременно из пунктов, между которыми необходимо установить связь. Именно в это время один из пунктов посылает радиосигналы на спутник, которые поступают в приемник ретранслятора, усиливаются, а затем передатчиком излучаются на Землю и принимаются



Проекция орбиты спутника на поверхность Земли при полете над территорией СССР (слева) и над территорией Северной Америки. Цифрами отмечены зоны радиовидимости, соответствующие различным по-

вторым наземным пунктам. Так осуществляется связь на линии Земля — спутник — Земля.

Для создания систем связи между удаленными пунктами на территории СССР целесообразно использовать спутник с сильно вытянутой эллиптической орбитой с апогеем над северным полушарием и периодом обращения около 12 часов. Такая орбита обеспечивает для любых пунктов нашей страны сеансы связи большой длительности (8—10 часов).

Всего с тремя спутниками, обращающимися по таким орбитам, можно создать систему круглосуточной связи на всей территории Советского Союза.

При наличии международного соглашения подобная система может быть использована для связи с большинством стран северного полушария, где живет около 80% населения Земли.

Спутник связи «Молния-1» непосредственно после вывода обращался по орбите со следующими параметрами: высота апогея — 39 229 км, высота перигея — 551 км, наклонение орбиты — 65°, период обращения — 11 часов 48 мин. Апогей орбиты находится над северным полушарием, а перигей — над южным.

Выводился на орбиту спутник последовательно, в два этапа. Сначала на промежуточную низкую орбиту он был выведен с последней ступенью ракеты-носителя. Затем над южным полушарием двигатель этой ступени был включен, спутнику сообщена до-

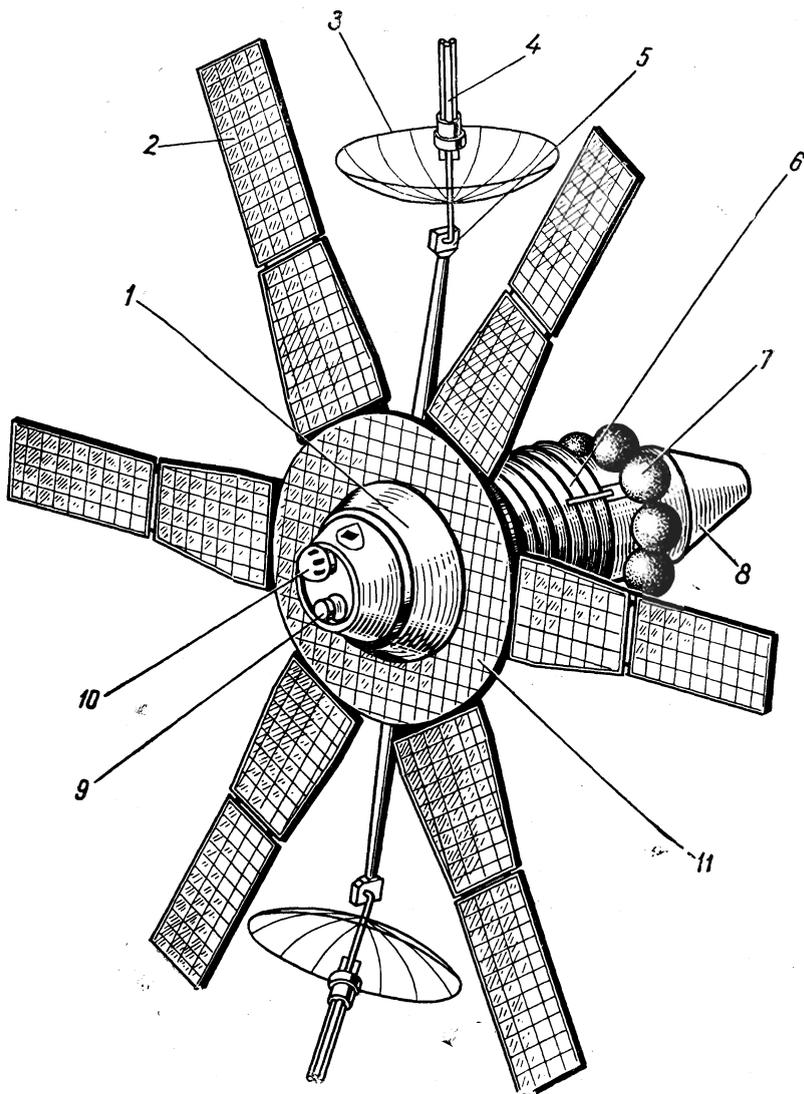
ложениям спутника на орбите. Например, если спутник находится в точке 2 орбиты, он виден с наземных пунктов, расположенных в зоне 2.

полнительная скорость и он вышел на высокую эллиптическую орбиту с апогеем над северным полушарием.

Совершая каждые сутки два витка вокруг Земли, спутник движется так, что на одном витке пролетает над территорией Советского Союза, а на другом — над территорией Северной Америки. Когда он летит над территорией нашей страны, то его одновременно видно из Москвы и из Владивостока.

Продолжительность полета спутника в зоне одновременной видимости этих пунктов (что и определяет длительность сеанса связи) зависит от взаимного расположения спутника и этих пунктов. Существует такое их взаимное оптимальное расположение, при котором сеансы связи между Москвой и Владивостоком будут наибольшими и составят около 10 часов. Это достигается при движении спутника по орбите с определенным расчетным значением периода обращения, близким к 12 часам. Если период обращения отклоняется от расчетного, оптимальное взаимное расположение спутника и наземных пунктов будет нарушаться, в результате уменьшается длительность сеансов связи.

Даже при высокой точности выведения на расчетную орбиту период обращения спутника изменяется вследствие воздействия на его движение Солнца, Луны и Земли. Поэтому необходимо корректировать период обращения спутника, изменяя скорость его



Общий вид спутника связи «Молния-1»
 1 — герметичный корпус; 2 — солнечная батарея; 3 — остронаправленная антенна; 4 — датчик ориентации антенны на Землю; 5 — антенный привод; 6 — радиатор-холодильник; 7 — запас рабочего тела для проведения микрокоррекции; 8 — корректирующая двигательная установка; 9 — датчик ориентации для проведения коррекции; 10 — датчик солнечной ориентации; 11 — панель-нагреватель

зи нескольких спутников. Она позволит синхронизировать их движение и тем самым сведет к минимуму число спутников в системе.

Что же представляет собой советский спутник связи «Молния-1»? У него герметичный корпус цилиндрической формы с коническими днищами. Снаружи на нем установлены шесть панелей солнечной батареи и две параболические антенны. Во время выведения на орбиту панели и антенны находились в сложенном состоянии и после отделения спутника от ракеты-носителя автоматически раскрылись.

К корпусу прикреплены радиационные поверхности системы терморегулирования: радиатор-холодильник цилиндрической формы и панель-нагреватель в виде плоского кольца. Конструкция нагревателя используется для крепления части элементов солнечной батареи.

В корпусе размещены радиоэлектронная аппаратура и другое оборудование. Для обеспечения нормальной работы аппаратуры внутри корпуса поддерживаются необходимое давление и температура.

В течение всего полета спутник ориентируется солнечной батареей на Солнце.

Одновременно с ориентацией на Солнце в сеансах связи одна из антенн со специальным приводом с высокой точностью следит за Землей. Управляется привод сигналами датчика ориентации, установленного на этой антенне.

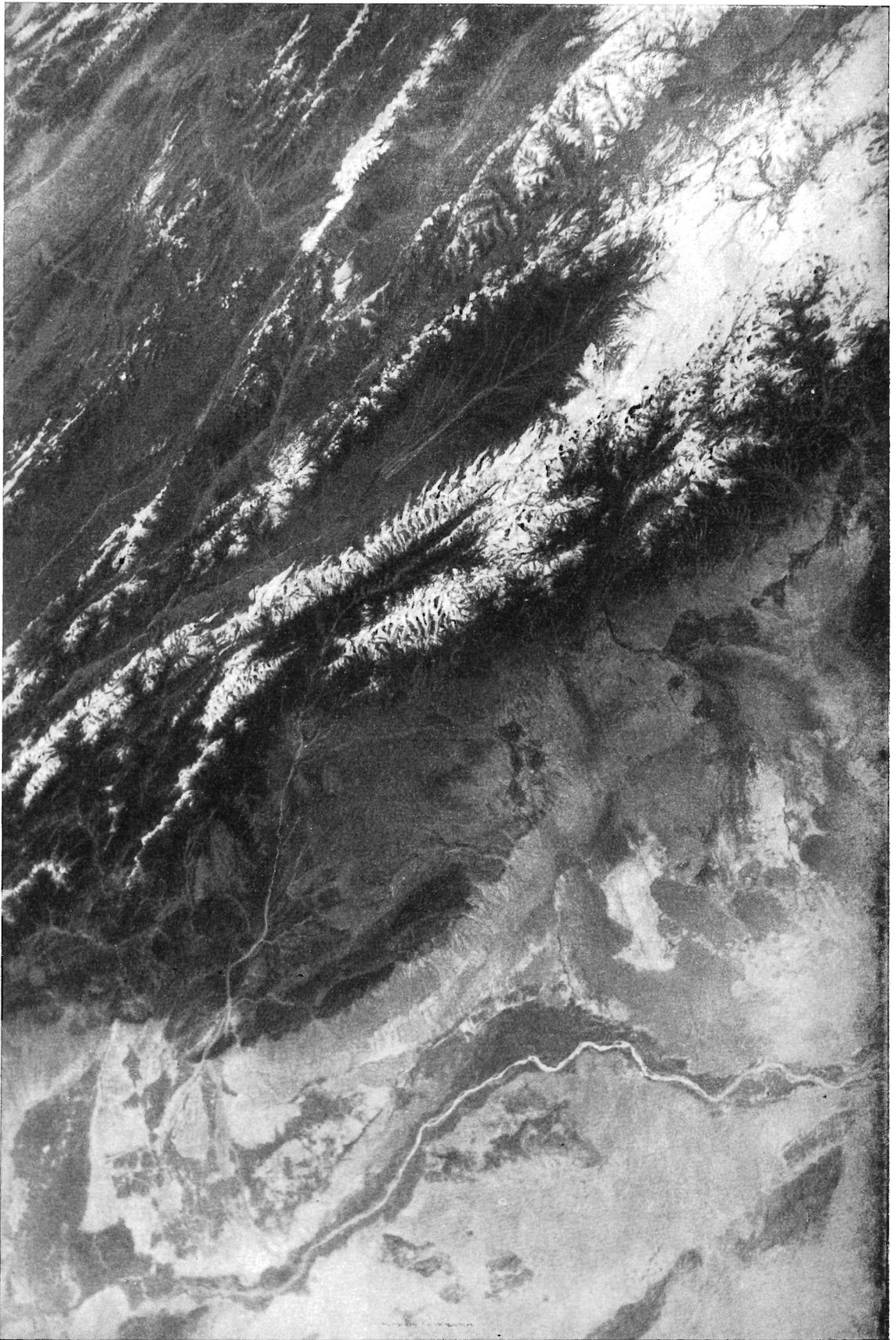
После ориентации антенны на Землю включается аппаратура ретрансляции. Мощный передатчик излучает радиосигналы через параболическую антенну, которая направляет их узким пучком непосредственно на Землю. Такое направленное излучение создает высокий уровень сигнала у поверхности Земли, вследствие чего на наземных пунктах требуются антенны сравнительно небольших размеров.

движения в перигее. При возрастании скорости период обращения увеличивается, при замедлении — уменьшается.

При больших отклонениях периода обращения от расчетного коррекция производится с помощью установленной на спутнике корректирующей двигательной установки. Такая коррекция проведена 2 мая 1965 г., после чего период обращения стал равен 12 часам, высота перигея 548, а апогея — 39 956 км.

Для устранения малых отклонений в периоде обращения на спутнике имеется система реактивных микродвигателей.

Коррекция периода обращения особое значение приобретает при использовании в системе свя-



Горные хребты, покрытые льдами, и реки.
Фотография сделана с борта космического корабля «Восход».



Застывшее каменное море. Фотография сделана с борта космического корабля «Восход»

Для обеспечения электрической энергией аппаратуры спутника на нем имеется система энергопитания. Она состоит из солнечной батареи, батареи химических источников тока и автоматики регулирования энергопитания.

Для контроля состояния и работы всех систем спутника на нем установлены телеметрические датчики. Опрос и передача их показаний на Землю производятся бортовой радиотелеметрической системой.

С помощью комплекса командно-измерительной аппаратуры с большой точностью определяется траектория полета спутника. Эта же аппаратура принимает управляющие команды, передаваемые с Земли.

Аппаратура и системы спутника управляются бортовым электронным программно-вычислительным устройством по программе, задаваемой в него периодически с Земли на несколько суток вперед. В соответствии с заданием это устройство в строго определенной последовательности и в заданное время включает и выключает системы и приборы спутника. При необходимости можно вмешаться в работу спутника и командами с Земли произвести необходимые переключения.

Для изучения влияния пояса радиации на системы спутника «Молния-1», а также для постоянного замера дозы радиации, получаемой в полете, на нем

установлена специальная аппаратура дозиметрического контроля.

Спутник связи «Молния-1» предназначен для длительной работы в условиях космического пространства. Для проверки надежности элементов и систем «Молнии-1» отдельные, наиболее ответственные узлы испытывались в реальных условиях на спутниках серии «Космос». Например, вопросы радиации и поведения солнечных батарей были решены на спутнике «Космос-41», который запускался на орбиту, сходную с орбитой «Молнии-1».

С 23 мая через спутник связи ежедневно проводятся испытания двухсторонней линии космической радиосвязи между Москвой и Владивостоком. Во время сеансов связи проводятся передачи телевидения телефонных разговоров, телеграфных и фототелеграфных сообщений. Успешно прошли и дали вполне обнадеживающие результаты испытания по передаче цветного телевидения.

Дальнейшие испытания и отработка линии сверхдальней радио- и телевизионной связи со спутником «Молния-1» продолжаются.

Запуск «Молнии-1» и создание экспериментальной линии сверхдальней связи открывают новые возможности в использовании космоса для нужд населения и народного хозяйства нашей страны



КОМЕТЫ—НЕ ИНОРОДНЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Совместные наблюдения кометы Икейн проведены польским ученым доктором Антони Ставицким из университета имени Николая Коперника и американским астрономом доктором Джессом Л. Гринстейном в Паломарской обсерватории. Спектрографические наблюдения с помощью 200-дюймового телескопа в условиях отличной видимости позволили установить, что пропорция изотопа углерода С-13 в этой комете составляет один атом на семьдесят атомов обычного углерода С-12, т. е. близко к их соот-

ношению на Земле, составляющему один к девятиста. Это первый случай уверенного измерения содержания редкого изотопа в кометах.

Исследователи, опираясь на эти наблюдения, высказывают предположение о необходимости пересмотра теории происхожде-

ния комет. Они считают, что кометы — не инородные тела, вторгнувшиеся в нашу солнечную систему извне, а скопления материи, не вошедшей в свое время в состав планет при их формировании.

«Science News Letter», 86, 1964, 386.

ГЛАЗ ВИДИТ... ИНФРАКРАСНЫЙ СВЕТ

Известно, что глаз не воспринимает лучи с длиной волны, большей 8000 Å. А что будет, если в глаз попадет очень мощный пучок невидимого инфракрасного излучения? В институте радиофизики и электроники Сибирского отделения Академии наук СССР был проведен интересный опыт: пучок длинноволновых лучей, рожденный в газовом лазере, пропускался через инфракрасный светофильтр и по-

падал в глаз наблюдателя. Оказалось, что инфракрасный свет можно видеть! Интересно, что лучи с длиной волны от 11 100 до 11 800 Å глаз воспринимает как желто-зеленый или оранжевый свет, т. е. свет с вдвое меньшей длиной волны. Этот эксперимент может оказаться полезным для выяснения природы зрения.

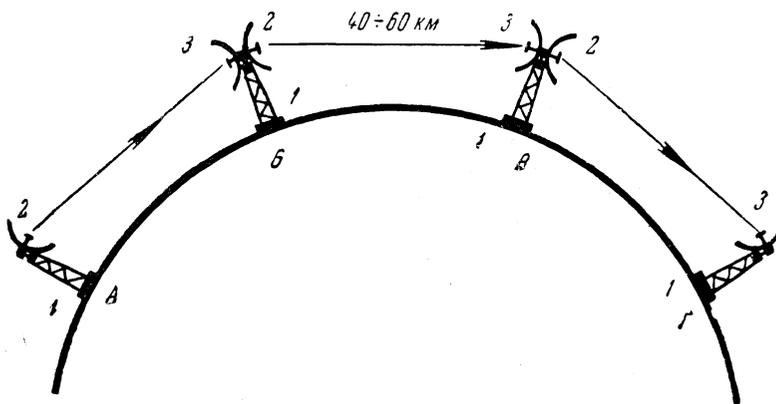
«Журнал экспериментальной и теоретической физики», 47; 1965, 777.



ОПЫТ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

И. М. ПУЗЫРЕВ

В феврале — марте 1964 г. по соглашению Академии наук СССР с английской обсерваторией Джодрелл-Бэнк и НАСА (национальной администрацией по аэронавтике и исследованию космического пространства — США) были проведены сеансы экспериментальной космической радиосвязи на ультракоротких волнах (УКВ) между Советским Союзом и Великобританией. Прежде чем рассказать о сущности проведенных экспериментов, напомним некоторые особенности УКВ и их распространения.



Передача УКВ из пункта А в пункт Б с радиорелейной линией.
1 — мачты или башни; 2 — передающие направленные антенны;
3 — приемные направленные антенны

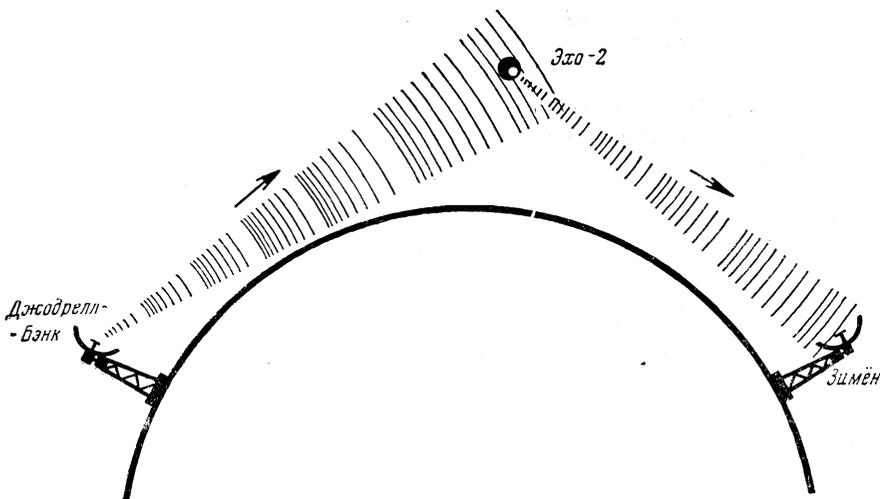
РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН

Известно, что на УКВ могут работать одновременно без взаимных помех во много раз больше радиостанций, чем на длинных, средних и коротких волнах. Так, если в диапазоне радиоволн от 200 до 2000 м могут разместиться только около 70—80 радиостанций, то в диапазоне волн от 1 до 10 м могут одновременно работать до 15 000 радиовещательных станций. Поэтому вполне понятен интерес во всем мире к использованию ультракоротковолнового диапазона, на котором ведут передачи несколько тысяч телевизионных и радиовещательных станций.

Длинные и средние волны обладают свойством дифракции — огибания кривизны земной поверхности и препятствий и поэто-

му распространяются на большие расстояния за пределы прямой видимости между передающей и приемными радиостанциями. К сожалению, в отличие от них

ультракороткие волны распространяются, как и световые волны, почти по законам линейной оптики. Они не могут огибать кривизну земной поверхности, и поэтому



Путь сигнала из обсерватории Джодрелл-Бэнк в обсерваторию Зиммерн через пассивный спутник «Эхо-2»

в зависимости от высоты подвеса передающих и приемных антенн над землей и рельефа местности между передатчиком и приемником ими можно пользоваться на ограниченных расстояниях — 80—150 км.

Для передачи телевизионных программ на УКВ на большие расстояния приходится строить дорогостоящие радиорелейные линии — ряд приемно-передающих радиостанций, установленных на мачтах или башнях высотой 50—100 м. Эти мачты располагаются в зависимости от рельефа местности на расстояниях 50—80 км друг от друга с таким расчетом, чтобы между верхушками смежных мачт была взаимная прямая видимость. По такой цепочке от мачты к мачте и производится передача УКВ за пределы прямой видимости, т. е. за горизонт.

Все радиоволны, следовательно и УКВ, могут отражаться от металлических предметов (поверхностей). Поэтому, используя отражение волн от высоко расположенных над землей металлических предметов (например, высоко летящего искусственного спутника Земли, который одновременно виден из двух наземных пунктов, но прямой видимости между которыми из-за кривизны поверхности Земли нет), можно передать сигналы на УКВ на большие расстояния. Для этого передающий пункт направляет на искусственный спутник Земли (ИСЗ) довольно узким пучком радиоволны, часть энергии которых отражается от его поверхности и принимается в приемном пункте антенной, ориентированной (направленной) на этот спутник.

Именно о таком эксперименте радиосвязи на УКВ между английской обсерваторией Джодрелл-Бэнк и советской обсерваторией в Зименках будет рассказано в этой статье.

«ЭХО-2»

Для осуществления эксперимента был использован запущенный американскими учеными 25 января 1964 г. ИСЗ «Эхо-2». До запуска на орбиту он представлял собой огромную сферическую оболочку. Аккуратно сложенная в специальный контейнер, она ракетой «Тор-Аджена Б» была выведена почти на круговую орбиту вокруг Земли с максимальным удалением от ее поверхности 1310 км (апогей) и минимальным — 1030 км (перигей).

Так как на этой высоте воздух сильно разрежен и давление во много раз меньше, чем у поверхности Земли, то под воздействием небольшого количества воздуха, оставшегося внутри оболочки, спутник «Эхо-2» развернулся и принял форму мягкой сферы. Затем с помощью несложного приспособления оболочка была наполнена пиразолом.

Период обращения «Эхо-2» вокруг Земли около 108 минут, скорость полета по орбите около 4 км/сек. Наклон плоскости орбиты к плоскости экватора равен $81^{\circ}5$, т. е. орбита близка к полярной.

