

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

З

1 9 6 8

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Академик АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ МИХАЙЛОВ

(к 80-летию со дня рождения)

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ — ИЮНЬ

3 1968

Издательство «Наука»

Москва

В НОМЕРЕ

В. Г. Фесенков — Тунгусское явление 1908 года	4
И. Д. Жонголович — Космическая триангуляция	14
В. И. Уломов — На пути к прогнозу землетрясений	23
М. Райл — Радиогалактики и квазары	32
П. В. Щеглов — Электронная телескопия и астрономические наблюдения	42
В. Марковиц — Физика и метафизика неопознанных летающих объектов	54

ЛЮДИ НАУКИ

А. Н. Дейч — Александр Александрович Михайлов (к 80-летию со дня рождения)	62
--	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

К. Я. Кондратьев — Астронавтический конгресс в Белграде	68
Е. П. Левитан — Ленинградский пленум Центрального совета ВАГО	73

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

М. Г. Крошкин, В. И. Кузьмин — Международная выставка «Космос — Миру»	78
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

А. Д. Марленский, В. Ф. Заболотный — Астрономические наблюдения в июле — августе 1968 года	82
--	----

ФАНТАСТИКА

Артур Кларк — Пятый Юпитера	85
---------------------------------------	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Мягкая посадка АМС на Луну и искусственные спутники Луны на марках мира	91
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

В. С. Сафронов — «Движущие силы развития Земли и планет»	93
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

«Луна-14» — четвертый советский искусственный спутник Луны [2]; Вторая автоматическая стыковка на орбите [3]; След древней катастрофы в центре Европы [11]; Древние скальные сооружения в Мецаморе [11]; «Маринер-4» продолжает рассказывать о Марсе [12]; О «возрасте» вулканических пород [22]; Донный сейсмограф [30]; Десять новых названий малых планет [31]; О неоткрытых небесных телах солнечной системы [31]; Еще одна странность квазаров [38]; Открытие новых рентгеновских источников [39]; Необычные источники космического радиоизлучения [40]; Книжки 1968 года [41]; Инфракрасные звезды [52]; Вулкан Килауэа [53]; Внеатмосферные исследования коротковолнового излучения Солнца [60]; Пыльные бури и электричество [67]; Четыре полных солнечных затмения за 16 лет! [84]; Состоят ли из льда частицы колец Сатурна? [84]; Небольшой экскурс в астрономическую этимологию [95]; Отвечаем на вопросы читателей [96].

На обложке: 1-я стр.— Проект мировой сети космической триангуляции (к статье И. Д. Жонголовича). 4-я стр.— Ташкентский сейсмо-геофизический полигон (к статье В. И. Уломова).

Новые замечательные победы в Космосе

«Луна-14» — четвертый советский искусственный спутник Луны

7 апреля 1968 г. на траекторию полета к Луне была выведена советская автоматическая станция «Луна-14». На следующий день удалось успешно осуществить коррекцию траектории движения станции: сначала станция была сориентирована по небесным телам — Солнцу и Луне, а затем в расчетное время была включена двигательная установка. После корректирующего маневра станция вышла на расчетную траекторию, проходящую на заданном расстоянии от поверхности Луны. По параметрам траектории, полученной после коррекции, были определены исходные данные для торможения, необходимого при переводе станции на селеноцентрическую орбиту.

10 апреля 1968 г. при подлете к Луне по команде с Земли была включена система автоматического управления станции «Луна-14», которая в соответствии с программой осуществила сеанс торможения станции. В 22 часа 25 минут московского времени после включения двигательной установки скорость станции уменьшилась с 2190 м/сек до 1279 м/сек и станция вышла на селеноцентрическую орбиту. По предварительным данным, параметры селеноцентрической орбиты станции «Луна-14» оказались близкими к расчетным значениям и составили: максимальное удаление от поверхности Луны (в апоселении) 870 км, минимальное (в периселении) — 160 км, период обращения 2 часа 40 минут, наклонение орбиты 42°.

За первые трое с половиной суток полета со станции было проведено двадцать сеансов радиосвязи, во время которых проверялись различные режимы работы ее аппаратуры и систем, а также проводились научные измерения в космическом пространстве. Новый искусственный спутник «Луна-14» продолжает научные исследования Луны и космического пространства, начатые советскими автоматическими станциями — спутниками серии «Луна».

С помощью научных приборов и систем, установленных на борту автоматической станции «Луна-14», предусматривается уточнить отношение масс Луны и Земли, гравитационное поле и форму Луны, провести измерения солнечных корпускулярных потоков и космических лучей в окрестностях Луны, получить дополнительную информацию для построения точной теории движения Луны. Наряду с этим бортовая радиоаппаратура и наземные станции должны исследовать условия прохождения радиоволн при различных положениях станции относительно лунной поверхности, а также при заходах станции за Луну.

Успешный запуск нового спутника Луны советские ученые, инженеры, техники и рабочие посвятили Дню космонавтики — 12 апреля 1968 года.