Полет такой огромной сферы с алюминиевым покрытием благодаря отражению его поверхностью солнечных лучей хорошо наблюдается ночью в безоблачную погоду с Земли невооруженным глазом. Яркость свечения «Эхо-2» приближается к яркости свечения звезды 1-й величины.

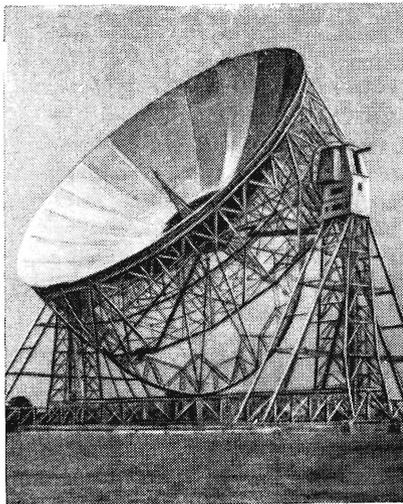
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЭХО-2» ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

Так как спутник движется на большой высоте, ориентировочная продолжительность его жизни от трех до пяти лет. За сутки «Эхо-2» совершает вокруг Земли

около 13 витков. Три-четыре витка ежесуточно могут быть использованы для связи на УКВ, так как на некотором участке траектории полета в течение 12—22 минут «Эхо-2» одновременно наблюдается в обсерваториях Джодрелл-Бэнк и Зименки, находящиеся друг от друга на расстоянии более 3000 км по прямой. Продолжительность связи, как известно, определяется примерно моментами появления спутника из-за горизонта и заходом за горизонт для обеих обсерваторий. Это время и было использовано для связи между обсерваторией Джодрелл-Бэнк, находящейся около города Манчестер, в 400 км на северо-запад от Лондона, и обсерваторией Научно-исследовательского радиофизического института при Горьковском государственном университете имени Н. И. Лобачевского, находящейся в 30 км от Горького. Использование «Эхо-2» как зеркала для отражения падающих на него радиоволн позволяет отнести этот спутник к так называемым пассивным ретрансляторам.

ПЕРЕДАТЧИК В ДЖОДРЕЛЛ-БЭНК

Для проведения эксперимента в обсерватории Джодрелл-Бэнк был установлен радиопередатчик мощностью 1 квт, излучающий строго стабилизированную с помощью кварца частоту 162,4 МГц (длина волны 1,85 м). Мощность этого передатчика подводилась к облучающему диполу, который был установлен в фокусе подвижной параболической металлической чаши диаметром 76 м. В совокупности вся эта система — подвижная гигантская радиоастрономическая антенна, позволяющая создать направленное облучение ультракороткими волнами спутника «Эхо-2». Для лучшего использования мощности облучающего передатчика целесообразно



76-метровый радиотелескоп английской обсерватории Джодрелл-Бэнк

направлять радиоволны на спутник как можно более узким пучком, т. е. в малом (остром) телесном угле, хотя бы сравнимым с телесным углом, под которым сфера, летящая на высоте 1100—1300 км, наблюдается с Земли. Следовательно, необходимо применить остронаправленную антенну, а чем выше ее направленность, тем больше геометрические размеры антенны. Хотя такая уникальная антенна и имеет столь большие размеры, ее направленность на волне 1,85 м составляет всего около $1^{\circ}8$, т. е. телесный угол, в котором направляются радиоволны на ИСЗ «Эхо-2», равен $1^{\circ}8$ (угловые размеры спутника около $3''5$). Это значит, что почти вся энергия радиоволн, направляемая антенной обсерватории Джодрелл-Бэнк на «Эхо-2», уходила в мировое космическое пространство, и лишь малая часть энергии в телесном угле около $3''5$ отражалась от поверхности «Эхо-2» обратно на Землю. На приемный

пункт в Зименках приходила мощность радиоволн, ослабленная в тысячи миллиардов раз по сравнению с излучаемой передатчиком в Джодрелл-Бэнк.

ПРИЕМНИК В ЗИМЕНКАХ

Для приема столь слабого сигнала радиоприемник на приемном пункте в Зименках превышал по чувствительности самые лучшие радиовещательные радиоприемники более чем в 300 раз. Здесь применялась радиоастрономическая антенна с подвижным параболическим сплошным зеркалом диаметром 15 м, изготовленным из дюралюминия. Антенна на волне 1,85 м обладает диаграммой направленности около $8^{\circ}5$.

АНТЕННЫ СЛЕДЯТ ЗА «ЭХО-2»

Нужно было добиться, чтобы не только в ясную, но и пасмурную погоду антенны в течение 12—22 минут в обоих пунктах могли автоматически следить за полетом «Эхо-2». Для выполнения этой задачи по исходным данным параметров орбит полета «Эхо-2», уточненным наземными станциями оптического наблюдения, производились сложные математические расчеты для обоих пунктов (передающей и приемной антенн) и определялись на каждый момент времени направления радиотелескопов на спутник «Эхо-2».

Для приемной антенны в Зименках расчеты были выполнены на быстродействующей электронно-вычислительной цифровой машине типа «БЭСМ-2М». Результаты расчетов автоматически выдавались на специальную перфорированную киноленту. Затем кинолента вводилась в специальную электронно-вычислительную машину дискретного счета, слу-

жащую для программного управления радиотелескопом. Запуск и окончание работы машины, управляющей движением радиотелескопа, строго согласовывались по сигналам службы точного времени с началом и концом появления «Эхо-2» на небосводе, т. е. временем начала и конца «слежения» радиотелескопа за спутником. Все это позволило осуществлять автоматическое сопровождение приемной антенной радиотелескопа спутника Эхо-2».

Для более четкого проведения всей серии экспериментов и взаимного обмена сообщениями об их ходе и технических результатах, усилиями министерств связи СССР и Великобритании, обсерватории Джодрелл-Бэнк и Зименки были связаны служебным двухсторонним буквопечатающим телеграфом. В течение всего периода проведения экспериментов служебная связь поддерживалась на английском языке.

ВИДЫ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

В процессе проведения экспериментов осуществили передачу несущей частоты 162,4 Мгц и передача этой же несущей частоты, модулированной звуковой частотой 400 гц. Далее осуществлена передача буквопечатания с помощью специальных быстродействующих буквопечатающих аппаратов и телеграфных сигналов Морзе при ручной работе ключом. Затем проведена передача замедленной русской и английской речи и передача неподвижных фотоизображений (бильд-телеграфия).

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЗАМЫСЛОВ

22 февраля 1964 г. состоялся первый сеанс передачи немодулированной несущей частоты 162,4 Мгц (волна 1,85 м) из Джодрелл-Бэнк в Зименки. Сигнал с

выхода приемника подавался на самопишущий прибор, который записывал на бумажной ленте интенсивность и характер изменения сигнала по времени. Метки времени через одну минуту также записывались на этой ленте.

При обработке результатов всех сеансов по всем видам космической радиосвязи была замечена одна общая закономерность: быстрые и весьма медленные флуктуации принимаемого сигнала, которые, вероятно, могут быть объяснены некоторым отличием формы «Эхо-2» от идеальной сферы и его вращением в пространстве. Действительно, как показали оптические и радиолокационные наблюдения, «Эхо-2» в полете медленно вращается, делая один-два оборота в минуту. При этом меняется угол падения и отражения радиоволн от поверхности спутника.

Для уменьшения помех прием быстродействующего буквопеча-

тания производился с помощью подключения к выходу приемника специального стартопного телеграфного аппарата, надежная работа которого требовала передачи некоторой полосы частот с превышением величины полезного сигнала над шумами в 8—10 раз. Эти условия не всегда выполнялись, но когда они выполнялись, прием быстродействующего буквопечатания проходил успешно. Наоборот, медленная передача телеграфных сигналов от руки ключом Морзе при скоростях 60 и 100 знаков в минуту позволила значительно уменьшить полосу частот радиоприемника и тем самым значительно снизить шумы, повысить отношение полезного сигнала к шумам и принять неоднократно текст телеграммы, посланной из Джодрелл-Бэнк через «Эхо-2» в Зименки.

Так же уверенно прошли эксперименты по передаче несущей частоты 162,4 МГц, модулированной частотой 400 гц. В этом случае можно было сузить полосу частот, пропускаемых радиоприемником, до 800 гц и получить на его выходе тон звуковой частоты 400 гц, который был записан на магнитную ленту.

Интересным был эксперимент по передаче русской и английской речи. Для передачи речи, хотя бы с той степенью разборчивости, с какой мы ее слышим при разговоре по обычному телефону, необходимо передать полосу частот примерно от 300 до 3000 гц. При такой широкой полосе растут собственные паразитные шумы радиоприемника, в которых может «потонуть» речь. Решено было искусственно сократить диапазон частот разговорной речи в восемь раз, используя ее восьмикратное замедление. Речь предварительно записывали на магнитную ленту, а скорость продвижения ленты затем уменьшали в восемь раз. По радио передавалась полоса частот всего от

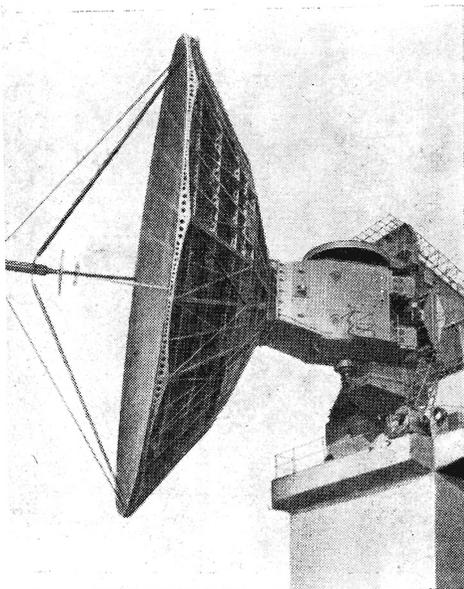
40 до 400 гц. Это позволило в восемь раз сузить полосу частот пропускания приемником и примерно во столько же раз улучшить соотношение полезного сигнала к шумам. Разобрать, прослушивая непосредственно с выхода радиоприемного устройства, такую замедленную в Джодрелл-Бэнк речь невозможно, поэтому в Зименках она сначала просто записывалась на магнитную ленту, а затем скорость движения ленты увеличивалась в восемь раз за счет чего и восстанавливались прежние параметры речи.

Передача неподвижных черно-белых фототелеграфных изображений (факсимиле) требует, в отличие от передачи телевизионных сигналов, полосы частот всего около 5000 гц, так как изображение неподвижно и передается замедленно (одно изображение в течение 12 минут). Хотя полоса 5000 гц в данном случае не может считаться узкой, передачи фототелеграфных изображений прошли весьма успешно: приемный фототелеграфный аппарат «Нева» на выходе приемника удовлетворительно работал при превышении полезного сигнала над шумами всего лишь в два-три раза.

ЛУНА — УЧАСТНИК ЭКСПЕРИМЕНТА

Английскими учеными было предложено передачу тех же сигналов, которые передавались через «Эхо-2», произвести через естественный спутник Земли — Луну, используя ее в качестве пассивного ретранслятора. Передача УКВ через Луну по сравнению с передачей через «Эхо-2» имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам передачи УКВ через Луну можно отнести то, что сеанс радиосвязи может продолжаться не 12—20 минут, а несколько часов, так как Луна по сравнению с «Эхо-2»

15-метровый радиотелескоп радиоастрономической обсерватории Зименки



медленнее передвигается по небосводу, и поэтому более продолжительное время видна одновременно в Джодрелл-Бэнк и в Зименках. Затем, медленное передвижение Луны по небосводу упрощает наведение и «слежение» за ней радиоастрономических антенн в Джодрелл-Бэнк и в Зименках. Так, в безоблачную погоду наведение радиотелескопа на Луну в Зименках осуществлялось просто с помощью телевизионной установки, передающая камера которой установлена в фокусе зеркала радиотелескопа, и изображение Луны передавалось на приемный телевизионный экран (кинескоп), вмонтированный в пульт управления радиотелескопом. Наведение антенны на Луну в пасмурную погоду аналогично ранее описанному наведению антенны на ИСЗ «Эхо-2» (с предварительным расчетом координат Луны на электронно-вычислительной машине). Наконец, угловые размеры Луны более чем в 500 раз превосходят угловые размеры «Эхо-2» (для Луны около $32'$, а для «Эхо-2» — $3'',5$). Поэтому при неизменной угловой направленности передающей антенны ($1^\circ,8$) эффективная отражающая поверхность Луны примерно в 250 000 раз больше эффективной отражающей поверхности «Эхо-2».

К недостаткам использования Луны как ретранслятора по сравнению с ИСЗ «Эхо-2» можно отнести, во-первых, то, что расстояние до Луны около 380 000 км, а до спутника «Эхо-2» 1300 км, и поэтому ослабление радиоволн на пути Земля — Луна — Земля, равно приблизительно 760 000 км, значительно выше, чем при использовании «Эхо-2». Правда, ослабление определяется не только расстоянием, но и телесным углом, под которым сигнал отражается. Интересно отметить, что при скорости распространения радиоволн

в пустоте порядка 300 000 км/сек сигнал, посланный на Луну из обсерватории Джодрелл-Бэнк, отражался от ее поверхности и приходил обратно на Землю в Зименки примерно через 2,5 секунды.

Во-вторых, известно, что поверхность Луны не электропроводна, поэтому коэффициент отражения радиоволн от нее значительно ниже, чем от металлической поверхности спутника «Эхо-2».

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛУННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

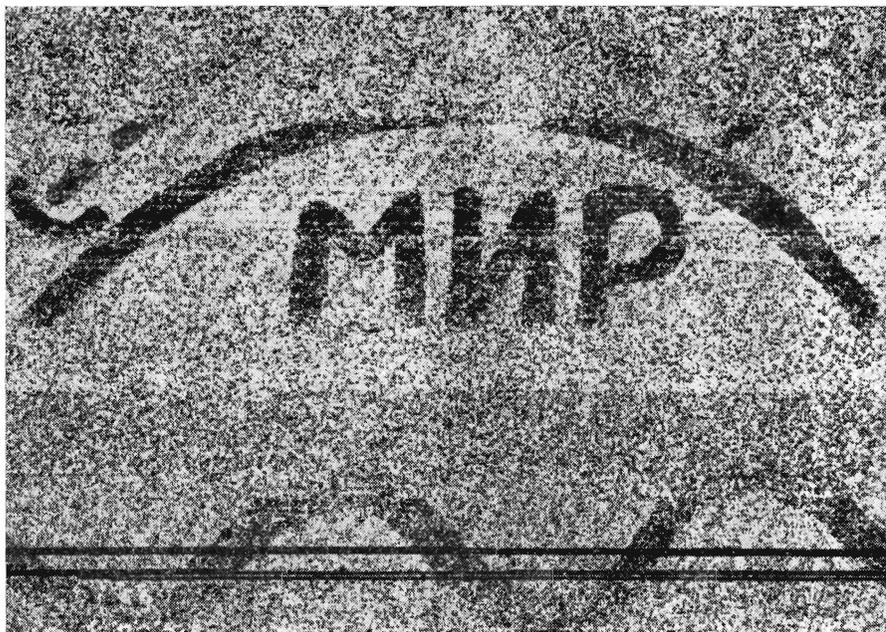
Проведенные эксперименты показали, что если коэффициент отражения волны длиной в 1,85 м от «Эхо-2» равен 0,7—0,8, т. е. 70—80% энергии отражается, а остальная ее часть рассеивается и незначительно поглощается, то

коэффициент отражения радиоволн от Луны равен всего 0,05—0,07, т. е. более 90% энергии радиоволн поглощается и рассеивается лунной поверхностью. Известно, что Луна несколько либрирует. Это приводит к тому, что отраженный от Луны сигнал весьма нестабилен по величине: он сильно затухает и вновь возрастает за малые промежутки времени (доли секунды). Все это затрудняет использование Луны как ретранслятора.

В период с 22 февраля по 8 марта 1964 г. проведены 34 сеанса космической радиосвязи через спутник «Эхо-2» и 13 сеансов, каждый продолжительностью около часа, через Луну.

После тщательной обработки данных и проведения проверочных расчетов были получены интересные научные и технические результаты.

Образ фотоизображения, переданного из Джодрелл-Бэнк в Зименки через «Эхо-2»





ЛЮДИ НАУКИ

ИВАН ОСИПОВИЧ ЯРКОВСКИЙ

*В. В. НЕЙМАН,
Е. М. РОМАНОВ,
В. М. ЧЕРНОВ,
члены ВАГО*

В марте 1914 г. на 50-м общем собрании Русского общества любителей мироведения был заслушан доклад «Причины землетрясений и вулканических извержений с точки зрения кинетической гипотезы И. О. Янковского». Следующему, 51-му собранию был представлен доклад «Причины метеорологических явлений с точки зрения кинетической гипотезы И. О. Янковского». С тем же другим докладом выступила Е. А. Янковская. Она рассказала о некоторых неопубликованных работах своего, тогда уже покойного, супруга. Собрание, как отмечено в журналах общества, «отдало дань заслугам... гениального ученого». О талантах И. О. Янковского говорят и ныне. Так, профессор В. В. Радзиевский недавно писал, что исследования этого ученого «в области теории гравитации были столь же оригинальными и смелыми, как исследования Циолковского в области астронавтики».

Кем же был этот ученый, имя которого сейчас знают немногие?

Из биографической справки, предпосланной книге И. О. Янков-

ского «Всемирное тяготение как следствие образования весомой материи внутри небесных тел», изданной в 1912 г., мы узнаем, что Иван Осипович Янковский родился 24 (12 по старому стилю) мая 1844 г., в небольшом местечке Освея, бывшей Витебской губернии, в семье домашнего врача, служившего у крупного помещика. Лишившись мужа, мать И. О. Янковского с малолетним сыном переселилась в 1847 г. в Москву. Здесь Янковский получил начальное образование в приходской школе, а затем окончил сиротский кадетский корпус.

Еще будучи в корпусе, он начал заниматься изобретательством. За дальномер своей системы он был награжден именными золотыми часами.

В течение шести лет, с 1862 по 1868 гг., Янковский служил в артиллерии на Кавказе.

Большого труда стоило Янковскому, имевшему весьма ограниченные средства, поступить в 1868 г. в Петербургский технологический институт. Блестящие способности дали ему возможность окончить это учебное заведение уже в 1870 г.

В дальнейшем жизнь И. О. Янковского не блещет эффектными событиями. Это была жизнь государственного чиновника, у которого обязательные занятия, необходимые для содержания многочисленной семьи, поглощали большую часть времени. Только досуг он мог посвящать захватывавшим его научным проблемам.

В 1870 г. Янковский — начальник железнодорожного депо Ка-



затин (к югу от Житомира). В 1873 г. — мастер в Минском депо, в 1874 г. — начальник депо в Смоленске. Начиная с 1876 г. Иван Осипович почти 20 лет работал начальником железнодорожных мастерских в Москве. В 1894 г. он переехал в Петербург, где в течение двух лет служил управляющим Невским механическим и судостроительным заводом. Последняя его служба, с 1896 г. по 1901 г., протекала в Орловской губернии в должности помощника главноуправляющего одним из акционерных обществ. Весной 1901 г. он занемог. Врачи послали его лечиться за границу. 22 (9) января 1902 г. И. О. Янковский умер и похоронен вдали от родины, в Гейдельберге.

Сухое перечисление биографических дат не раскрывает перед

нами богатого духовного мира ученого. Одним из примеров несоответствия его «внешней» биографии с внутренней мыслью служит, например, тот факт, что почти сразу по окончании института, съездив лишь на короткий срок за границу для ознакомления с машиностроительными заводами в Берлине, Янковский защитил диссертацию по водоснабжению. Можно перечислить еще ряд работ, которые он выполнял, как говорят, мимоходом. Это — его изобретения, касающиеся сопротивления воздуха движению крыльев и предложенная им ротационная машина, подъемные винты и многое другое. Из заграничной поездки на Чикагскую выставку в 1893 г., точнее — из океанского рейса, он вынес идею о «волноходе», в котором использовалась бы энергия волн. На том же принципе он предложил конструкцию электростанции.

Но, конечно, этих и некоторых других, не упомянутых здесь изобретений было бы совершенно недостаточно, чтобы говорить о целесообразности изучения научного наследия И. О. Янковского. Основная заслуга этого ученого связана с его многочисленными идеями в области строения материи и физической природы гравитации.

В 1883 г. И. О. Янковский впервые публикует (на французском языке) свою кинетическую гипотезу всемирного тяготения. Почему на французском? Потому что он хорошо знал косность официальных руководителей науки того времени и, как он любил говорить, «еретичность» своих взглядов. Поэтому, не пустив книгу в продажу, он лишь разослал ее ряду ученых. Среди них был и Д. И. Менделеев, который потом в своей работе «Попытка химического понимания эфира» ссылался на одну из статей И. О. Янковского. Ответы и отзывы ученых (их было около 150) помогли Янковскому

закончить разработку своей гипотезы. И спустя некоторое время он издает, уже на русском языке, более полный и обширный труд: «Всемирное тяготение, как следствие образования весомой материи внутри небесных тел. Кинетическая гипотеза».

Еще в 1877 г., задолго до открытия радиоактивности, И. О. Янковский предвидел возможность излучения, связанного с изменением внутренней структуры материи. Высказывания И. О. Янковского о существовании двух основных форм материи — «весомой» (вещественной) и «невесомой» (полевой), об эквивалентности и возможности взаимных переходов этих форм материи значительно опередили его эпоху. Подтверждение своих идей о взаимных переходах этих двух форм И. О. Янковский справедливо видит в таблице элементов Менделеева. Периодичность изменения свойств химических элементов и постоянное возрастание их сложности он оценивает, как следствие единства разных форм материи. И. О. Янковский писал: «...если допустить, что каждый из элементов существует сам по себе, независимо друг от друга, — где искать причины той связи, которая так ясно проявляется в периодической системе Менделеева и которая так блистательно оправдалась открытием элементов (гелия, германия, скандия и др.), им предсказанных?».

В наличии ряда элементов, но не единого вещества, И. О. Янковский, глубоко понимавший сущность периодической системы Менделеева, видел свидетельство того, что материя имеет прерывистую, атомарную структуру и что переход вещества из одной формы в другую связан с наличием двух основных, упомянутых выше состояний материи.

По мнению И. О. Янковского, основным следствием образова-

ния «весомой» материи за счет ее энергетических форм должен быть непрерывный рост массы небесных тел. В дальнейшем аналогичную взглядам И. О. Янковского точку зрения развивает О. Х. Хильгенберг, явно не знавший своего предшественника. Он также считал, что массы планет могут расти за счет «овеществления» гравитонов и превращения их в дискретные частицы. В настоящее время идеи И. О. Янковского развиваются в трудах многих исследователей.

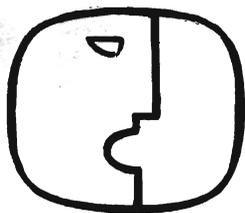
И. О. Янковский считал, что сила тяжести на Земле должна меняться во времени. По мнению И. О. Янковского, на силу тяжести на Земле оказывает экранирующее влияние Луна. С целью подтверждения этой идеи он во время полного затмения Солнца 18—19 августа 1887 г. проводил эксперимент с гравиметром.

Экспериментаторы, проводившие подобные опыты в дальнейшем, не знали о работах И. О. Янковского.

Нужно все же здесь оговорить, что будучи сыном своего времени И. О. Янковский, как и другие ученые, отдал дань заблуждениям, основным из которых было его представление об атомах как о чем-то «протяженном, непроницаемом и инертном».

Большинство трудов И. О. Янковского несет на себе печать тех внутренних противоречий, которыми была полна его жизнь и его эпоха. Будучи стихийным материалистом, он в то же время состоял в обществе спиритов. Его терминология совершенно неприемлема для нас с точки зрения современных физических представлений и в то же время его основные идеи проникнуты последовательно материалистическим духом.

Таковы основные черты этой яркой личности — инженера, изобретателя и ученого.



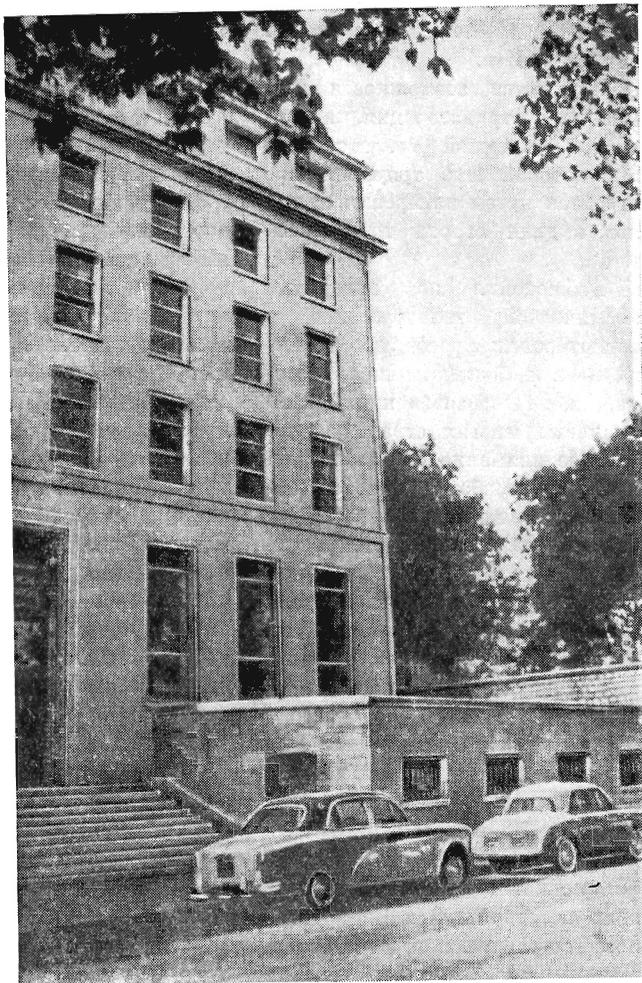
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕТЬ И ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Теоретические и практические проблемы космической триангуляции находятся в центре внимания специалистов многих стран мира. Метод космической триангуляции, основанный на синхронных фотографических наблюдениях искусственных спутников Земли, уже известен читателям журнала «Земля и Вселенная» по статье А. Г. Масевич «Искусственные спутники — о нашей планете»*.

Этот метод во многих случаях удачно дополняет обычную, наземную триангуляцию, основная задача которой — создание геодезической сети опорных точек для нужд картографии, а также для уточнения наших знаний о фигуре Земли. Космическая триангуляция позволяет непосредственно определять взаимное положение точек земной поверхности, удаленных друг от друга на тысячи километров. Таким путем можно проверить и уточнить результаты наземной триангуляции, требующей для геодезической связи между удаленными

* См. № 1 нашего журнала за 1965 г.



Здание Национального центра научных исследований в Париже, в котором проходили заседания симпозиума

точками измерения сотен треугольников с возможным накоплением ошибок. Большие перспективы у космической триангуляции в создании первичных геодезических сетей (или, как их иногда называют, сетей «нулевого класса») на слабо изученных в

геодезическом отношении территориях, в частности в развивающихся странах Африки и Азии.

Но космическая триангуляция не только дополняет наземную: ряд геодезических задач, неразрешимых методами наземной триангуляции, получает решение

при использовании наблюдений искусственных спутников Земли. Уже сейчас космическая триангуляция позволяет осуществлять геодезическую привязку островов к континентам. В дальнейшем она даст возможность объединить триангуляционные сети отдельных континентов в единую мировую сеть триангуляции, что особенно важно для изучения фигуры Земли.

Изучаются возможности космической трилатерации, аналогичной наземной трилатерации, при которой сеть треугольников строится путем измерения не углов, а длин сторон треугольников.

Наблюдения по программе космической триангуляции и трилатерации проводятся сейчас лишь в небольшом числе государств, но готовятся к ним специалисты многих стран. Значительное внимание при этом уделяется разработке методов наблюдений, конструированию и изготовлению специальной оптической и радиотехнической аппаратуры, разработке и запуску специально оборудованных искусственных спутников Земли.

Накоплен уже немалый опыт. Назрела необходимость широко обсудить полученные результаты, наметить пути дальнейших работ, в том числе и международных. И вот по инициативе двух французских учреждений (Национального центра космических исследований и Национального географического института в Париже) в середине декабря 1964 г. собрался симпозиум «Создание Европейской геодезической сети с помощью искусственных спутников».

К сожалению, декабрьская погода не способствовала восприятию красот Парижа. В серых водах Сены отражались низкие свинцовые тучи. Под морозящим дождиком поникли голые ветви каштанов и платанов парижских

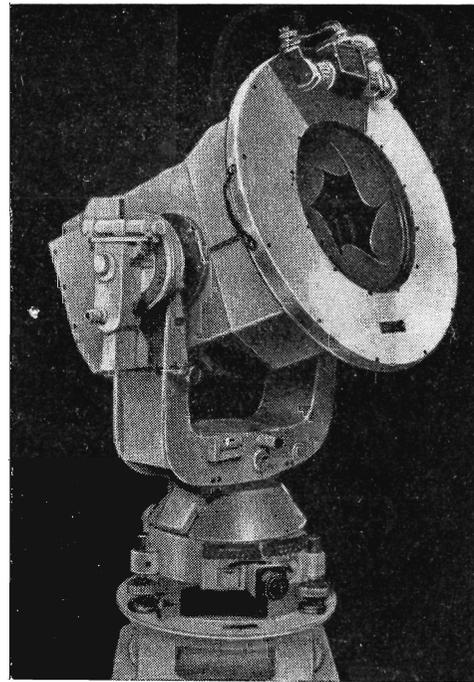
бульваров. Сквозь пелену тумана еле угадывался силуэт Эйфелевой башни. Но плохая погода не мешала плодотворной работе симпозиума, на который приехало более 100 астрономов и геодезистов из 21 страны Европы и Америки. Среди них — представители Советского Союза, Польши, Румынии, Чехословакии. Советскую делегацию возглавлял академик А. А. Михайлов.

Симпозиум открылся 14 декабря. Заседания проходили в удобном, хорошо оборудованном конференц-зале Национального центра научных исследований, расположенного на берегу Сены, на набережной Анатоля Франса.

Одним из основных пунктов порядка дня симпозиума значилось обсуждение проектов создания Европейской геодезической сети с помощью наблюдений искусственных спутников. Но, как известно, важнейшая научная задача, решаемая методами спутниковой геодезии, — определение фигуры Земли, а для этой цели недостаточно построить Европейскую, Американскую или какую-либо другую локальную геодезическую сеть. Такие континентальные сети должны быть частями более общей, мировой геодезической сети. Об этом напомнил во вступительной речи президент симпозиума П. Тарди, который призвал рассматривать Европейскую геодезическую сеть как элемент международной сети.

В представленных симпозиуму докладах рассматривались проекты создания как Европейской, так и мировой сетей. Обсуждению этих проектов было посвящено заседание 15 декабря.

С интересным докладом выступил А. А. Михайлов. Он рассказал о разрабатываемом в СССР проекте создания геодезической сети, охватывающей весь земной шар. Взаимное положение 12 опорных пунктов этой се-



Фотографическая камера Вилд ВС-4, применяемая при работах по космической триангуляции в США

ти, расположенных в вершинах почти правильного икосаэдра, должно быть определено методами космической триангуляции. Система таких точек даст возможность надежно определить фигуру Земли. Этот проект, предложенный И. Д. Жонголовичем, не ограничивается геометрическими измерениями. Предусматриваются также наблюдения закономерностей движения спутников наиболее современными методами — с помощью лазеров. Сочетание геометрических и динамических исследований позволит в конечном счете определить не только фигуру, но и точное расположение в теле Земли центра масс, что представляет огромный интерес для космонавтики и для наук, имеющих дело с гравитационным полем Земли.

О плане создания Европей-

ской геодезической сети, разработанной в ФРГ, доложил М. Кнейссль. Этот план представляет собой пунктуально разработанную систему космической триангуляции, предусматривающую организацию сетей первого, второго, третьего и даже четвертого классов.

Однако выступившие в дискуссии отметили, по крайней мере, два существенных недостатка плана Кнейссля. Во-первых, этот план, опирающийся в основном на классические принципы триангуляции, почти никак не учитывает специфику современных работ, связанную с использованием искусственных спутников Земли. И, во-вторых, план Кнейссля опирается исключительно на работы, ведущиеся в капиталистическом мире, и по сути дела полностью игнорирует большие успехи в этом деле социалистических стран.

Следует упомянуть также и связанный с докладом Кнейссля эпизод, который нельзя расценивать иначе, как отголосок реваншизма.

Для иллюстрации своих планов Кнейссль вывесил географическую карту западногерманского производства, на которой Германия изображена в довоенных границах, и таким образом итоги второй мировой войны ставятся под сомнение. Делегат Польши Л. Л. Цихович в своем выступлении дал правильную оценку этому недостойному выводу, причем его слова были встречены одобрением большинства присутствовавших в зале.

Об американском проекте создания геодезической сети рассказали Дж. Розенберг и Дж. Филиппс. В США планируется создание сети космической триангуляции, покрывающей всю Северную Америку. Через Гренландию эта сеть должна быть связана с Европейской сетью. Предусматривается также выход на Алеут-

ские острова, откуда легко продолжить сеть на Азиатский континент.

С информацией о ведущихся в их странах работах выступили представители всех делегаций, присутствовавших на симпозиуме. Однако, поскольку успехи стран — участниц совещания в этом деле далеко не одинаковы, одни делегации смогли кратко рассказать лишь о подготовке к работам по спутниковой геодезии, другие же представили симпозиуму ряд докладов с изложением результатов наблюдений, описанием применяемой аппаратуры и т. п.

В США для наблюдений, связанных с космической триангуляцией, применяется баллистическая камера ВС-4. Она, имея объектив диаметром 117 мм с фокусным расстоянием 300 мм и углом поля зрения около 33°, теоретически дает возможность определять положения спутника с точностью, до 0",4 и регистрировать моменты времени с точностью 0,15 миллисекунды. В реальных условиях эта точность будет, по видимому, несколько иная. Камера легко транспортируется с помощью специального автофургона и может быть установлена в любой вершине планируемой триангуляционной сети. С помощью этой камеры измерены четыре треугольника проектируемой американской триангуляционной сети.

О проектируемом спутнике «ПАГЕОС», подобном надувным спутникам-баллонам «Эхо-1» и «Эхо-2», которые благодаря большой яркости удобны для фотографических наблюдений, в частности, для целей космической триангуляции, рассказал Д. Клеммонс (США). Этот спутник предполагается запустить в 1966 г. на круговую орбиту с высотой 4000—4400 км над поверхностью Земли. Спутники этого типа, как известно, применяются также

как пассивные ретрансляторы радиосигналов.

Доклад о проекте геодезического спутника «ГЕОС-А», который намерены запустить в конце лета 1965 г., представил Р. Ньютон (США). Этот спутник собирается снабдить аппаратурой для импульсных вспышек, которая облегчает синхронизацию наблюдений из нескольких пунктов; такая же аппаратура, но менее совершенная, работала на спутнике «АННА». На спутнике «ГЕОС-А» будут установлены также рефлекторы для лазерных наблюдений, радиотехнические приспособления (радиоответчики) для определения расстояний до спутника (при работах по методу трилатерации) и для доплеровских измерений. Спутник предполагается запустить на орбиту с высотой в перигее 1100 км и апогее 1500 км, наклон орбиты 60°.

Описания конструкций новых инструментов, предназначенных для фотографических наблюдений искусственных спутников Земли, были представлены в ряде докладов. Так, в Англии для работ по космической триангуляции готовится несколько типов камер. Среди них камеры Шмидта с фокусным расстоянием 610 мм и диаметром зеркала 610 мм. Такие камеры позволяют фотографировать искусственные спутники Земли до 7,5 звездной величины при скорости до 1° в секунду (стандартная скорость, к которой приводят разнообразные скорости спутников для сравнения проникающих способностей фотографических камер). Англичане предполагают, что точность определения положения может достигать 1", регистрации моментов — 1 миллисекунды.

В Национальном географическом институте Франции создана баллистическая камера оригинальной конструкции, имеющая объектив диаметром 60 мм с фокусным расстоянием 300 мм. Ка-

мера оборудована обтюратором, вращение которого контролируется кварцевым хронометром.

В 1964 г. с такими камерами французы осуществили сеанс наблюдений, в котором координаты двух станций в Африке (Сахара) определялись по положению трех опорных станций на территории Франции. Связь на расстоянии около 2000 км осуществлена с точностью до 11 м.

В 1964 г. выполнены первые эксперименты с использованием радиотехнической аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли, для геодезических целей.

Некоторые результаты получены в США с помощью искусственного спутника «СЕКЮР», запущенного в январе 1964 г. (докладчик Т. Хайес). На нем установлен радиотетрагон специальной конструкции, который позволяет определять с достаточно высокой точностью расстояние до него путем сравнения фаз радиосигналов, посылаемых на «СЕКЮР» и

вернувшихся с него. Одновременные наблюдения спутника с ряда станций, из которых не менее трех с известными геодезическими координатами, позволяют методами космической триангуляции определить координаты остальных станций. Если законы движения космического объекта (т. е. его орбита) известны достаточно хорошо, наблюдения из всех точек не обязательно проводить одновременно. Можно, например, в некоторый момент провести наблюдения только из опорных станций, зафиксировав тем самым положение объекта в этот момент на орбите. Наблюдения же из определяемых пунктов можно проводить позже (или раньше), когда спутник проходит достаточно близко над этими пунктами. Этим методом можно осуществить геодезическую связь весьма удаленных друг от друга пунктов.

Заметим, кстати, что такая методика наблюдений применима и для космической триангуляции.

Об интересных опытах наблюдений доплеровских изменений частоты для геодезических изме-

рений рассказал Р. Ньютон (США).

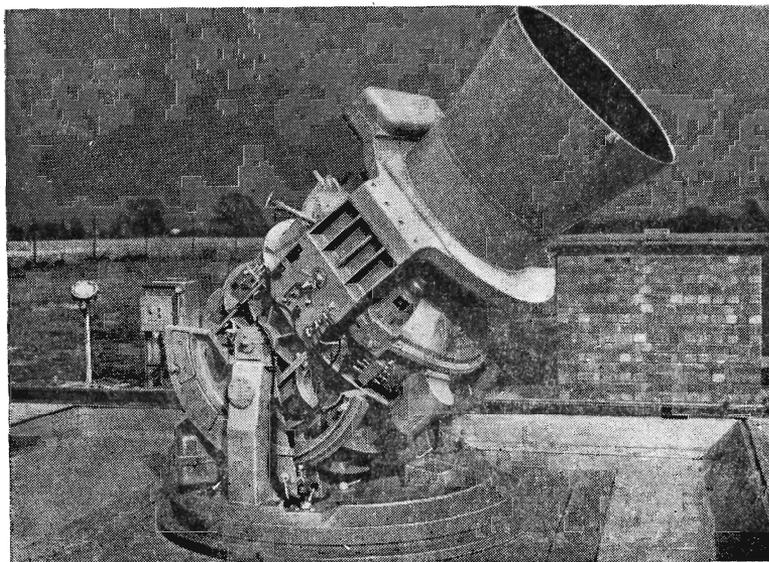
Наблюдения этим методом заключаются в интегрировании доплеровских изменений частоты радиосигналов, поступающих со спутника, между двумя фиксированными моментами времени. Результат интегрирования, производимого автоматически, равен разности расстояний от пункта наблюдений до точек, в которых спутник находился в моменты начала и конца наблюдений. Если координаты спутника в эти моменты известны, то полученная таким образом разность, как известно, определяет в пространстве плоскость гиперболоида. Три таких измерения, проведенные надлежащим образом, вообще говоря, позволяют вычислить координаты пункта, в котором находится аппаратура. Модификация этого метода дает возможность обойтись без знания точных положений спутника; для этого наблюдения одновременно ведутся с нескольких пунктов, среди которых некоторое число — опорных (с известными координатами).

Первые опыты использования этих методов показали, что доплеровские измерения смогут применяться для работ по созданию геодезических сетей.

О большом размахе работ по спутниковой геодезии в социалистических странах рассказали представители делегаций СССР и других стран.

В Советском Союзе ряд лет ведутся исследования возможностей фотографических наблюдений искусственных спутников Земли для целей космической триангуляции. Наблюдения, выполняемые с помощью стандартных фотокамер НАФА-3с/25 с фокусным расстоянием 250 мм и диаметром объектива 100 мм, привели к хорошим результатам. В 1964 г. было организовано несколько сеансов международных

Английская светосильная камера Шмидта для фотографирования искусственных спутников Земли



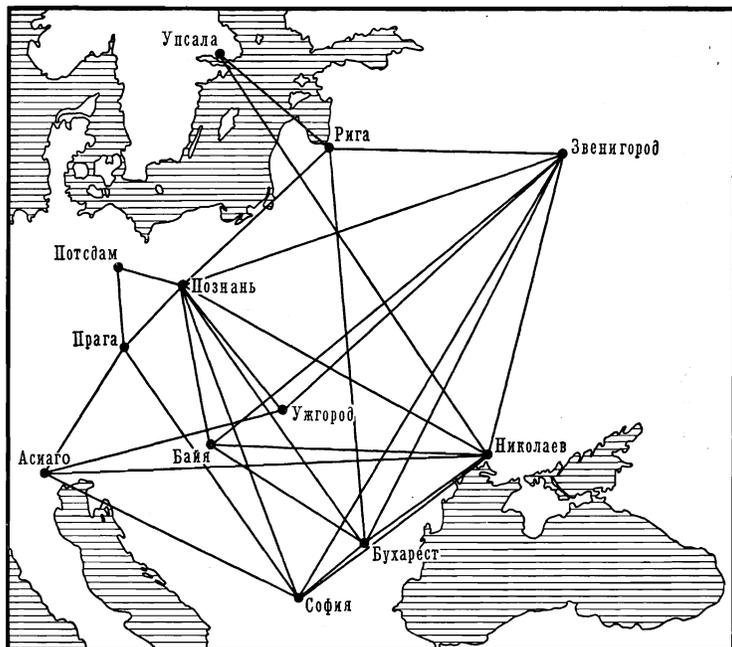


Схема геодезических связей, установленных методом космической триангуляции в 1964 г. станциями европейской части СССР и сотрудничающих с ним стран

наблюдений по программе космической триангуляции, в которых помимо советских участвовали станции Польши, ГДР, Чехословакии, Румынии, Венгрии, Болгарии, Монголии, Швеции и Италии. В совместные международные наблюдения с Советским Союзом включаются и другие страны, в том числе в Азии и Африке.

Советская делегация, рассказывая на симпозиуме о хорошо и широко организованных Советским Союзом работах по космической триангуляции, пригласила принять участие в них все западноевропейские государства. Это приглашение, свидетельствующее о стремлении нашей страны к расширению международного научного сотрудничества,

было встречено всеми делегатами симпозиума с большим интересом.

Парижский симпозиум, прошедший в деловой обстановке, подвел итоги первым геодезическим работам с помощью искусственных спутников Земли и пришел к заключению о важности их дальнейшего развития. Единогласно было поддержано решение КОСПАРа об учреждении специальной международной комиссии по спутниковой геодезии. Такая комиссия, по мнению участников симпозиума, должна заниматься следующими проблемами:

1. Изучение вопросов, связанных с космической триангуляцией, и согласование ее с существующей геодезической сетью.
2. Разработка рекомендаций по методам наблюдений и вычислений и конструированию средств наблюдений.
3. Консультации по типам искусственных спутников для геодезических целей.

Большой интерес, с которым встретили симпозиум специалисты разных стран, говорит о том, что космическая триангуляция и трилатерация признаются новым, перспективным методом геодезии.

Н. П. ЕРПЫЛЕВ,
кандидат физико-математических наук



(К стр. 23)

Это Австралия. Она располагается целиком в Южном полушарии и также целиком в Восточном.

(К стр. 48)

Солнечное затмение бывает только в новолуние ●. Зная, что новолуние придется на 16 октября, нетрудно рассчитать даты соответствующих фаз Луны в течение октября 2126 г. Вечерний серп Луны ☾ будет наблюдаться 19—20 октября, первая четверть ☽ — 23-го, полнолуние ○ — 29-го, последняя четверть ☾ — около 10-го, а утренний серп ☾ — примерно за три дня до солнечного затмения, т. е. 13 октября.



Расстояние до скопления галактик в Деве равно 8 млн. пс. Наблюдая это скопление, мы видим его таким, каким оно было много лет назад. Сколько именно?