Вторая автоматическая стыковка на орбите

В канун славного полувекового юбилея Великого Октября была совершена первая в мире автоматическая стыковка на орбите двух советских искусственных спутников Земли («Космос-188» и «Космос-186»).

15 апреля 1968 г. в Советском Союзе был запущен искусственный спутник Земли «Космос-213», который вышел на орбиту с параметрами: начальный период обращения 89,16 минуты; максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) 216 км; минимальное расстояние от поверхности (в перигее) 205 км; наклонение орбиты $51^{\circ},4$.

В 13 часов 21 минуту московского времени 15 апреля 1968 г. была осуществлена автоматическая стыковка на орбите искусственного спутника Земли «Космос-213» со спутником «Космос-212», выведенным на орбиту 14 апреля 1968 г. Искусственные спутники Земли «Космос-212» и «Космос-213» были запущены для продолжения исследования космического пространства и для отработки новых систем и элементов конструкции космических аппаратов в соответствии с программой, объявленной ТАСС 16 марта 1962 г. В жестко состыкованном состоянии искусственные спутники «Космос-212» и «Космос-213» продолжали полет в течение 3 часов 50 минут. В соответствии с программой в условиях совместного полета проводилась отработка новых систем и выполнялись научно-технические исследования. Телевизионное изображение состыкованных аппаратов, а также телеметрическая информация передавалась на Землю бортовыми телевизионными установками и телеметрическими системами.

В 17 часов 11 минут московского времени 15 апреля 1968 г. по команде с Земли была осуществлена автоматическая расстыковка искусственных спутников. Телевизионное изображение спутников в процессе расстыковки передавалось на Землю с помощью бортовых телевизионных систем.

Через некоторое время после расстыковки искусственные спутники Земли «Космос-212» и «Космос-213» были переведены на разные орбиты и продолжали исследование космического пространства.

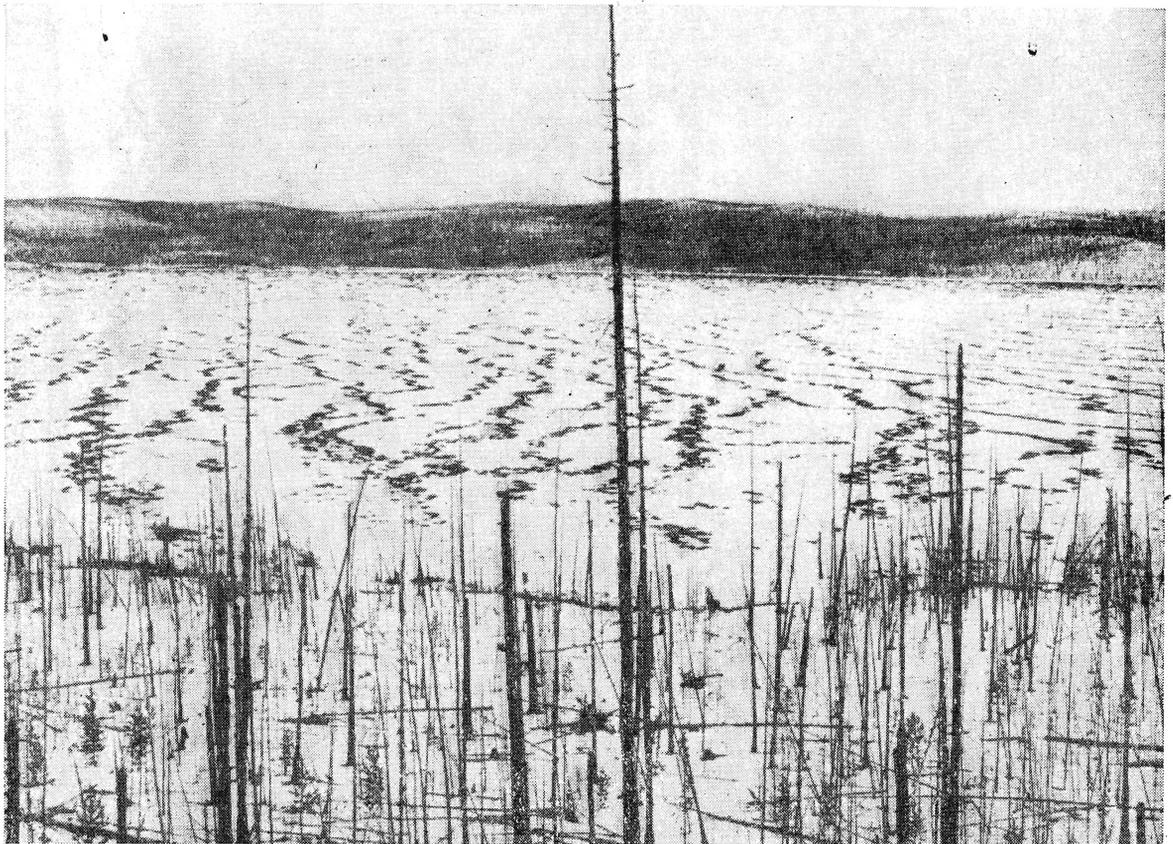
Закончив выполнение намеченной программы экспериментальных исследований, искусственные спутники «Космос-212» и «Космос-213» по командам с Земли были возвращены на Землю в заданный район Советского Союза 19 и 20 апреля соответственно.