(Ответ на стр. 83)

ПРОБЛЕМЫ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

Верхняя атмосфера подвержена непосредственному воздействию жесткого ультрафиолетового и рентгеновского, а в полярных областях и корпускулярного излучения Солнца. Поглощение энергии, приносимой лучистой и корпускулярной радиацией Солнца, вызывает разогрев, фотохимические превращения, ионизацию, возбуждение и свечение атмосферы, изменение напряженности магнитного поля Земли и другие процессы. Их изучение имеет не только большой научный интерес, но и важное практическое значение, особенно в связи с запуском искусственных спутников Земли и космических ракет. Так, для обеспечения надежной радиосвязи с космическими кораблями и радиационной безопасности человека потребовались более точные и обширные сведения о свойствах и процессах верхней атмосферы и прогнозирование ее состояния на время полета корабля. В свою очередь, развитие ракетной техники открыло возможности для прямых наблюдений процессов в верхней атмосфере.

Чтобы разобраться в сложных процессах, происходящих в верхней атмосфере, нужны обширные и разнообразные наблюдения как прямыми (с помощью приборов, поднимаемых на ракетах и спутниках), так и косвенными методами. Широкий размах наблюдения верхней атмосферы приобрели в период Международного геофизического года (МГГ) в 1957—1958 гг.

В Советском Союзе для наб-

людений по программе МГГ по разделу «Исследование полярных сияний и свечения ночного неба» был создан ряд станций. Головной организацией этих исследований являлся Институт физики атмосферы Академии наук СССР. С января 1964 г. начались наблюдения по программе Международного года спокойного Солнца (МГСС).

Результаты наблюдений обобщаются на ежегодных совещаниях по верхней атмосфере и публикуются в специальных сборниках — «Полярные сияния и свечение ночного неба».

С 5 по 7 апреля 1965 г. в Институте физики атмосферы Академии наук СССР состоялось очередное Всесоюзное совещание по физике верхней атмосферы. На нем заслушано около 40 докладов, касающихся динамики и теплового режима верхней атмосферы, изучения особенностей излучения эмиссий верхней атмосферы в период спада и минимума солнечной активности, лабораторного моделирования спектров полярных сияний, их морфологии и др.

Эмиссии верхней атмосферы чрезвычайно слабы и поэтому спектральное изучение их стало возможным лишь благодаря большим техническим достижениям последних лет. В Советском Союзе для наблюдения эмиссий ночного неба и полярных сияний специально разработаны светосильные спектрографы с хорошим разрешением, которые охватывали спектральную область от 3000 до 12 000 Å. В качестве при-

емников инфракрасного излучения использовались электронно-оптические преобразователи, впервые разработанные и примененные для исследования излучения ночного неба в инфракрасной области В. И. Красовским.

В результате обработки многолетних наблюдений спектров эмиссий гидроксила удалось обнаружить наличие сезонных и суточных вариаций вращательной температуры и интенсивности полос гидроксила. По наблюдениям в Абастумани (Л. М. Фишкова), в Звенигороде (Н. Н. Шефов) и в Якутске (В. И. Ярин) интенсивность и вращательная температура полос гидроксила возрастают зимой и уменьшаются летом. На станции Лопарская (Н. И. Федорова) этот эффект выражен менее отчетливо, вероятно, вследствие ограниченного периода наблюдений из-за светлых летних ночей. Вращательная температура полос гидроксила на больших широтах (станция Лопарская) в среднем лишь на 20—30° выше, чем на более низких широтах, причем во время полярных сияний вращательная температура гидроксила не возрастает. Удивительным является наличие значительных колебаний вращательной температуры от ночи к ночи и даже в течение одной ночи, которые не могут быть объяснены реальными изменениями температуры слоя и, по-видимому, связаны с изменениями высоты свечения гидроксила. Н. Н. Шефов и В. И. Ярин обнаружили периодические вариации интенсивности и вращательной температуры полос гидроксила с периодами 27 и 29,5 дня. Период 29,5 дня, по-видимому, объясняется лунными приливами в атмосфере, а 27-дневный период, вероятно, имеет другую природу. По наблюдениям Л. М. Фишковой интенсивности эмиссии гидроксила, зеленой линии атомарного кислорода 5577 Å и водородной линии H α в ночном небе

уменьшились в годы минимума солнечной активности по сравнению с 1958 г.

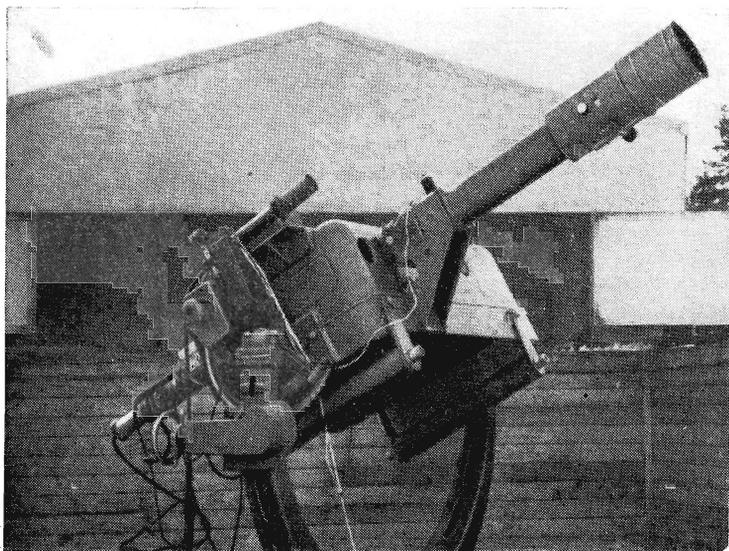
Большое внимание привлекли доклады, посвященные изучению теплового режима и динамики верхней атмосферы. И. А. Хвостиков рассмотрел особенности теплового режима верхней мезосферы и нижней термосферы. В пограничной области (мезопаузе) наблюдается самая низкая температура на земном шаре, причем температура мезопаузы испытывает значительные сезонные вариации порядка 100° с максимумом зимой и минимумом летом. Низкую температуру в области мезопаузы можно объяснить существованием там специфических механизмов охлаждения. Совместное рассмотрение радиационных, фотохимических и динамических факторов показывает, что атомарный кислород может играть существенную роль в процессах нагревания и охлаждения мезосферы. Зимой на вы-

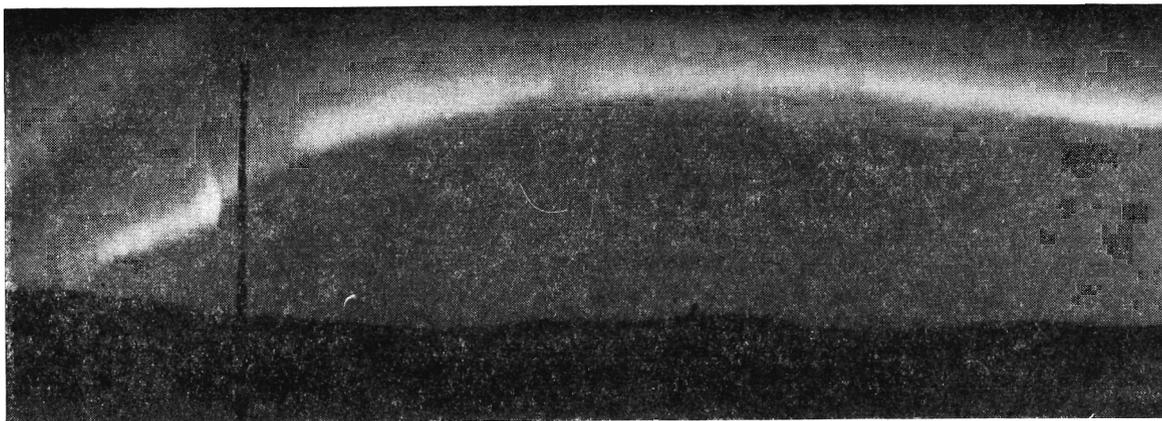
соких широтах наблюдаются нисходящие потоки атомарного кислорода. Если бы скорость нисходящих потоков составляла величину порядка 1 см/сек, то этого было бы достаточно для разогрева атмосферы на высотах 70—100 км на несколько градусов в сутки. Летом наблюдаются восходящие потоки, чем частично могут объясняться сезонные вариации температуры. Специфическое охлаждение мезопаузы в отдельные периоды времени может быть объяснено магнитно-дипольным инфракрасным излучением с длиной волны 63 мк, возникающим при переходах между подуровнями 3P_0 , 3P_1 , 3P_2 основного состояния кислорода. Г. М. Швед рассмотрел некоторые другие источники охлаждения и нагревания атмосферы на уровне 50—100 км. Он показал, что 15-микронная полоса CO_2 может вызвать охлаждение в мезопаузе на 2° в сутки, а содержание водяных паров в количестве 10^{-1} г/кг могло бы привести к еще большему охлаждению, которого в действительности не наблюдается. Из этого сделан вывод, что в верхней атмосфере содержание водяных паров мало. Обращается внимание на большую

роль малоинтенсивных линий в тепловом режиме мезосферы.

Важное геофизическое значение имеют регулярные наблюдения сумеречной эмиссии гелия $\lambda = 10830 \text{ \AA}$, обнаруженной в последние годы в Институте физики атмосферы Академии наук СССР. Н. Н. Шефов объяснил эту эмиссию сумеречной флуоресценцией метастабильного состояния ортогелия 2^3S в солнечном излучении. Метастабильное состояние 2^3S может быть возбуждено в результате бомбардировки парагелия в состоянии 1^1S вторичными электронами с энергией около 25 эв, которые могут быть продуктами ионизации атомов и молекул атмосферы солнечным излучением с $\lambda = 375 \text{ \AA}$ или электронами с энергией в несколько тысяч электрон-вольт, вызывающими полярные сияния. Кроме того, при поглощении солнечного излучения с $\lambda = 584 \text{ \AA}$ атомы гелия могут переходить на разрешенный уровень 2^1P по следующему каскадным переходом на метастабильный уровень 2^1S . При столкновении с тепловыми электронами верхней атмосферы атомы гелия могут переходить с этого уровня на уровень 2^3S . Таким образом, по наблюдению эмиссии гелия можно судить об интенсивности ультрафиолетового излучения Солнца с $\lambda < 375 \text{ \AA}$ и о потоке электронов с энергией в несколько тысяч электрон-вольт, недоступных для наземных наблюдений. Из наблюдения гелиевой эмиссии в течение 1960—1964 гг. на Звенигородской станции Н. Н. Шефов определил средние вариации ультрафиолетового излучения Солнца с $\lambda < 375 \text{ \AA}$ и сопоставил эти данные с вариациями радиоизлучения на волне 10 см и с данными ракетных измерений интенсивности ультрафиолетового излучения Солнца и плотности верхней атмосферы. Получена зависимость потока электронов с энер-

Светосильный спектрофотометр ДФС-14 для быстрой регистрации спектров излучения ночного неба и полярных сияний в области длин волн от 3000 до 12000 \AA





Однородная дуга на севере, переходящая на западе в лучистую дугу

Фото М. Л. Брагина

гией около 25 эв от магнитного возмущения. При магнитных бурях поток таких электронов значительно увеличивается по сравнению с общим содержанием фотоэлектронов с энергией около 25 эв. В зоне полярных сияний (станция Лопарская) по наблюдениям Н. И. Федоровой интенсивность эмиссии гелия часто достигает 1000—3000 релей*, что указывает на более частое возбуждение гелия электронами (25 эв) в высоких широтах. В отдельные дни интенсивность эмиссии гелия $\lambda = 10830 \text{ \AA}$ не превышает 200—500 релей, т. е. не выше сумеречной интенсивности эмиссии гелия на средних широтах в магнитно-спокойные дни. С низкими формами полярных сияний эмиссия гелия не коррелирует, но во время высоких красных сияний интенсивность гелиевой эмиссии достигает нескольких тысяч релей.

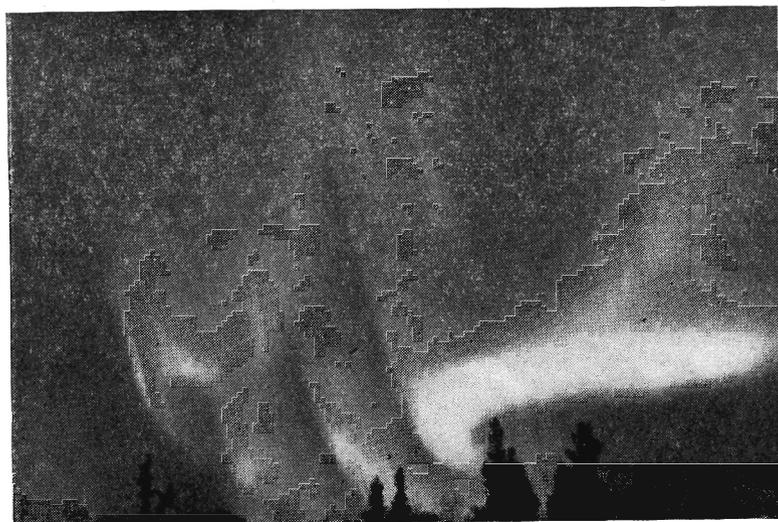
Наблюдение контура водородной эмиссии в полярных сияниях позволяет судить об энергетическом спектре вторгающихся протонов. И. А. Полуэтов, И. И. Со-

бельман и Ю. И. Гальперин вычислили эффективные сечения ионизации при неупругих соударениях протонов малых энергий с компонентами верхней атмосферы, которые позволили рассчитать энергетический спектр вторгающихся протонов. О. Л. Вайсберг исследовал контур $H\beta$ в зависимости от угла зрения прибора относительно магнитного зенита и получил угловое распределение излучающих атомов в зависимости от скорости вторжения. Оказалось, что малоэнергичные протоны обладают более

широким угловым распределением, чем высокоэнергичные. С учетом распределения по углам энергия вторгающихся протонов оказалась равной 1,5—3 кэв. Однако для окончательных выводов необходимо получить не искаженные профили водородной эмиссии.

Интерпретация спектров излучения верхней атмосферы и полярных сияний часто бывает затруднена из-за отсутствия точных значений коэффициентов скоро-

Драпри Фото В. Г. Трунова



* Фотометрическая единица релей (R) равна видимой интенсивности в 1 мегафотон/см²сек.

стей реакций, эффективных сечений возбуждения, абсолютных значений вероятностей переходов и других констант реакций, поэтому не удивительно, что доклады, относящиеся к лабораторному моделированию спектров полярных сияний и определению эффективных сечений возбуждения, были встречены с большим интересом и вызвали оживленную дискуссию.

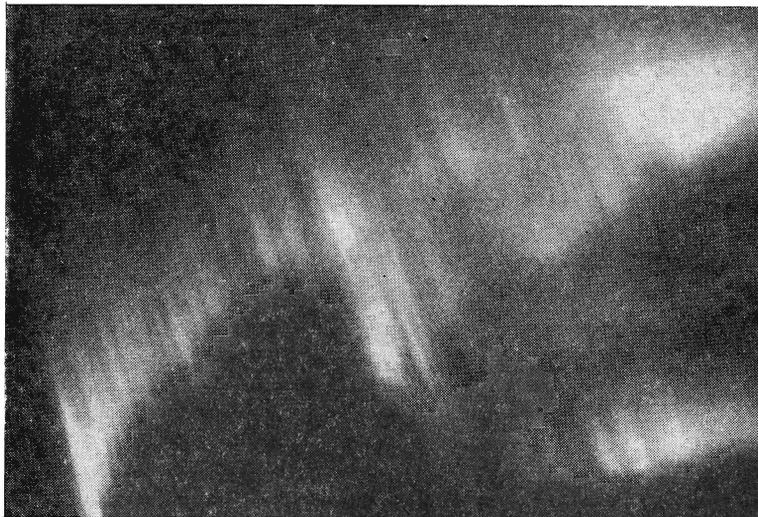
В группе докладов, представленных Физико-техническим институтом Академии наук Украинской ССР сообщалось о лабораторных спектрах свечения молекул N_2 , O_2 , CO , CO_2 , NO и воздуха, которые возбуждались электронным пучком с энергиями от 2 до 20 кэВ, протонами с энергией 37 кэВ и медленными электронами с энергией до 150 эВ. Полученные спектры имели большое сходство со спектрами полярных сияний. В них присутствовали все эмиссии, которые наблюдаются в спектрах сияний, за исключением запрещенных переходов, однако атомарные эмиссии в лабораторных спектрах оказались более интенсивными, чем в спектрах полярных сияний. В ряде других работ сообщалось об измерении функции возбуждения полос второй положительной и первой отрицательной систем азота и линий главной и побочной серий гелия, включая и линию 10830 Å, об образовании возбужденных атомов, NO и ионов N_2^+ и O^+ при столкновении электронов с молекулами азота и кислорода.

В докладах по исследованию ионосферы обсуждалась роль вертикальной диффузии в установлении концентрации ионов в ионосфере. Однако в выступлениях были высказаны соображения о большей роли конвективного перемешивания ионосферы.

Изучение морфологии полярных сияний очень важно для построения теории магнитных бурь и полярных сияний. Я. И. Фельдштейн определил положение зоны полярных сияний на ночной и дневной сторонах Земли во время магнитно-спокойных и магнитно-возмущенных периодов. По наблюдениям вариаций геомагнитного поля определены направ-

ляться в десятки тысяч раз. Высказано предположение, что поля «электромагнитосферы», обусловленные ионизацией и ветрами верхней атмосферы, создают изменяющиеся условия для вторжения внешних энергичных заряженных частиц, чем и объясняется наблюдающаяся сложная картина полярных сияний.

В заключение были намечены



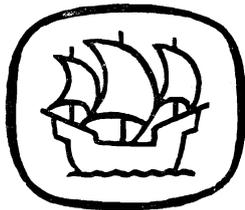
ление и величина вектора возмущения в горизонтальной плоскости, которые согласуются с предположением о наличии в ионосфере тока, текущего в западном направлении вдоль полученной овальной зоны полярных сияний. В дискуссии В. И. Красовский обратил внимание на то, что из исследования со спутниками и космическими ракетами околоземного пространства известно, что энергия, которую несет солнечный ветер, не подвержена существенным изменениям, тогда как энергия полярных сияний и магнитных бурь иногда может изме-

Лучистые полосы

Фото М. Л. Брагина

наиболее актуальные задачи дальнейшего исследования верхней атмосферы. Основной геофизической задачей в области верхней атмосферы и околоземного пространства является комплексное исследование взаимодействия плазмы заряженных частиц (солнечного ветра) с «электромагнитосферой» Земли.

Н. И. ФЕДОРОВА,
кандидат физико-математических наук



ЭКСПЕДИЦИИ

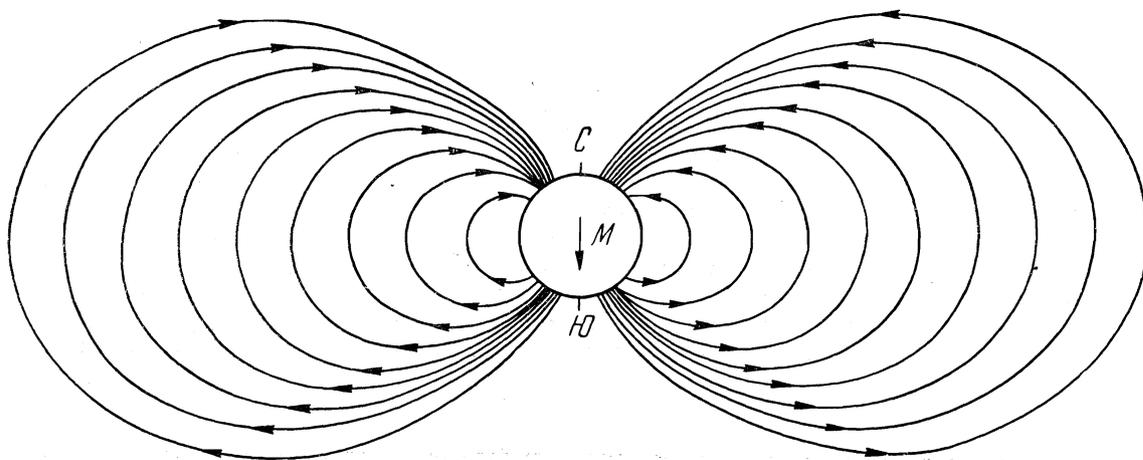
ЭКСПЕРИМЕНТ В МАГНИТНО- СОПРЯЖЕННЫХ ТОЧКАХ

*О. М. БАРСУКОВ,
кандидат физико-математических наук*

В 1600 г. Гильберт, врач английской королевы Елизаветы, в трактате «Магнит» опубликовал результаты своих опытов по магнетизму. С помощью маленьких магнитов он исследовал магнитное поле на поверхности небольшого шара, изготовленного им из магнитного минерала — магнетита. Сопоставляя результаты исследования с наблюдениями, проведенными к тому времени в различных точках земной поверхности, Гильберт пришел к выводу: «Земной шар сам является большим магнитом».

Со школьных времен каждому, вероятно, запомнился простейший опыт с магнитом. На лист картона, под которым расположен магнит, насыпаются железные опилки. После легкого встряхивания картона опилки группируются вдоль невидимых нитей — силовых линий — от одного полюса магнита к другому. Поле однородно намагниченной сферы, где каждый элемент объема имеет одинаковый магнитный момент, можно аппроксимировать, т. е. приближенно представить полем стержневого магнита — диполя, помещенного в центре шара. В первом приближении реальное магнитное поле Земли можно рассматривать как поле магнитного диполя. Такое представление позволяет легко рассчитать значения магнитной напряженности и положение силовых линий в пространстве. Каждая силовая линия, выходя из центра диполя, пересекает дважды земную поверхность в точках, называемых магнитно-сопряженными. Такие точки расположены симметрично относительно экваториальной плос-

Рис. 1. Магнитно-силовые линии невозмущенного поля Земли в дипольном приближении



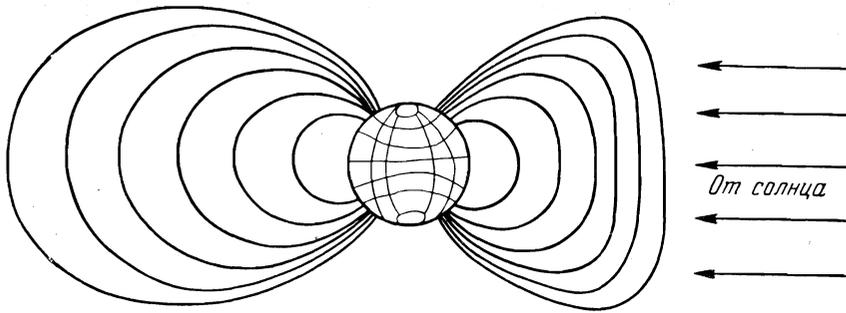


Рис. 2. Сжатие магнитного поля Земли солнечным ветром

кости (рис. 1). Векторы напряженности поля в них равны по величине, вертикальные (радиальные) составляющие различаются только по знаку.

В реальных условиях такое приближение далеко не исчерпывает всей сложности постоянного магнитного поля Земли. Аналитическое представление зависимости элементов реального поля от координат возможно, если известны с достаточной степенью точности вызывающие его причины. В такой физической постановке задача, очевидно, далека от своего решения, так как гипотетический источник постоянного магнитного поля Земли, скрытый, вероятно, в земном ядре, недоступен для непосредственного исследования.

Однако если известно распределение поля на поверхности Земли (региональные магнитные съемки) и в пространстве, окружающем Землю (измерения на ракетах и спутниках), то такая задача вполне разрешима без рассмотрения внутренних причин поля.

Последние годы геофизиков и физиков, изучающих околоземное пространство, очень интересуют вопросы морфологии геомагнитного поля: ход силовых линий, положение сопряженных точек, изменения этих параметров во времени и т. д. Этот интерес объясняется тем, что некоторые короткопериодные вариации электромагнитного поля естественного происхождения и низкочастотные радиоволны, генерируемые, например, грозowymi разрядами, по-видимому, распространяются вдоль магнитно-силовых линий. Изучение этих эффектов позволяет исследователю с Земли заглянуть на большие высоты, доступные только ракетам и спутникам.

Часть околоземного пространства, где величина геомагнитного поля превышает значение постоянного поля в межпланетном пространстве, носит название магнитосферы

Земли (по аналогии с атмосферой, ионосферой и т. д.). Каковы размеры реальной магнитосферы? В 1960 г. прямыми ракетными измерениями было определено, что до расстояний в 44 000 км геомагнитное поле равномерно убывает пропорционально кубу расстояния, а на больших высотах (44 000—80 000 км) имеют место резкие изменения поля в пространстве. До расстояний в 93 000 км земное поле продолжает убывать, а затем переходит в межпланетное, оставаясь на более далеких расстояниях постоянным и равным 4—5 гаммам (одна гамма равна 10^{-5} эрстед). Более поздние ракетные и спутниковые измерения показали, что размеры магнитосферы не остаются постоянными во времени и ее симметрия относительно земной магнитной оси резко нарушается (рис. 2).

Магнитосфера, как своеобразный зонтик, задерживает космические потоки на достаточно большом расстоянии от поверхности Земли. Если бы Земля не обладала таким «зонтиком», жизнь на Земле оказалась бы невозможной, так как космические заряженные частицы высокой энергии обладают способностью разрушать клетки живого организма. Ракеты и спутники, на которых установлены приборы для обнаружения таких частиц, регистрируют на расстояниях в десятки тысяч километров от Земли скопления частиц, задержанных магнитосферой.

В периоды относительно высокой активности Солнца солнечные потоки резко изменяют размеры и структуру магнитосферы. Эти изменения проявляются на Земле как геомагнитные возмущения и геомагнитные бури.

В начале Международного геофизического года (1957—1958 гг.) на сети советских станций земных токов, ведущих непрерывные наблюдения явлений, связанных с элек-

тромагнитными процессами в магнитосфере Земли, были зарегистрированы колебания, названные тогда за своеобразную форму на осциллограмме «жемчужинами». По международной классификации эти вариации впоследствии выделены в особый класс колебаний Pc-1.

«Жемчужины» представляют собой колебания, напоминающие биения двух или нескольких близких частот. На осциллограмме серия биений действительно выглядит как нитка жемчуга с равными расстояниями между одинаковыми бусинками (рис. 3). Каждая серия «жемчужин» длится иногда десятки минут. Поражает устойчивость частоты биений («несущая» частота порядка 0,5—2 гц) и устойчивость расстояний между отдельными «жемчужинами» (период огибающей примерно 1—3 минуты). Даже мелкие детали, часто наблюдаемые около отдельной «жемчужины», периодически повторяются на протяжении всей серии. Длительность каждого биения составляет примерно 15—30 секунд.

Особый интерес представляет одновременность появлений «жемчужины» в двух сопряженных точках. Этот факт позволил предположить, что колебания типа «жемчужин» либо распространяются вдоль магнитно-силовой линии, либо генерируются на силовой линии, общей для какой-либо пары сопряженных точек. В начале Международного года спокойного Солнца (1964—1965 гг.) Институт физики Земли Академии наук СССР и Группа ионосферных исследований и телекоммуникаций (Франция) совместно предприняли попытку детальных исследований в сопряженных точках. Одноименная аппаратура была установлена в северном полушарии в поселке Согра Архангельской области и в южном полушарии на острове Кергелен, в Индийском океане. Обе станции располагают чувствительной аппаратурой для регистрации вариаций геомагнитного поля и других геофизических процессов, связанных с появлением «жемчужин» (солнечные свисты, атмосферерики, прозрачность ионосферы и т. д.). Синхронность регистраций осуществляется с точностью до 0,01 секунды кварцевыми часами, с привязкой по

сигналам международной службы времени.

Задача совместных исследований состоит в изучении конкретного механизма происхождения «жемчужин», что обещает раскрыть ряд загадок строения магнитосферы и радиационных поясов Земли.

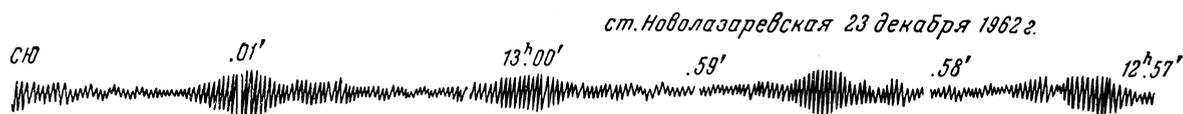
К началу совместных работ в зарубежной печати уже обсуждались по крайней мере две гипотезы происхождения «жемчужин». Согласно одной из них магнитное поле Земли захватывает заряженные частицы солнечного происхождения, которые после захвата и генерируют эти вариации.

Действительно, движение электрически заряженных частиц эквивалентно электрическому току, который создает вокруг себя магнитное поле. Характер этого поля существенно зависит от скорости движущихся частиц и формы их траектории. Захваченная магнитным полем Земли частица может обладать по крайней мере тремя видами движения.

Первое движение — вращение частицы вокруг силовой линии за счет компоненты скорости, перпендикулярной направлению поля. Такое вращение, называемое циклотронным, создает, как ток в замкнутом витке, магнитный момент, направленный вдоль поля.

Второе движение — движение частицы вдоль силовой линии за счет компоненты скорости, параллельной полю. При движении частицы от экваториальной плоскости (слабое поле) к одной из сопряженных точек (поле сильнее) продольная скорость уменьшается, так как увеличивается скорость циклотронного вращения (закон сохранения энергии). Скорость циклотронного вращения увеличивается, потому что она пропорциональна напряженности поля (закон сохранения магнитного момента). В некоторой точке, которая называется зеркальной, направление движения вдоль силовой линии меняет свой знак — происходит отражение и частица движется в обратном направлении с увеличивающейся скоростью. Пересекая экваториальную плоскость, частица вновь

Рис. 3. Копия осциллографической записи серии «жемчужин» (земные токи)



замедляет движение и весь процесс повторяется в другом полушарии.

Третье движение частицы поперек силовых линий носит название дрейфового. При движении частицы вдоль силовой линии, имеющей некоторую кривизну, возникает центробежная сила, которая обуславливает скорость частицы, перпендикулярную этой силе и силовой линии. Наглядно это, как будто парадоксальное явление представлено на рис. 4. Частица, вращаясь вокруг силовой линии, испытывает влияние центробежной силы F , вызванной движением центра вращения вдоль искривленной силовой линии (на рис. 4 след линии совпадает с центром вращения). В точке A сила направлена в сторону движения частицы, ускоряя ее, в точке B сила замедляет частицу. Скорость в точке C поэтому меньше, чем скорость в точке D . Разность этих скоростей V и заставляет двигаться центр вращения влево. Если частица заряжена положительно (например, протон), а поле — земное, то скорость дрейфа равномерна и направлена с востока на запад. (Подробнее об этом см. стр. 12—15.)

Продолжая нашу аналогию с зонтиком, можно сказать, что частица скатывается за счет второго движения к краю зонтика (к точке отражения) и одновременно скользит (дрейфует) по поверхности зонтика в перпендикулярном направлении.

Согласно первой гипотезе «несущая» частота «жемчужины» (0,5—2 гц) обуславливается движением частицы между зеркальными точками. При приближении частицы, обладающей магнитным моментом, к зеркальной точке магнитное поле в ближайшей сопряженной точке увеличивается, при удалении — уменьшается. Увеличение магнитного поля в точке одного полушария сопровождается одновременным уменьшением его в другой сопряженной с ней точке другого полушария. Период дрейфового движения обуславливает период огибающей «жемчужины» (1—3 минуты). Когда частица находится на силовой линии, посредством которой сопряжены точки наблюдения, эффект первого (циклотронного) движения проявляется сильно — регистрируются максимальные амплитуды «жемчужин». При уходе частицы в дрейфовом движении (для протонов на запад) амплитуды постепенно уменьшаются приблизительно одинаково для обеих сопряженных точек и, когда частица колеблется на противоположной стороне Земли, колеба-

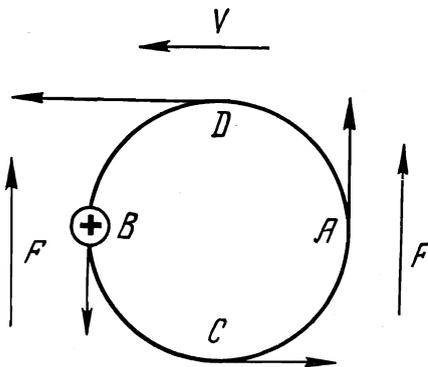


Рис. 4. Дрейфовое движение центра вращения протона

ния в этих точках вовсе исчезают. При возвращении частицы (для протонов с востока) амплитуды вновь увеличиваются и т. д.

Схематически на рис. 5 показана спроектированная на земную поверхность траектория частицы и три вида ее движений: циклотронное вращение (I) вокруг силовых линий, движение (II) между зеркальными точками (з. т.) и дрейфовое движение (III) на поверхности, образуемой одинаковыми силовыми линиями.

Периоды колебательных движений между зеркальными точками и периоды дрейфового движения для данных сопряженных точек (или данных силовых линий) зависят только от типа и энергии частиц. Расчеты показали, что если рассматриваемая гипотеза верна, то такими частицами могут быть только протоны с энергиями порядка 30 Мэв (около 0,00005 эрг). Вопросы о количестве протонов, генерирующих «жемчужины», а также о силах, заставляющих «организованно», не рассеиваясь, двигаться огромные сгустки одноименно заряженных частиц, в гипотезе не рассматриваются.

Характер ожидаемых вариаций в сопряженных точках C , K и в точке L , разнесенных по широте, показан на рис. 6. Периоды заполнения должны быть в противофазе в сопряженных точках, а огибающая в точке L должна отставать по фазе на время, определяемое скоростью дрейфа и расстоянием LC .

Прямые измерения в сопряженных точках (Согра — Кергелен) в 1964 г. позволили сделать вывод, что предложенная гипотеза, по видимому, не полностью соответствует действительному механизму генерации этих колебаний. Анализ синхронных записей показал, что периоды огибающих в сопряженных точках одинаковы, но имеет место фазовый сдвиг около 130° (рис. 6, б). Это озна-

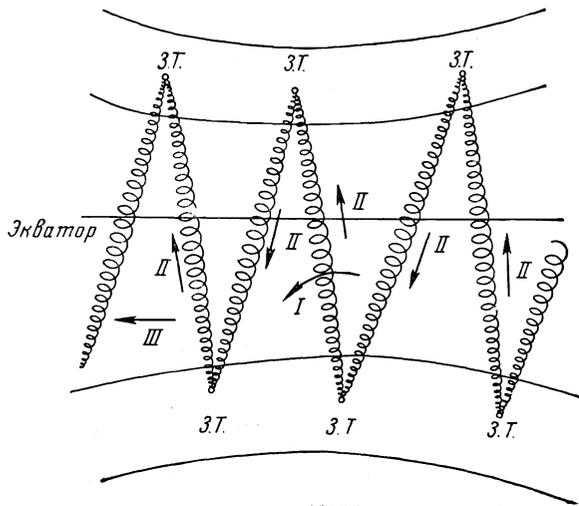


Рис. 5. Траектория движения частицы

чает, что в тот момент, когда биения наблюдаются в одном полушарии, они отсутствуют в другом. «Жемчужины», одновременно зарегистрированные в разнесенных по широте пунктах (станция Ловозеро на Кольском полуострове — поселок Согра), оказались синфазны с большой степенью точности. «Несущая» частота во всех трех точках, а также в пункте, разнесенном по геомагнитной долготе (станция Борок), равны. Последний вывод ставит под сомнение также другую гипотезу, согласно которой «несущая» частота формируется за счет резонансных свойств некоторой полости, включающей верхнюю ионосферу. В связи с тем, что свойства этой полости существенно зависят от широты и сезонных изменений ее пара-

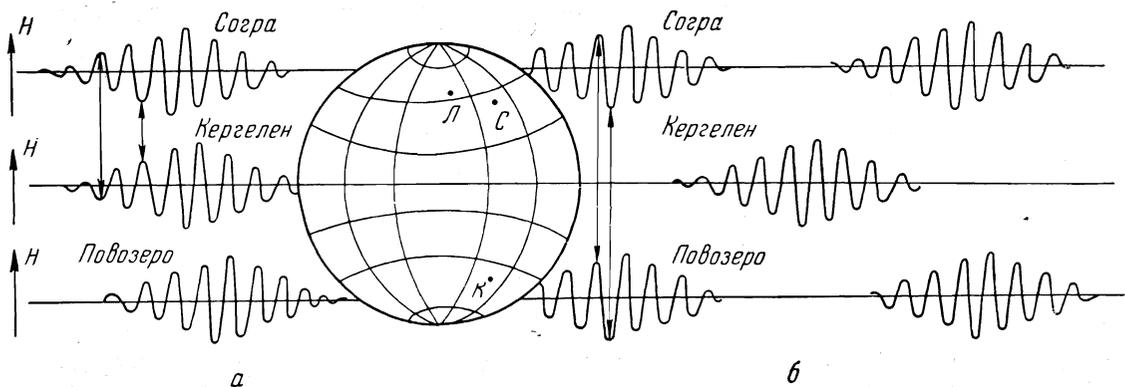
метров (размеры, степень ионизации и т. д.), можно ожидать различия «несущих» частот в противоположных полушариях (зима — лето), а также в точках, разнесенных по долготе.

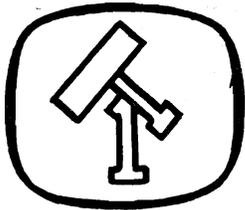
Противоречия в первой гипотезе не означают, однако, полного ее отрицания. Расчеты, проведенные после анализа первичных материалов эксперимента, показывают, что если захваченными частицами являются протоны меньших энергий, порядка десятков килоэлектрон-вольт (10^{-7} эрг), то периоды движений между зеркальными точками совпадают с периодами огибающих (1—3 минуты). При некоторых условиях частоты циклотронных вращений совпадают с «несущими» частотами «жемчужин» (0,5—2 гу). Периоды дрейфовых движений оказываются при этом чрезвычайно большими (несколько суток) и в пределах точности измерений не могут быть обнаружены.

Таким образом, можно полагать, что протоны, двигаясь между зеркальными точками, обуславливают периоды огибающих со сдвигом фаз на 180° в сопряженных точках, что и подтверждается экспериментально. Сами же биения генерируются процессами с частотами, близкими к циклотронным. Каков конкретный механизм явления в целом — покажут продолжающиеся работы с привлечением широкого комплекса наблюдений.

Эксперимент в магнитно-сопряженных точках — пример научного сотрудничества в рамках Международного года спокойного Солнца — продолжается.

Рис. 6. Фазовые соотношения для «жемчужин», наблюдаемых в сопряженных и разнесенных точках: а — по гипотезе, б — по результатам наблюдений





ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В ПОМОЩЬ ЛЮБИТЕЛЯМ, СТРОЯЩИМ САМОДЕЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

БЕСЕДА I.

Изготовление стеклянных дисков — заготовок для главного вогнутого зеркала телескопа-рефлектора.

Абразивы

Наиболее доступен для изготовления в домашних условиях телескоп-рефлектор. Объективом в нем служит вогнутое (сферическое или параболическое) зеркало. Отражающую поверхность такого зеркала приходится обрабатывать с очень высокой точностью: недопустимо, чтобы она отклонялась от заданной более чем на 0,07 мк (0,00007 мм). Чтобы эта поверхность не изменяла свою форму даже в самых малых пределах (деформация будет портить изображение), зеркало должно обладать достаточной жесткостью, для этого при данном диаметре оно должно иметь некоторую минимальную толщину. Ниже указана минимальная толщина стекла для изготовления наиболее распространенных в любительской практике зеркал диаметром от 100 до 200 мм.

Диаметр зеркала в мм	100	125	150	175	200
Минимальная толщина стекла в мм	8	12	19	25	32

Для начинающего любителя диаметр зеркала в 100—125 мм вполне достаточен. Телескоп с таким зеркалом (конечно, если оно хорошо выполнено) будет давать увеличения до 150 раз и даже более, а при таких увеличениях можно, например, увидеть много подробностей на поверхности Луны, кольца Сатурна, детали на поверхности Юпитера и многое другое. Так называемый школьный рефрактор и аналогичный телескоп системы Максудова, имеющиеся в продаже, дают увеличения только до 70—80 раз.

Забегая несколько вперед, скажем, что указанная выше минимальная толщина стекла соответствует разгрузке зеркала на три точки. Это означает, что зеркало лежит на трех равноудаленных точках опоры, например, на трех пробковых кружках, расположенных вблизи края зеркала, под углом 120° друг к другу. Более сложная система механической разгрузки (на 6, 9 или больше точек) дает возможность применять более тонкое стекло.

Для начинающих любителей постройка такого устройства для разгрузки зеркала — дело сложное, тем более, что точную шлифовку и полировку зеркала из более тонкого стекла придется выполнять на этом же разгрузочном механизме.

Для изготовления астрономических любительских зеркал пригодное обычное толстое стекло, зеркальное, витринное, настольное (но не оргстекло или плексиглас!). Оно должно быть достаточно хорошо отоженным, так как натяжения, имеющиеся в плохо отоженном стекле, вызывают коробление его, деформацию. Хорошим материалом служит так называемое иллюминаторное стекло, т. е. стекло, из которого делают иллюминаторы — окна на кораблях. Любители, живущие вблизи моря или судоходных рек, могут попытаться найти старые стеклянные диски от иллюминаторов. Их диаметр до 300 мм и более при толщине до 30 мм.

Поскольку в продаже стеклянных дисков для изготовления астрономических зеркал, к сожалению, нет, мы расскажем, как их вырезать из толстого стекла. Найти куски стекла толщиной 8—12 мм и такого размера, чтобы из них можно было вырезать два диска (а для изготовления зеркала их и понадобится два) диаметром 100—125 мм, можно почти везде.

Прежде всего нужно изготовить трубчатое сверло. Для этого можно использовать отрезок металлической трубы нужного диаметра, длиной 40—50 мм

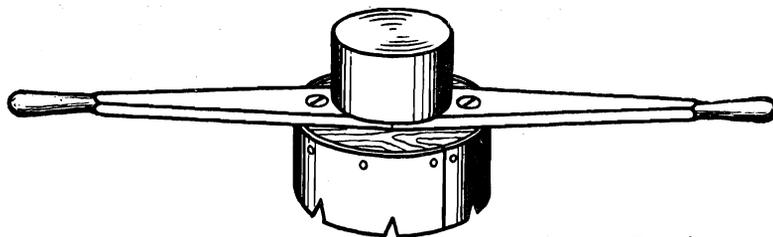


Рис. 1

(лучше из твердого металла, мягкий будет быстрее срабатывать). Трубу можно согнуть из полосы листового металла, прикрепив ее по верхнему краю гвоздями или шурупами к деревянному кружку соответствующего диаметра, как показано на рис. 1. Толщина стенок трубы не меньше 0,5, но не больше 2 мм.

По нижнему краю сверла делается несколько вырезов углом, а в верхней его части прикрепляется груз в 1—1,5 кг, чтобы вырезка шла быстрее. Верхнюю часть сверла можно сделать в виде чашки, в которую насыпать груз: куски металла, дробь и пр. К верхней части сверла крепятся ручки, за которые сверло будет вращаться во время работы. Можно найти различные варианты решения конструкции ручек, в зависимости от возможностей любителя. Ручки обеспечивают вращение сверла в одном направлении одной рукой или вращение двумя руками, по часовой стрелке и против нее, попеременно. Первый вариант удобен, когда ось сверла имеет фиксированное положение, т. е. для станочка, а второй — для работы без станочка. В последнем случае на стекло нужно наложить кусок фанеры с вырезанным в нем отверстием по диаметру сверла или просто три брусочка (приклеить, прижать), которые в начале работы не дадут сверлу соскакивать со стекла.

Простейший станочек для вырезки стеклянных дисков состоит из массивного деревянного основания и рамы в виде буквы

«П» (рис. 2). Ось сверла проходит через верхнюю планку рамы или через прикрепленные к ней подшипники. К верхнему концу оси крепится ручка. Можно сделать и механический привод. Такой станочек, снабженный электроприводом от швейной машины, построен, например, А. Н. Подъяпольским в Московском отделении ВАГО. На нем можно вырезать диски диаметром до 180 мм при толщине стекла до 20 мм.

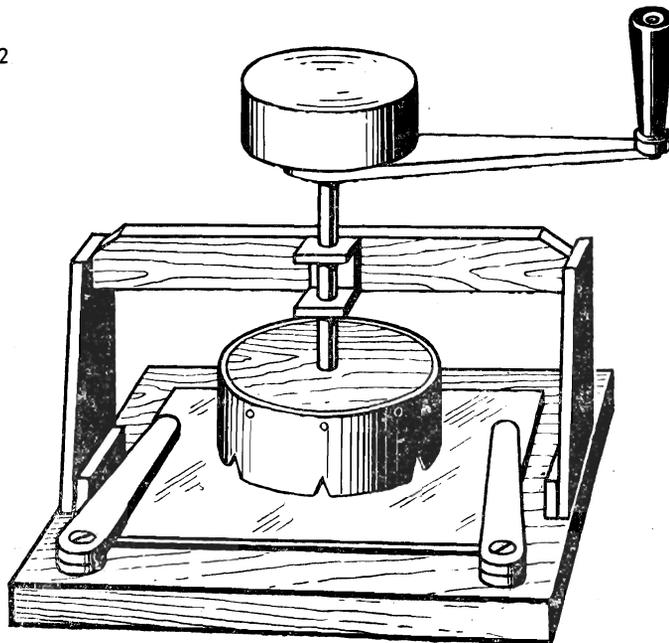
Вырезка дисков производится так. Вращая трубчатое сверло и подмазывая под его нижний край кашицу из порошка наждака (или другого шлифовального порошка, например, карборунда) с водой, мы сначала по-

лучим на стекле кольцевую канавку, которая будет постепенно углубляться. Когда стекло прорежется на такую глубину, что останется 1,5—2 мм, хорошо его перевернуть и закончить вырезку с оборотной стороны, чтобы не образовалось заколов на краю диска. Разумеется, стекло под сверло надо положить так, чтобы оба реза совпали. «Поясок», который образуется на месте стыка двух прорезей, нужно шлифовать на мелком точильном камне. Заканчивая вырезку, надо вращать сверло медленнее, без нажима, сняв со сверла груз, если он имеется.

Для вырезки дисков лучше всего применять абразивный порошок № 100—120. Можно использовать наждачный порошок, продающийся в хозяйственных магазинах, но его зерна неравномерны по величине и твердости.

Для шлифовки зеркала, о чем мы поговорим во второй беседе, нужны абразивы (шлифовальные порошки) следующих номеров: № 100, № 280, М-28 (15-минутник), М-20 (30-минутник)

Рис. 2



и М-14 (60-минутник). Еще лучше заканчивать тонкую шлифовку 120-минутником (М-10), но можно переходить к полировке и после М-14.

Нужных нам шлифовальных порошков в продаже пока нет, поэтому многие любители готовят их сами. Вот, например, какой способ применял опытный любитель из Ростова-на-Дону А. А. Михеев. Крупные куски абразивного круга (точильного камня) он дробил сначала на более мелкие, размером в 1—1,5 см, а затем эти мелкие куски раздавливал между двумя массивными стальными дисками толщиной 4—5 мм. Можно эти куски раздавливать тяжелым металлическим валиком или толочь в ступе. Полученный таким способом абразив, сортируется просеиванием через мелкие сита. Другие любители отделяли абразивный порошок от наждачной бумаги, размачивая ее в кипятке.

Остатки размокшей бумаги нужно удалить, а осевший на дне сосуда абразив промыть от остатков клея. Некоторые любители пробовали применять для шлифовки речной песок, но мы не можем рекомендовать этот способ, так как песок не обладает достаточной твердостью, и шлифовка пойдет медленно.

Минутники получают длительным отмучиванием абразивного порошка в воде. Очень хорошим сырьем служит отработанный, стертый в процессе грубой шлифовки абразив. Его следует собирать в отдельный сосуд, залитый сверху водой, чтобы он не высыхал. Отмучивание производится следующим образом. Чтобы получить, например, 15-минутник, нужно переложить абразив в высокую банку и залить ее доверху водой. Размешивать палочкой, дать отстояться в течение 15 минут, затем осторожно слить (лучше сцедить

сифоном) жидкость в другой сосуд (не трогая осадок, выпавший на дно первого сосуда). Дав этой жидкости во втором сосуде отстояться в течение достаточно долгого времени, мы и получим 15-минутник, который выпадет на дно сосуда в виде тонкого порошка. Сохранять минутники нужно в сыром виде (поверх порошка должен быть небольшой слой воды), чтобы не образовались твердые комочки.

Интерес к любительскому телескопостроению растет с каждым годом, и сейчас назрела необходимость создания наборов для изготовления любительских телескопов (стеклянные диски, абразивы и пр.), которые любители могли бы приобрести в магазинах. Шаги в этом направлении предпринимает Всесоюзное астрономо-геодезическое общество совместно с обществом «Знание».

М. М. ШЕМЯКИН

СТАРИННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДНЯ И НОЧИ

В Государственном историческом музее в Москве под номером 40707/Д IV 1639 хранится деревянный сектор, содержащий примерно четверть круга (квадрант) с радиусом 7 см.

На секторе с двух сторон вырезаны дуги и прямые так, что получаются строчки и клеточки, в которых видны различные буквы и цифры в древнерусском алфавитном написании.

Так как с одной стороны сектора в первой строке вырезана надпись: «часы денные и ношные», то в музее сектор числится как солнечные часы. Такое назначение прибора как будто подтверждалось и тем, что в вершине его имеется сквозное отверстие, и можно было думать, что в него вставлялся стержень, тень от которого падала на соответствующие клеточки и числа.

В результате изучения было выяснено назначение сектора и способ пользования им. Оказалось, что это не солнечные часы.

Строка после надписи «часы денные и ношные» состоит из шести клеточек, в которых видны буквы С, О, Н, Д, Г, Ө. Это начальные буквы названий месяцев: сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь, январь (генварь), февраль.

В следующей строке, которая идет ниже названий месяцев, 11 клеточек: каждому месяцу, кроме декабря, соответствуют две клеточки, а декабрю — одна. В каждой вырезано число. Сентябрю соответствует 8 и 24; октябрю — 10 и 26; ноябрю — 11 и 17; декабрю — 12; январю — 1 и 17 и февралю — 2 и 18. Это числа месяца, отстоящие друг от друга на равные промежутки. Действи-

тельно, между 8 и 24 сентября 15 дней (половина месяца); между 24 сентября и 10 октября тоже 15 дней и т. д. В таблице имеется одна ошибка: стоит 17 ноября, а должно быть 27 ноября.

Последние две строки указывают продолжительность дня и ночи соответствующих чисел месяца. Около 8 сентября стоит долгота дня 12 часов и долгота ночи 12 часов. Около 24 сентября соответственно 11 и 13 и т. д.

Аналогичную структуру имеет и обратная сторона сектора для марта (м), апреля (а), мая (м), июня (и), июля (и), августа (а).

Отметим, что для декабря и июня указано только по одному числу 12. Около 12 декабря надпись «ВОСЦУ НАЛЕТО», что означает: «Возврат солнцу на лето», т. е. 12 декабря отмечено как день зимнего солнцестояния. Около 12 июня соответственно написано «ВОСЦУ НАЗИМУ» — «возврат солнца на зиму» — день летнего солнцестояния.

Около солнцестояний долгота дня изменяется мало, поэтому в качестве периода сохранения долготы дня и ночи берется не 15—16 дней, а почти полтора месяца. Летом с 25 мая по 6 июля считается, что долгота дня 17 часов, а ночи 7. Зимой с 27 ноября по 1 января считается, что продолжительность дня 7 часов, а ночи 17.

В расшифрованном виде таблица, нанесенная на сектор, печатается рядом с соответствующей фотографией.

Для чего была нужна такая таблица?

В статье Д. Прозоровского «О старинном русском счислении часов» приводится цитата из работы И. П. Сахарова (1851 г.), в которой утверждается, что в свое время существовали таблицы с указанием долгот дня и ночи. Сахаров полагал, что: «На основании этой таблицы назначены были



С		ДЕННЫЕ И НОЧНЫЕ					Ф	
8	24	О	Н	Д	Я	1	17	
12	11	10	26	11	27	12	2	
12	13	10	9	8	7	возврат солнца	8	
	14	15	16	17	на лето	16	9	
						10	11	
						14	13	



М		А		М		И	
6	22	7	23	9	25	возврат солнца	6
12	13	14	15	16	17	12	22
12	11	10	9	8	7	на зиму	16
							15
							14
							10
							11

отправления работ, караулов, звонков к службам в монастырях и церквах»*. Приведа это высказывание Сахарова, Д. Прозоровский писал: «Где видел Сахаров таблицу — неизвестно... Но нельзя сомневаться в существовании таблицы, потому что в памятниках нередко встречается выражение: «отдача дневных или ночных часов», т. е. знак, извещающий об окончании дня или ночи, знаки же эти подавались иногда ранее, иногда позже, в зависимости от долготы дня и ночи. Подобные действия были определены особыми расписаниями и производились людьми, исключительно для того назначенными. Возможно это было обязанностью караулов и гауптвахт»**.

* Труды второго археологического съезда в Санктпетербурге, вып. 2, СПб., 1881, стр. 14.

** Там же.

По-видимому, описанный сектор и есть одна из таких табличек. Деревянная табличка была удобной: она достаточно прочна и долговечна, ее можно всегда иметь при себе, можно также повесить на стенку (именно этой цели служит отверстие в вершине сектора). Необходимость же фиксации ночных и дневных часов выдвигалась потребностью общественной жизни.

Таблицы, если и не точно такие, но имеющие аналогичное назначение, помещались в месяцесловах и святцах. Конечно, для практического пользования они были значительно менее удобны, чем деревянные, не говоря уже о том, что деревянную таблицу по готовому образцу могли сделать многие.

В более древних месяцесловах долгота дня и ночи определялась на целый месяц с разностью в сравнении с предыдущим месяцем на один час, причем самые

длинные день и ночь были 15, а самые короткие — 9 часов. В более поздних месяцесловах мы встречаем деление на полумесячные периоды, с разностью в один час, причем самые длинные день и ночь были 17, а самые короткие 7 часов, т. е. именно так, как в рассматриваемом приборе.

В XVI веке числами, в которые менялись долготы дней и ночей, были 7 и 23 сентября, 9 и 25 октября и т. д. И только в святцах 1649 г. за числа, в которых меняются долготы дней и ночей, приняты те же числа, что и в нашей табличке, а именно 8 и 24 сентября, 10 и 26 октября и т. д. Год в этой табличке начинается 1 сентября. Следовательно, наиболее вероятно, что эта табличка была изготовлена после 1649 г., но раньше 1700 г., когда начало года было перенесено на 1 января.

Л. Е. МАЙСТРОВ



В конце 1964 г. Ирвингом Шапиро (Physical Review Letter, 13, 789, 1964) предложен новый способ проверки общей теории относительности Эйнштейна. Предлагается производить радиолокационные наблюдения прохождения планеты Меркурий за диском Солнца вблизи момента верхнего соединения. В классической теории время распространения радиосигналов туда и обратно определяется только расстоянием между Землей и Меркурием. Согласно теории Эйнштейна время в сильном поле тяготения вблизи Солнца течет медленнее, чем вдали от него. Поэтому с точки зрения земного наблюдателя радиолуч вблизи Солнца идет несколько медленнее и время его распространения становится больше, чем по классической те-

НОВЫЙ СПОСОБ ПРОВЕРКИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

рии. Эта добавочная величина в оптимальном случае около $2 \cdot 10^{-4}$ секунды и в принципе может быть измерена. Правда, трудности здесь велики, ибо необходимо учитывать еще изменение скорости радиосигналов в плазме солнечной короны. Для исключения последнего эффекта можно проводить измерения на разных частотах.



(К стр. 69)

26,08 млн. лет (считая 1 нс равным 3,26 световых года).

КОЛЛЕКЦИЯ МЕТЕОРИТОВ

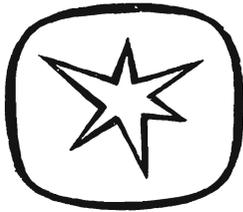
Большая коллекция метеоритов, принадлежавшая любителю Артуру Аллену из города Тринидад (США), после его смерти приобретена известным музеем естественной истории Смитсоновского института в Вашингтоне. Коллекция Аллена, собиравшаяся им в течение всей жизни, включает 45 метеоритов, среди которых есть весьма интересные для науки экземпляры. Кроме метеоритов, в ней имеется несколько сот тектитов (молдавитов и австралитов).

«Science News Letter», 86, 1964, 121.



Кем, когда и как было сделано первое определение скорости света?

(Ответ на стр. 96)



ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

ГДЕ ГРАНИЦЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ?

Каковы размеры солнечной системы? В новом, переработанном школьном учебнике Б. А. Воронцова-Вельяминова говорится: «Под размером солнечной системы понимают диаметр того почти кругового пути (орбиты), который описывает около Солнца самая далекая из известных планет — Плутон. Этот диаметр в 40 раз больше диаметра орбиты Земли (радиус земной орбиты составляет около 150 млн. км). Но многие кометы, принадлежащие солнечной системе, удаляются иногда от Солнца на расстояние, во много раз большее, чем расстояние от Плутона до Солнца».

Уже отсюда видна известная условность понятия границ солнечной системы. Дальше в учебнике об этом сказано прямо: «Поэтому принятие за размер солнечной системы диаметра орбиты Плутона (80 а. е.) является условным». Следует еще добавить, что в научной литературе обсуждается возможность существования заплутонной планеты — Трансплутона.

Прежде всего, возмущения, испытываемые Ураном при его движении вокруг Солнца, не мо-

гут быть полностью объяснены совокупным действием Нептуна и Плутона, так как массы обеих планет слишком малы. Вместе с тем наличие семейства комет с афелийными расстояниями в 75 а. е. и больше также может рассматриваться как указание на то, что за пределами орбиты Плутона существует неизвестная планета, и даже позволяет вычислить вероятные элементы ее орбиты.

Такие вычисления проделал немецкий астроном Критцингер, который в 50-х годах опубликовал два варианта гипотетических элементов орбиты Трансплутона. Согласно одному варианту: большая полуось $a = 65$ а. е., период обращения $P = 535,5$ года, наклонение орбиты $i = 56^\circ$; по другому варианту: $a = 77$ а. е., $P = 675,7$ года, $i = 38^\circ$.

Есть и соображения иного рода. Орбита Плутона существенно отличается от орбит других больших планет и напоминает орбиты астероидов. Ее особенности: большое наклонение (17°), значительный эксцентриситет (0,25), наконец, тот факт, что в проекции на плоскость эклиптики она пересе-

кается с орбитой другой большой планеты — Нептуна (рис. 1). Все это приводит к предположению, что за пределами орбиты Нептуна имеется второй пояс астероидов и Плутон принадлежит к ним, так что его не следует относить к числу больших планет.

Однако до сих пор, кроме Плутона, не известно других представителей второго пояса астероидов, существование которого остается поэтому гипотезой, хотя и плодотворной в том смысле, что она указывает направление дальнейших поисков. Правда, такие поиски чрезвычайно трудны из-за очень большого расстояния и малых размеров этих гипотетических членов солнечной системы, вследствие чего и видимый блеск их, и орбитальные скорости, а значит и угловое перемещение должны быть крайне малы. Напомним, что Плутон имеет 15-ю звездную величину, угловой диаметр около $0'',3$ и среднее суточное движение $14'',3$. Это значит, что на величину диаметра лунного диска он перемещается лишь за четыре месяца.

В результате тщательных исследований, которые привели к открытию Плутона, можно предполагать, как утверждает К. Томбо, сделавший это открытие в 1930 г., что никаких неизвестных удаленных планет ярче 16-й звездной величины не существует и что любая планета между 16-й и 17-й звездными величинами имела бы достаточно шансов на то, чтобы быть обнаруженной. Кроме того, гипотеза об астероидной природе Плутона — не единствен-

ное возможное объяснение его особенностей. Выдвигалось также предположение, что он является оторвавшимся спутником Нептуна. К предполагаемым потерянными спутникам больших планет принадлежит и малая планета Гидальго.

Но можно поставить вопрос иначе, а именно не о **наблюдаемых**, а о **динамических** границах солнечной системы.

Теоретически солнечное притяжение распространяется до бесконечности. Но очевидно, что в окрестностях других звезд их притяжение сильнее солнечного, а также что на определенном расстоянии от Солнца возмуще-

ния, испытываемые небесным телом (планетой или кометой) от совокупности звезд Галактики, окажутся настолько большими, что Солнце будет не в силах удерживать такое тело в составе солнечной системы, и оно навсегда уйдет в межзвездное пространство.

На каком же наибольшем расстоянии от Солнца могут двигаться небесные тела, оставаясь еще членами солнечной системы? Этот вопрос рассматривался недавно в цикле работ, выполненных в Институте теоретической астрономии Академии наук СССР в Ленинграде под руководством профессора Г. А. Чеботарева.

тяготения Галактики в целом. При этом вся масса Галактики предполагалась сосредоточенной в ее центре (в ядре Галактики). Такое предположение оправдывается тем, что соотношение между радиусом галактической орбиты Солнца и периодом его обращения вокруг центра Галактики соответствует третьему закону Кеплера.

Более ранние исследования, проведенные в том же институте профессором С. Г. Маковером, показали, что возмущения от отдельных звезд крайне малы. Кроме того, эти возмущения имеют случайный характер, так как сближения звезд с солнечной системой чрезвычайно редки. Поэтому в качестве постоянно действующего возмущающего фактора и рассматривалось поле тяготения Галактики в целом. Масса Галактики принята равной 130 млрд. масс Солнца, расстояние Солнца от центра Галактики 26 000 световых лет, или 1,65 млрд. а. е., период обращения Солнца вокруг центра Галактики 186 млн. лет.

Здесь нужно различать следующие понятия гравитационных сфер Солнца.

1. Под **сферой тяготения** Солнца подразумевается область пространства, внутри которой притяжение Солнца сильнее притяжения ядра Галактики. Вычисления дают для радиуса сферы тяготения Солнца значение 4500 а. е., т. е. он более чем в 100 раз превосходит радиус (большую полуось) орбиты Плутона и в 90 раз — наибольшее (афелийное) расстояние от Солнца до Плутона.

Казалось бы, небесное тело должно во всех случаях двигаться вокруг того центра, который сильнее притягивает. Тогда сфера тяготения Солнца и будет динамической границей солнечной системы. Такой вывод как будто подтверждается тем, что если определить сферы тяготения планет

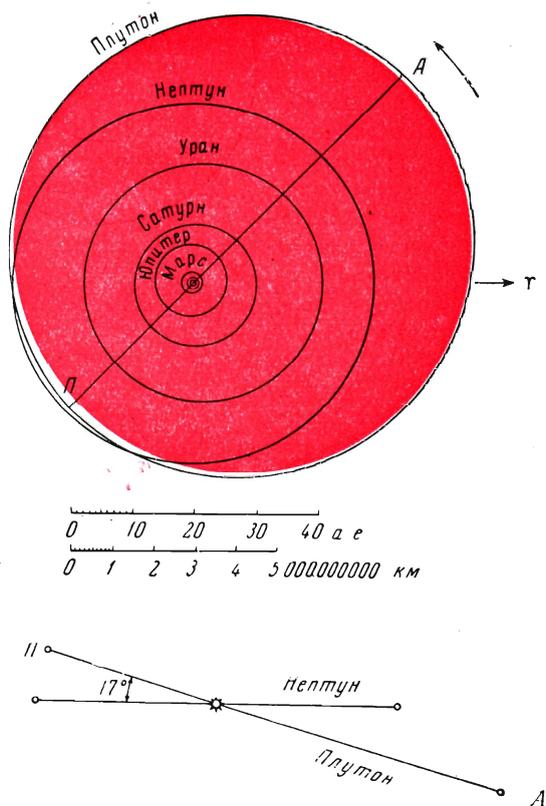


Рис. 1. Орбита Плутона и ее расположение в солнечной системе: вверху — в проекции на плоскость эклиптики, внизу — взаимный наклон орбит Нептуна и Плутона. П — перигелий Плутона, А — афелий

Исследовалось движение тела малой массы во внешней области солнечной системы под действием возмущений, вызываемых полем

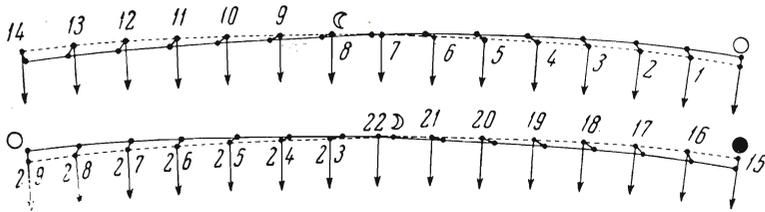


Рис. 2. Месячный путь Земли (прерывистая линия) и Луны (сплошная линия) вокруг Солнца

как области пространства, внутри которых притяжение данной планеты сильнее притяжения Солнца, то окажется, что системы спутников лежат в пределах сфер тяготения соответствующих планет. Однако Луна представляет в этом отношении исключение, так как она постоянно находится за пределами сферы тяготения Земли: радиус сферы тяготения Земли составляет от 256 000 до 265 000 км (в зависимости от радиуса-вектора Земли, т. е. ее меняющегося расстояния от Солнца), тогда как радиус лунной орбиты равен 384 000 км. Поэтому гелиоцентрическая (т. е. по отношению к Солнцу) орбита Луны во всех своих частях обращена вогнутой стороной к Солнцу (рис. 2). Вместе с тем, что Луна

резко выделяется среди спутников других планет большими размерами и массой по отношению к своей центральной планете, этот факт приводит к выводу, что система Земля — Луна представляет не планету со спутником, а двойную планету. Об этом можно подробнее прочитать в известной книге Я. И. Перельмана «Занимательная астрономия».

2. **Сфера действия Солнца** определяется как область пространства, в которой при вычислении возмущений в движении тела малой массы целесообразно принимать Солнце за центральное тело, а ядро Галактики — за возмущающее. Радиус сферы действия Солнца получился равным 60 000 а. е., — в 1200 раз больше афелийного расстояния Плутона, или около одного светового года (1 св. год = 63 000 а. е.). За пределами сферы действия Солнца возмущения от ядра Галактики уже настолько велики, что целесообразно за возмущающее тело принимать Солнце, а за центральное тело — ядро Галактики.

Радиус сферы действия Земли равен от 913 000 км (когда Земля в перигелии) до 944 000 км (когда Земля в афелии), т. е. почти в два с половиной раза больше радиуса лунной орбиты.

3. **Сфера устойчивого движения**, причем под устойчивым движением небесного тела следует понимать такое движение, когда орбита остается эллиптической на протяжении нескольких оборотов

вокруг Солнца, а неустойчивым — когда тело на протяжении одного-двух оборотов вокруг Солнца переходит на гиперболическую орбиту и навсегда покидает солнечную систему. Оказывается, что в солнечной системе прямое движение более устойчиво, чем обратное (это зависит от направления вращения Галактики). Наибольший возможный радиус устойчивой орбиты при обратном движении составляет 100 000 а. е., а при прямом движении 230 000 а. е. Для сравнения напомним, что расстояние до бли-

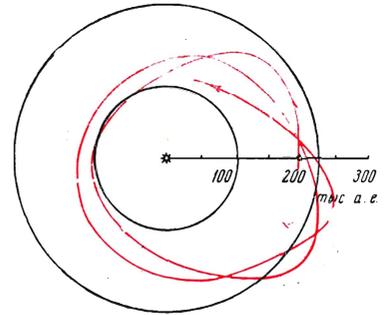
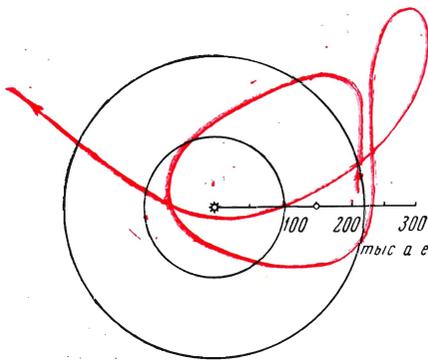
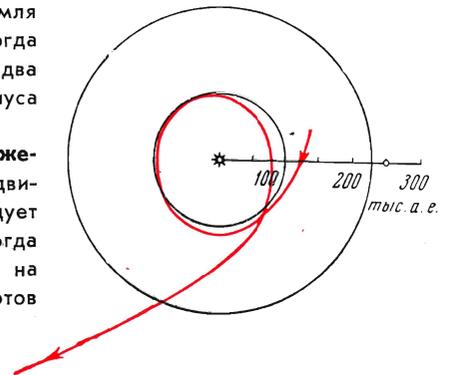


Рис. 4. Пример траектории прямого движения при начальном расстоянии от Солнца 200 000 а. е. Орбита устойчивая, период обращения 70 млн.— 90 млн. лет

Рис. 5. Пример траектории обратного движения при начальном расстоянии от Солнца 150 000 а. е. Орбита неустойчивая: совершив полтора оборота вокруг Солнца, тело переходит на гиперболическую орбиту и покидает солнечную систему



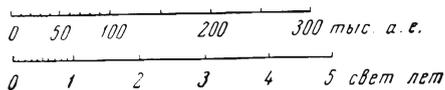
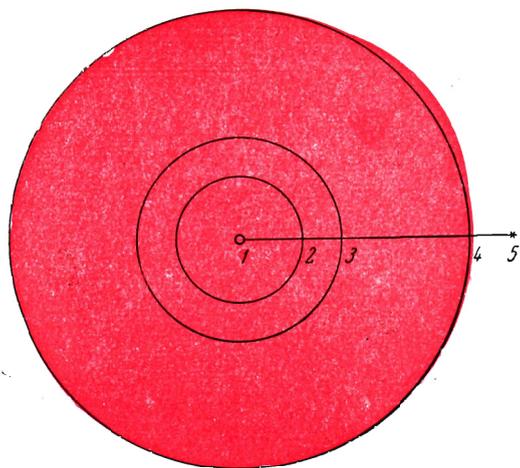


Рис. 6. Сравнительные размеры гравитационных сфер Солнца: 1 — сфера тяготения радиусом в 4500 а. е.; 2 — сфера действия радиусом в 60 000 а. е.; 3 — сфера устойчивого движения для обратного движения радиусом в 100 000 а. е.; 4 — сфера устойчивого движения для прямого движения (сфера Хилла) радиусом в 230 а. е.; 5 — расстояние до ближайшей звезды α Центавра. Орбита Плутона (см. рис. 1) изобразится окружностью радиусом в 0,005 мм

жайшей звезды α Центавра составляет около 270 000 а. е.

Примеры из числа конкретных случаев, исследованных в Институте теоретической астрономии, приведены на рис. 3—5. Во всех случаях начальная скорость равна круговой и направлена под прямым углом к радиусу-вектору. На рисунках окружности проведены радиусами 100 000 и 230 000 а. е. На рис. 6 размеры гравитационных сфер Солнца сопоставлены с расстоянием до ближайшей звезды.

Для Земли сфера устойчивого движения имеет радиус в 1,5 млн. км, или 0,01 а. е. Следовательно, хотя Луна испытывает со стороны Солнца более сильное притяжение, чем со стороны Земли, все же целесообразно при вычисле-

нии возмущений в движении Луны принимать за центральное тело Землю, а Солнце — за возмущающее тело. Устойчивое же (в указанном выше смысле) движение спутников вокруг Земли возможно, по-видимому, на расстояниях еще почти в четыре раза больших, чем радиус лунной орбиты и составляющих одну сотую среднего расстояния от Земли до Солнца (рис. 7).

Итак, динамические границы солнечной системы простираются до ближайших звезд. Физический смысл полученных результатов заключается в том, что ближайшие звезды лежат уже за динамическими границами солнечной системы; вместе с тем между звездами отсутствуют «пустоты» в том смысле, что любое тело малой массы (сравнительно с массами звезд), движущееся в меж-

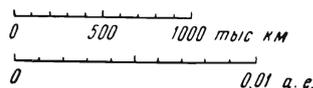
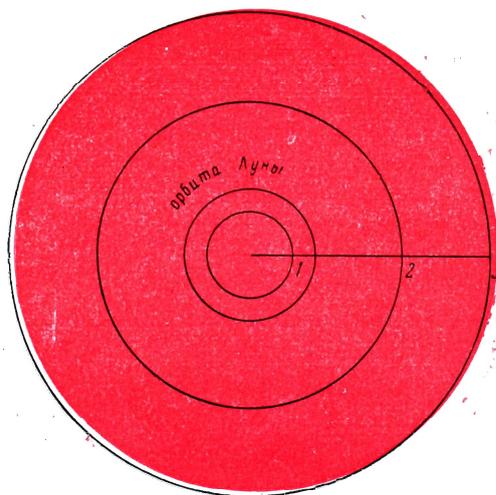


Рис. 7. Сравнительные размеры гравитационных сфер Земли: 1 — сфера тяготения радиусом в 260 000 км, 2 — сфера действия радиусом в 928 000 км (в среднем), 3 — сфера устойчивого движения (сфера Хилла) радиусом 1,5 млн. км; радиус лунной орбиты 384 000 км. Земной шар изобразится кружком радиусом в 0,14 мм, а среднее расстояние от Земли до Солнца (1 а. е.) равно 3,2 м

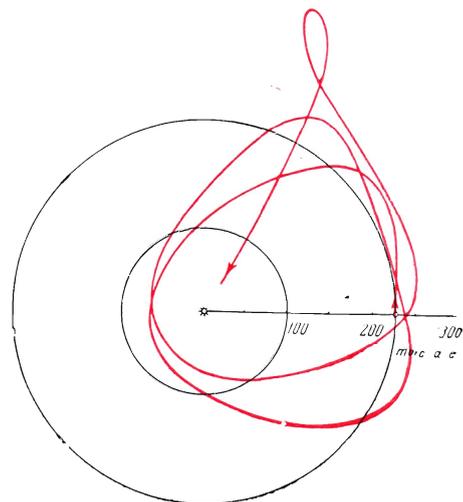


Рис. 8. Пример траектории, приводящей комету с динамических границ солнечной системы (начальное расстояние от Солнца 230 000 км) в ближайшие окрестности Солнца

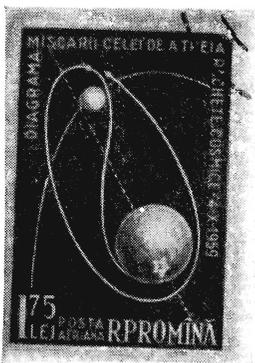
КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

МАРКИ РАССКАЗЫВАЮТ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЛУНЫ

звездном пространстве, будет находиться в пределах динамических границ солнечной системы, либо планетной системы вокруг той или иной звезды. Но возмущения от отдельных близких звезд в движении членов солнечной системы могут иметь значение уже на расстояниях порядка 30 000—50 000 а. е. от Солнца, т. е. в 1000 раз больших, чем расстояние до Плутона, в пределах сферы действия Солнца.

Как показали вычисления, выполненные также в Институте теоретической астрономии, афелийные расстояния долгопериодических комет достигают 100 000 а. е. и больше. Значит, эти кометы доходят до динамических границ солнечной системы. В той же области, до расстояний в 100 000—150 000 а. е. простирается кометное облако, которое, согласно гипотезе Оорта, служит источником пополнения всех наблюдаемых нами комет. Это облако содержит около 100 млрд. комет, суммарная масса которых составляет примерно 0,1 массы Земли. Время от времени под действием возмущений от звезд какая-либо из комет, входящих в состав облака, переходит на орбиту, приводящую ее в ближайшие окрестности Солнца, и тогда комета становится доступной для наблюдений.

Пример также из числа случаев, исследованных в Институте теоретической астрономии, приведен на рис. 8. Под действием возмущений от поля тяготения Галактики орбита кометы деформируется из почти круговой в сильно вытянутую эллиптическую, и в результате комета приближается к Солнцу на расстояние Нептуна. Дальнейшее ее движение определяется уже возмущениями от планет. Если произойдет тесное сближение ее с массивной планетой, то комета может оказаться «захваченной» и перейдет на короткопериодическую орбиту.



Известно, что в нашей стране осуществлен ряд полетов космических аппаратов в сторону Луны. Все они достаточно полно и подробно отображены на марках. Только в 11 социалистических странах выпущено 80 марок и 8 художественных маркированных конвертов, посвященных этим полетам. Рейсы «лунников» отмечены также 18-ю специальными почтовыми гашениями.

Уже 3 февраля 1959 г., т. е. через месяц после запуска первой советской космической ракеты в сторону Луны, в Румынии была выпущена первая зарубежная марка, посвященная этому событию. 28 февраля издана серия из двух марок в Болгарии, 14 марта — марка в Венгрии. Всего этому запуску посвящены 25 марок различных стран мира.

Министерство связи СССР выпустило в апреле 1959 г. серию из двух марок, на которых воспроизведена схема трассы космической ракеты, орбиты Луны и траектории сближения ракеты с Луной. Однако маркой, на которой впервые была изображена эта ракета, следует считать одну из марок серии «XXI съезд КПСС», изданной в январе, на которой показаны достижения нашей страны в освоении космического пространства. Это выдающееся

научно-техническое достижение было отмечено и специальным гашением на Московском почтамте и Центральном телеграфе 8 и 9 января 1959 г. В первую годовщину запуска ракеты также производилось специальное гашение на Московском почтамте.

Не меньший интерес вызвал запуск второй космической ракеты, которая доставила вымпел нашей страны на Луну. Это событие отображено на 18 марках ряда стран. В Румынии и Венгрии были повторно выпущены марки, посвященные первой космической ракете, но со специальной надпечаткой и указанием точного времени прилунения ракеты. В СССР была издана серия из двух марок, одна из которых интересна тем, что кроме рисунка на ней помещен подробный пояснительный текст, состоящий из 35 слов и 7 числовых значений. Оригинально выполнены рисунки двух марок почтового блока ГДР, на которых предельно лаконично, но выразительно отображены все этапы наших исследований Луны.

Широкий отклик во всем мире вызвало фотографирование невидимой с Земли стороны Луны. Почтовые ведомства многих стран поспешили увековечить на своих марках этот выдающийся эксперимент. Ему посвящено около 30 марок. Некоторые художники стремились показать сложность маневра, который потребовался при выводе ракеты, другие находили более простые графические решения, но все эти марки по-своему интересны и имеют определенное познавательное значение.

Особый интерес представляет марка, изданная у нас в октябре 1959 г. Интересна и необычна она тем, что художнику В. Завьялову удалось на площади в 9,25 см² показать не только схему трассы полета ракеты и различные относительные положения Луны и ракеты в момент наибольшего их сближения, но разместить подробный пояснительный текст, состоящий из 48 слов и 5 числовых значений. Кроме того, на марке достаточно четко изображен координационно-вычислительный центр с пультом управления ракетой и обслуживающим персоналом, а также Земля с миниатюрной картой СССР. Изображена и Спасская башня Московского Кремля.

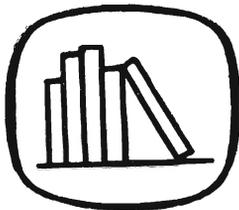
Этому же событию посвящена и другая серия, выпущенная в СССР в апреле 1960 г. На марках изображен момент фотографирования обратной стороны Луны и полученные результаты. На одной из марок изображен лунный глобус с обозначением сфотографированных объектов. Эту серию как бы дополняет большеформатная румынская марка, на которой также изображен глобус Луны и написаны на румынском и русском языках названия основных объектов.

Запуск межпланетной автоматической станции «Луна-4» отмечен девятью марками в пяти странах.

Почтовые ведомства некоторых стран время от времени возвращаются к теме исследований Луны, проведенных в нашей стране. Так, в Венгрии в 1963 г. была выпущена большая космическая серия в стиле «марки на марках». В ней изображены марки разных стран, которые ознаменовали различные достижения Советского Союза в области освоения космического пространства. На пяти из двенадцати марок этой серии изображены именно те, которые рассказывают о запусках советских «лунников». То же можно сказать в отношении польской космической серии, изданной в 1963 г. И еще следует упомянуть об одной марке. В 1962 г. в Болгарии была выпущена серия, посвященная XIII конгрессу Международной Федерации астронавтики. На одной из марок изображен облет Луны космической ракетой.

В. А. ОРЛОВ



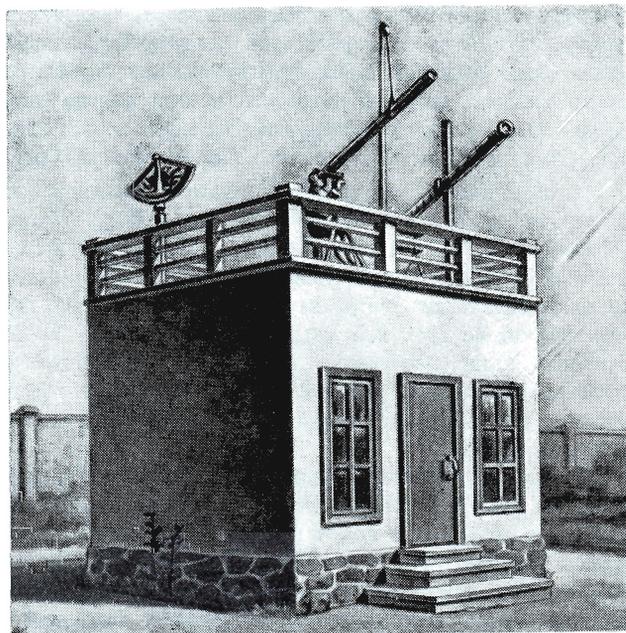


КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

ИНТЕРЕСНЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

Десять лет назад Комиссия истории астрономии Астросовета Академии наук СССР предприняла издание специальных сборников, посвященных истории астрономии. С тех пор в Издательстве технико-теоретической литературы (позднее Физматгиз) вышло восемь выпусков «Историко-астрономических исследований» (ИАИ). Около семидесяти авторов (из них десять зарубежных) опубликовали в них более ста научных исследований, статей и архивных разысканий.

Среди авторов не только известные советские астрономы и историки астрономии (Б. А. Воронцов-Вельяминов, Б. В. Кукаркин, О. А. Мельников, А. Н. Дейч, С. Б. Пикельнер, В. П. Цесевич, М. К. Вентцель, Е. К. Харадзе, В. Л. Ченакал, В. П. Щеглов, П. В. Славенас, З. К. Новокшанова, А. Ф. Богородский, Н. С. Яхонтова, Б. Е. Туманян, Н. И. Невская и другие) и ряд зарубежных (Е. Рыбка, В. Зонн и К. Рудницкий — Польша, Г. Дингль — Англия, С. Гапошкин — США, Э. Циннер — ФРГ и другие), но и представители других специальностей, занимающихся историей науки и культуры (В. П. Зубов, И. Н. Веселовский, Б. А. Розенфельд, Д. Надор [Венгрия], Л. Е. Майстров, А. Г. Абрамян, Т. Н. Кладо, И. Г. Добровольский, В. М. Брабич и др.). Издание рассчитано на ши-

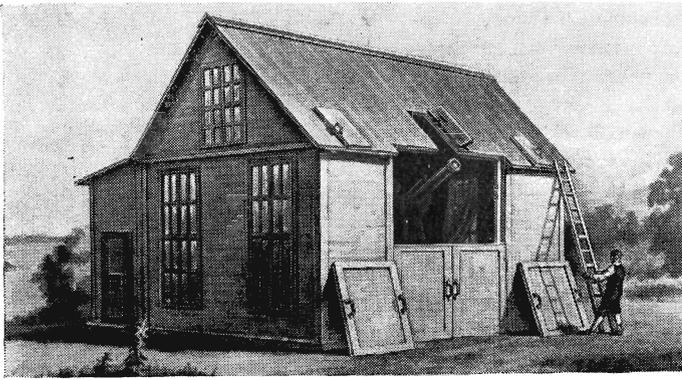


рокий круг читателей, интересующихся историей науки, и в большинстве случаев не требует от них специальной подготовки. Каждый выпуск ИАИ завершается аннотированной библиографией книг и ценных исследований, опубликованных в мировой литературе за предыдущий год.

В настоящее время в редколлегию ИАИ входят: член-корреспондент Академии педагогических наук Б. А. Воронцов-Вельяминов, профессор Б. В. Кукаркин,

Обсерватория М. В. Ломоносова, построенная во дворе его дома на берегу Мойки в Петербурге (к статье В. Л. Ченакала, ИАИ III, 365)

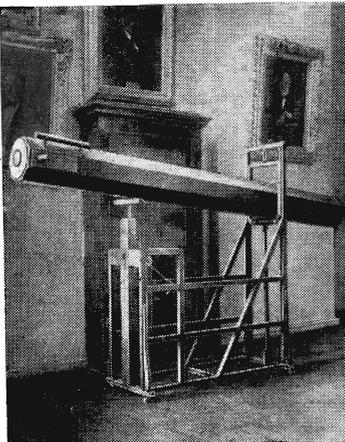
член-корреспондент Академии наук Литовской ССР профессор П. В. Славенас, член-корреспондент Академии наук Узбекской ССР профессор В. П. Щеглов, директор музея М. В. Ломоносова в Ленинграде В. Л. Ченакал и П. Г. Куликовский (ответственный редактор).



Проект малой обсерватории С. Румовского, 1765 г. (к статье В. Л. Ченакала, ИАИ III, 383)

Нет возможности перечислить все статьи и материалы, помещенные на 3786 страницах первых восьми выпусков ИАИ.

Цель настоящего обзора — дать общее представление о разнообразии и широком охвате проблем истории астрономии и ориентировать читателей в содержании ИАИ. Уже первый выпуск ИАИ отразил стремление редакционной коллегии дать читателям разнообразный материал, охватывающий и исследовательские работы, опирающиеся на новые архивные материалы, и очерки, касающиеся выдающихся представителей нашей науки, и

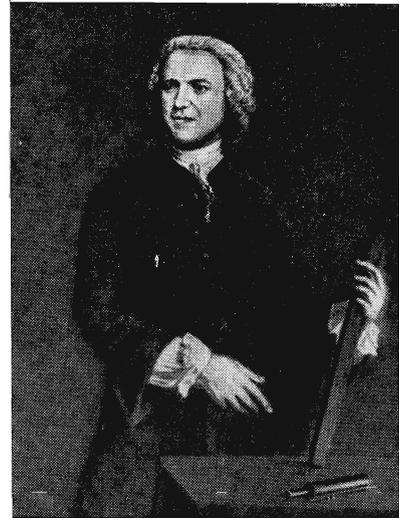


переписку ученых, а также меморандарные материалы. Определяя программу нового издания, редакционная коллегия писала в своем предисловии к первому выпуску: «Для создания полной картины развития отечественной астрономии предстоит... длительная и кропотливая подготовительная работа по выявлению и публикации новых архивных материалов... по выяснению ряда спорных вопросов. Редакционная коллегия уверена, что советские исследователи внесут свой вклад также и в разработку истории развития астрономии в других странах».

На страницах ИАИ были опубликованы крупные статьи, охватывающие целые области астрономии. Таковы, например, статья М. К. Вентцеля «Краткий очерк истории полевой практической астрономии в России. Развитие методов определения времени и широты» (ИАИ II, стр. 7—140, библиография 220 названий); статья О. А. Мельникова «К истории развития астроспектроскопии в России и в СССР» (ИАИ III, стр. 3—260, библиография 1200 названий); статья Н. П. Ерпылева «Раз-

Десятифутовый телескоп Гершеля в музее Пулковской обсерватории (уничтожен немецко-фашистскими захватчиками во время блокады Ленинграда) (к статье В. Л. Ченакала, ИАИ IV, 279)

витие звездной астрономии в России в XIX веке (ИАИ IV, стр. 13—250, библиография 185 названий); статья Н. Б. Лавровой «Очерк истории астрономической библиографии»* (ИАИ V, стр. 83—196). Об этой статье известный американский астрофизик О. Струве писал: «Я особенно заинтересовался замечательной статьей Н. Б. Лавровой по истории астрономической библиографии. Ничего подобного не существует ни на одном другом языке. И я надеюсь, что эта статья будет переведена на английский язык, так что она

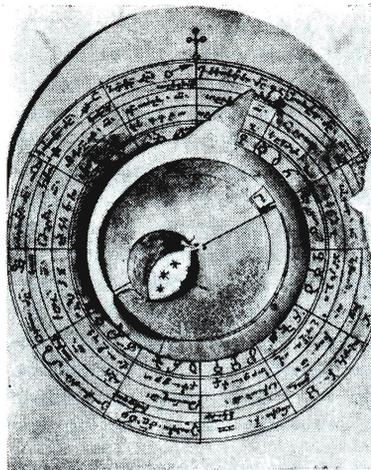


Джемс Шорт (к статье В. Л. Ченакала, ИАИ V, 13)

станет доступной для большого числа ученых» (письмо от 8 февраля 1960 г.).

В ИАИ VII и VIII опубликованы две трети большой рукописи покойного профессора Д. О. Святского «Очерки истории аст-

* Ценным дополнением к этой статье явилась «Библиография астрономических библиографий» того же автора, изданная Астросоветом АН СССР в 1962 г.



Лунный указатель (к статье Б. Е. Тумяна, ИАИ VI, 257)

рономии в древней Руси». Окончание публикации этого ценного исторического исследования предполагается в ИАИ IX.

В выпусках ИАИ уделено вни-



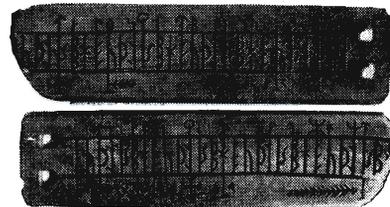
Медаль 1700 г. в честь Я. Гевелия (к статье П. Г. Куликовского, ИАИ VII, 285)

мание основанным на новых архивных материалах исследования деятельности отечественных астрономов А. Д. Красильникова, Н. Г. Курганова, В. К. Вишневецкого, Д. М. Перевощикова, М. Ф. Хандрикова, И. М. Симонова, А. К. Кононовича, В. П. Энгельгардта, В. К. Цераского, С. П. Глазенапа, Н. Я. Цингера, С. К. Костинского. Ряд обстоятельных исследований посвящен жизни и анализу научной деятельности наших современников — покойных Н. И. Идельсона, Г. А. Шайна, П. П. Паренаго и А. Д. Дубяго.

Очень содержательные статьи были опубликованы о работах классиков астрономии: Аристарха Самосского — Коперника античного мира (с приложением перевода единственного дошедшего до нас труда Аристарха, содержащего определение расстояний и размеров Солнца и Луны), Николая Орема — французского ученого XIV века (с приложением первого на русском языке перевода трактата Н. Орема «О соизмеримости и несоизмеримости движений неба»), Галилея, Кеплера, Л. Эйлера и Т. Майера (очень интересная переписка между ними), Гевелия, Галлея, Яна Снядецкого, М. Почобута, Лаверье (посмертная публикация доклада Н. И. Идельсона).

Цикл из трех статей В. Л. Ченакала посвящен астрономическим обсерваториям Петербургской Академии наук в XVIII веке. Этот цикл был дополнен его исследованиями в области астрономического инструментоведения: «Большой неподвижный телескоп Ломоносова с сидеростатом», «Зеркальные телескопы Вильяма Гершеля в России», «Джемс Шорт и русская астрономия XVIII в.», «Астрономические инструменты Джона Берда в России XVIII в.».

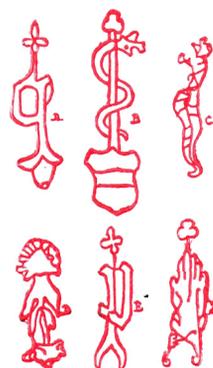
Истории инструментов были посвящены также статьи, рассказывающие о приборах средневековья, хранящихся в СССР. Тако-



Рунический календарь из Таллинского музея (к статье Л. Е. Майстрова, ИАИ VIII, 275)

вы, например, «Астролябия Гуалтеруса Арсениуса» (XVI век), хранящаяся в музее М. В. Ломоносова; «Армянская астролябия конца XVII века» — астролябия знаменитого астронома Гукса Ванандеци, найденная лишь в 1957 г. и хранящаяся теперь в Бюраканской обсерватории; «Лунный указатель» — уникальный прибор, изготовленный из пергамента в XIV веке, хранится в «Матенадаране» в Ереване.

Истокам отечественного астрономического приборостроения посвящены два исследования З. К. Новокшановой «Пулковские механики — создатели астрономических и геодезических инструмен-



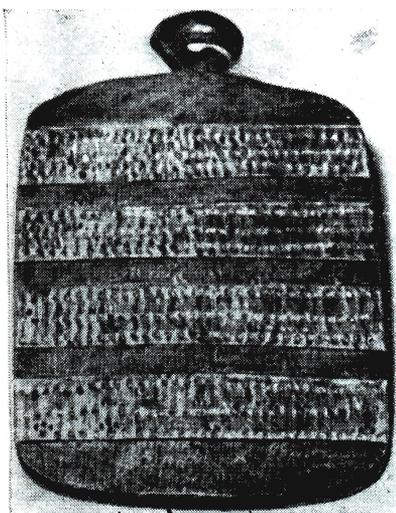
Водяные знаки бумаги, на которой написана рукопись Коперника (к статье И. Н. Веселовского, ИАИ VI, 46)

тов» и «Механическая мастерская Главного Штаба». Статьей Д. Н. Пономарева «История создания фотографической зенитной трубы» редколлегия предполагала начать публикацию исследований, посвященных истории развития современных астрономических инструментов.

Большой интерес представляет исследование русских народных деревянных календарей и рунических календарей, хранящихся в Эстонии. Автору этих исследований (Л. Е. Майстрову) удалось расшифровать эти чрезвычайно интересные материальные памятники применения астрономии к практическим нуждам. Особое исследование (А. Д. Могилко) было посвящено звездным картам и атласам, изданным в России и в СССР, начиная с карты 1699 г., составленной по прямому указанию Петра I.

Специальное внимание было уделено истории астрономии в Закавказье, Средней Азии и на Востоке (Индия, Китай). Опубли-

Евентский деревянный календарь из коллекции Государственного исторического музея в Москве (к статье Л. Е. Майстрова и С. К. Просвиркиной, ИАИ VI, 294)



кована статья о замечательном армянском ученом-энциклопедисте VII века Анании Ширакаци, впервые опубликован перевод звездного каталога великого хорезмийца Бируни (XI век) с приложением каталогов Омар Хайяма (XI век) и Насирэддина Туси (XIII век), статьи о самаркандской обсерватории XV века и др.

Среди статей, которые нельзя отнести к какому-либо из перечисленных выше разделов, упомянем статью Б. В. Кукаркина «Некоторые методологические вопросы истории астрономии», являющуюся введением в курс истории астрономии, и статью П. Г. Куликовского «О некоторых вопросах изучения истории астрономии». В этой статье содержится краткий хронологический перечень наиболее выдающихся работ отечественных астрономов с точными библиографическими ссылками — полезное пособие для иных западных авторов, которые в своих книгах по истории астрономии все еще непозволительно скупо освещают достижения русских и советских ученых.

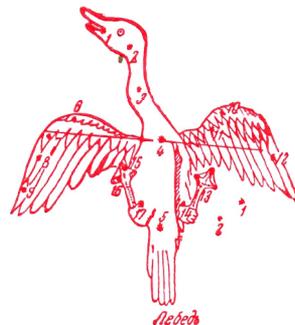
Отражением интереса к истории мировой науки являются статьи: «И. Кант и Петербургская Академия Наук», «Из истории распространения системы мира Ламберта в России», «О космических воззрениях Вольтера», «Космос» Гумбольта и его значение в развитии представлений о строении Вселенной», «Генезис «De Revolutionibus» Коперника», «Из истории научных связей русских и американских астрономов», «Астрономия в Финляндии» и др.

Проблемам современной астрономии посвящены статьи, спе-

Средневековые восточные изображения созвездий по копенгагенской рукописи трактата ас-Суфи с указанием номеров звезд по каталогу ал-Бируни (к публикации Б. А. Розенфельда, ИАИ VIII, 152)



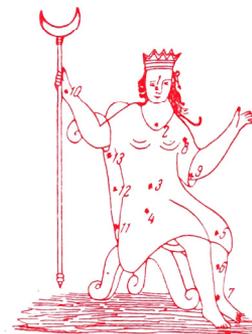
Гаркулаб



Лебедь



Геркулес



Кассиопея



Возничий



Александрийские монеты с изображением созвездий зодиака (к статье И. Г. Добровольского и В. М. Брабича, ИАИ V, 224)

циально написанные по просьбе редакционной коллегии: «Развитие учения о подсистемах в звездной космогонии» В. Зонна и К. Рудницкого — Польша и «Описание наблюдений вулканов на Луне в XVIII и начале XIX вв.» Т. Н. Кладо — Ленинград. В дискуссионном порядке была опубликована статья американского астронома С. Гапошкина «Когда

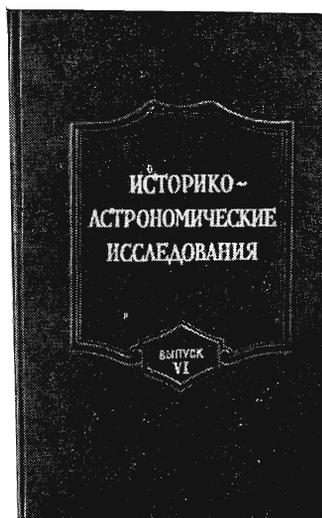
был открыт Ньютоном закон всемирного тяготения?». Помимо ряда интересных архивных материалов было опубликовано несколько статей мемуарного характера, в большинстве своем описывавших Пулковскую обсерваторию начала XX века.

ИАИ несомненно способствовали оживлению исторических исследований в нашей стране, выявлению новых архивных материалов, появлению монографических работ, отражающих развитие целых отраслей астрономии.

Хочется надеяться, что растущий у нас интерес к истории астрономии получит дальнейшую



Общий вид астролябии Гукаса Ванандеци (к статье Б. Е. Туманяна, ИАИ V, 235)



поддержку в виде продолжения издания ИАИ. К сожалению, малый тираж ИАИ позволяет обеспечить этим изданием только тех, кто заранее сдал заявку на него.

Заявки на выпуски «Историко-астрономических исследований» надо направлять в местные книоторги либо в Отдел научнотехнической литературы «Союзкниги» по адресу: Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

П. Г. КУЛИКОВСКИЙ

ДВЕ КНИГИ О В. Я. СТРУВЕ

29 ноября 1964 г. исполнилось 100 лет со дня смерти основателя и первого директора Пулковской обсерватории В. Я. Струве. В том же году отмечалось 125-летие Пулковской обсерватории и 150-летие Тартуской (Дерптской) обсерватории, где в 1811 г. В. Я. Струве начал свою астрономическую деятельность. Этот тройной юбилей был отмечен научными собраниями, организованными Академией наук СССР и Академией наук Эстонской ССР в

Ленинграде, Пулкове и Тарту. К этому было приурочено также открытие новой Тартуской астрофизической обсерватории Академии наук Эстонской ССР в Тыравере; ей дано имя В. Я. Струве.

Громадные успехи В. Я. Струве в изучении двойных звезд, в звездной астрономии, в определении первого звездного параллакса, в измерении огромной дуги меридиана в 2600 км, в других астрономо-геодезических работах, а также в исключительно продуманной организации научной работы Пулковской обсерватории освещены в специальном сборнике «Василий Яковлевич Струве (1793—1864)» (Издательство «Наука», 1964, 250 стр.). Сборник подготовлен Комиссией истории астрономии Астросовета Академии наук СССР, ответственный редактор — академик А. А. Михайлов.

Статьи Г. А. Желнина посвящены первым годам научной деятельности В. Я. Струве (1811—1821), его астрономо-геодезическим работам, статья П. Г. Куликовского — многолетним замечательным исследованиям двойных звезд, статья Д. Н. Пономарева — новаторству В. Я. Струве в инструментальном оснащении астрономической обсерватории. В сборник включены впервые публикуемые на русском языке (в переводе и с комментариями академика А. А. Михайлова) воспоминания о В. Я. Струве (точнее, описание всей его жизни), принадлежащие перу его сына и преемника на посту директора Пулковской обсерватории О. В. Струве. Большой интерес представляет также перевод исторического вступления к известному «Описанию Главной астрономической обсерватории в Пулкове», написанному В. Я. Струве (перевод и комментарии академика А. А. Михайлова). Из этого же «Описания» дается перевод главы, в которой В. Я. Струве сформулировал основные научные задачи новой обсерватории. Сборник заключают впервые публикуемые архивные материалы: переписка, памятные и докладные записки, связанные со знаменитым русско-скандинавским градусным измерением (так называемая дуга Струве — Теннера). Эти материалы подготовлены к печати и комментированы З. К. Новокшановой (Соколовской). Сборник иллюстрирован портретами, рисунками и чертежами.

З. К. Новокшановой (Соколовской) принадлежит новая научная биография В. Я. Струве, составленная на основе огромного архивного и литературного материала — «Василий Яковлевич Струве». Она вышла в научно-биографической серии издательства «Наука» (1964, 295 стр.). Это — первый строго документированный и вместе с тем очень доходчиво написанный обзор жизни и деятельности одного из крупнейших ученых XIX века. Книга состоит из двух частей. Первая — «История жизни» подробно рассказывает о дерптском и пулковском периодах В. Я. Струве. Вторая часть — «Вклад

В. Я. Струве в науку и подготовку астрономов и геодезистов» — освещает его научное творчество и создание им научной школы. В приложениях дан полный список трудов В. Я. Струве, список работ, изданных под его редакцией, с его предисловиями и комментариями, а также хронология жизни В. Я. Струве. Среди иллюстраций ряд портретов ученого в разные периоды его жизни.

Эти книги представляют собой ценное пополнение литературы по истории отечественной науки.

И. И. З.



Книги 1965 года

Издательство «Наука» в научно-популярной серии выпускает в текущем году книги:

Г. Б. Богатов. Телевизионные передачи из космоса. 9 л., 27 коп. Автор раскрывает особенности космической радиосвязи и показывает, какую громадную работу пришлось проделать советским ученым, чтобы обеспечить устойчивую передачу изображений с космических кораблей на Землю. В книге рассказано о принципах работы, об устройстве и совершенствовании космической телевизионной аппаратуры.

К. К. Дерюгин. Человек покоряет глубины океана. 10 л., 30 коп. В книге показано, как человек проникал в глубины океана, как используются минеральные богатства, растительный и животный мир морей и океанов.

П. Г. Куликовский. Павел Карлович Штернберг. 7 л., 42 коп. Имя этого выдающегося ученого и бесстрашного революционера-большевика широко известно в нашей стране. Автор книги, используя архивные материалы и воспоминания современников, в живой форме рассказывает о жизни П. К. Штернберга, о его научной, педагогиче-

ской, революционной, государственной и военной деятельности.

О. А. Мельников и др. Современный телескоп. 18 л., 1 р. 20 к. Книга знакомит читателя с устройством современного астрономического телескопа и с тем, как с ним ведутся наблюдения небесных светил, деталей на дисках планет, исследуется видимость искусственных спутников Земли, строение и состав далеких галактик.

В. П. Петров. Космическое бюро погоды. 10 л., 30 коп. В книге говорится об использовании искусственных спутников Земли для изучения климата нашей планеты и метеорологических условий, для предсказания погоды. Недалеко время, когда человек сможет управлять погодой. Автор показывает, как человек придет к решению этой великой задачи.

В. И. Почтарев. Магнетизм Земли и космического пространства. 8 л., 24 коп. Автор рассказывает, как на протяжении веков человечество познавало свойства земного магнетизма, изучало его природу, особенности и применяло его к своей практической деятельности в области топографии и картографии, геологии, космонавтики. В книге даются новейшие сведения о магнитном поле Земли, радиационных поясах, полярных сияниях.



МАГНИТНОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

За 1 час 6 минут до начала разрушительного землетрясения, происшедшего на Аляске в марте 1964 г., в магнитном поле Земли отмечено возмущение. Результаты анализа магнитограмм, описанные сотрудником геологической съемки США Джорджем Муром в журнале «Nature», свидетельствуют о таком возмущении, которое автор относит за счет землетрясения.

Автор считает, что геомагнитные явления, предшествовавшие аляскинскому землетрясению, могли быть вызваны изменениями, последовавшими в структуре пород в результате накопления напряжения в недрах Земли. Если последующие наблюдения

подтвердят такую связь, это, возможно, будет способствовать прогнозированию землетрясений.

АРАВИЙСКИЙ ПОЛУОСТРОВ ДРЕЙФУЕТ?

Британский участник Международной индоокеанской экспедиции доктор А. С. Лоутон заявил о том, что им обнаружены в Сомали продолжения вадии (сухих долин пересыхающих рек), начинающихся на южном побережье Аравийского полуострова. На северном и южном берегах Аденского залива наблюдается значительное сходство многих геологических черт. Он считает это доказательством дрейфа Аравийского полуострова, удаляющегося от Африки со скоростью 2 см в год. Дрейф этот, по его мнению, начался около 20 млн. лет назад. За время дрейфа Аравийский полуостров сместился на 8° в направлении против часовой стрелки.



(К стр. 83)

Первое определение скорости света было сделано датским астрономом Оле Рёмером в 1675 г. по наблюдениям затмений спутников Юпитера. Он обнаружил, что чем дальше находилась Земля от Юпитера, тем больше было расхождение между предвычисленными и наблюдаемыми моментами затмения. Рёмер высказал предположение, что это расхождение — следствие большой продолжительности времени, которое необходимо свету, чтобы пройти увеличившееся расстояние между Юпитером и Землей. Когда Юпитер находился в соединении, затмения происходили на 15 минут позднее, чем когда он был в противостоянии. Отсюда Рёмер сделал вывод, что скорость света равна 2 а. е.: 16,5 минуты = $= 3 \cdot 10^8 \text{ км} : 10^3 \text{ сек} = 3 \cdot 10^5 \text{ км/сек}$.

Отвечая на запросы читателей, которым не удалось подписаться на журнал «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» на первое полугодие, сообщаем, что необходимые номера журнала можно приобрести в магазинах «Академкнига»: магазин № 1 — Москва, ул. Горького, 8; № 2 — Москва, ул. Вавилова, 55/5.

Для получения журнала просьба направлять заказ наложенным платежом по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10, Центральная контора «Академкнига».

Научно-популярный журнал «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
(и Всесоюзного астрономо-геодезического общества)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. гл. редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ Ответственный секретарь Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ,
кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН,
кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ,
доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, кандидат техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик
В. Г. ФЕСЕНКОВ

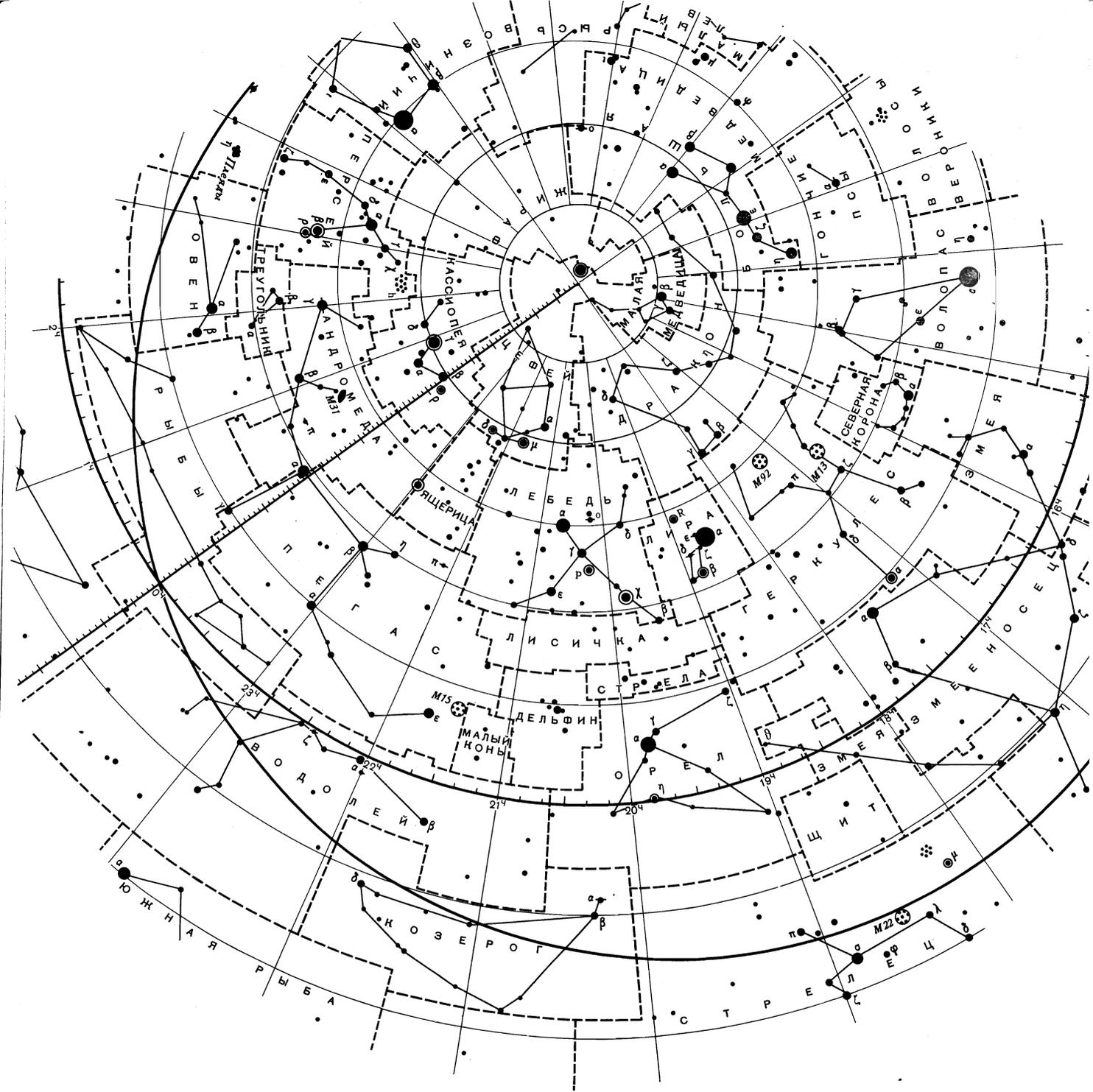
Художественный и технический редактор В. Ф. Ситникова

Адрес редакции: Москва, В-333, Ленинский пр., 61
Тел. АВ 7-78-14, АВ 7-67-09

Т-11410

Подписано к печати 3/VIII 1965 г. Тираж 21500 экз.

Заказ № 2554. Бум. л. 3. Формат бумаги 84 × 108^{1/16}. Печ. л. 108 + 2 вклейки. Уч.-изд. л., 10,9
2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



Сентябрь 1965 г.

Видимость планет

Меркурий виден по утрам в первой половине месяца (созвездие Льва).
Венера видна по вечерам (созвездие Весов).
Юпитер виден всю ночь (созвездие Тельца, а затем Близнецов).
Сатурн виден всю ночь (созвездие Водолея, 13 сентября координаты планеты: прямое восхождение $23^{\text{h}} 02^{\text{m}}$, склонение $-8^{\circ} 32'$).

Цена 30 коп.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

ИНДЕКС
70336