Сообщение из Москвы об успешной автоматической стыковке в Космосе двух советских искусственных спутников Земли вызвало исключительный интерес у общественности, ученых и специалистов в нашей стране и за рубежом. Новая автоматическая стыковка спутников на орбите — еще один важный шаг в освоении космического пространства.

ТУНГУССКОЕ ЯВЛЕНИЕ 1908 года

*В. Г. ФЕСЕНКОВ,
академик*

Кратко излагается история изучения Тунгусского явления со всеми его характерными особенностями. Суммируются данные, свидетельствующие с большой вероятностью о том, что это было столкновение кометы с Землей.



Район Тунгусского падения. Южное болото

Фото Е. Л. Кримова

Шестьдесят лет назад, 30 июня 1908 г. произошли два разнородных, но связанных между собой явления: пролет на утреннем небе ослепительно яркого болида, закончившийся взрывом огромной энергии над сибирской тайгой около Вановары (на расстоянии 900 км к северо-северо-западу от Иркутска), и общее столь интенсивное посветление ночного неба, что ночь фактически не наступила над огромной территорией северного полушария, простирающейся к западу от места взрыва, в стороне, противоположной Солнцу.

Второе явление сразу обратило на себя внимание многочисленных наблюдателей разных стран (Макс Вольф, Э. Эсклангон, И. И. Сикора, Б. Б. Полюнов, Феликс де Руа и др.) и было отмечено многими свидетелями. Было, в частности, установлено, что при этом не произошло никакого усиления эмиссионных линий ночного неба (а это было бы неизбежно при интенсивном полярном сиянии). Наметилась довольно четкая граница аномального свечения неба, проходившая несколько южнее Бордо и Ташкента. Э. Эсклангон, собрав показания многих очевидцев, уже через неделю после этого события выступил с докладом о нем на общем собрании Парижской академии наук, хотя причина явления, разумеется, оставалась еще неизвестной.

Гораздо сложнее обстояло дело с изучением предполагаемого падения метеорита в районе Вановары. Только в 1921 г. Л. А. Кулик (тогда сотрудник метеоритного отдела Минералогического музея АН СССР) впервые получил сведения о Тунгусском болиде непосредственно от очевидцев. Первая экспедиция в район падения состоялась лишь в начале 1927 г. За ней последовали более длительные экспедиции в 1928 и 1929 гг. под непосредственным руководством Л. А. Кулика. Помимо общего осмотра местности и определения характера радиального вывала леса, Л. А. Кулик много занимался раскопкой отдельных впадин и воронок, где он предполагал найти упавшие метеоритные осколки. Но никаких метеоритов обнаружено не было. Зато радиально вываленный лес, частично обгоревший, занимавший многие сотни квадратных километров, наглядно свидетельствовал о мощности взрыва. Для уточнения характера явления в 1938 г. была проведена при непосредственном содействии О. Ю. Шмидта аэрофотосъемка местности площадью в



Вверху — домик Л. А. Кулика, построенный на месте Тунгусского падения в 1927 г. (Фото Е. Л. Кринова). Внизу — тот же домик в 1958 г. Место падения густо заросло деревьями

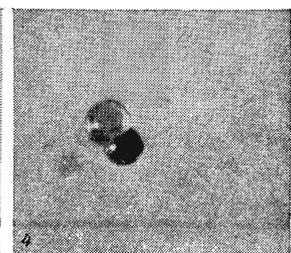
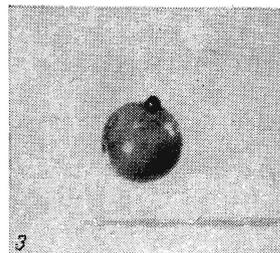
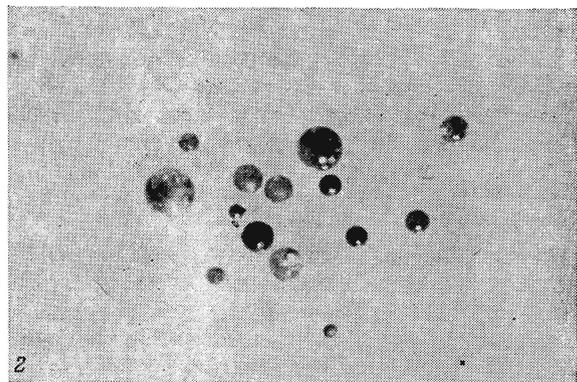
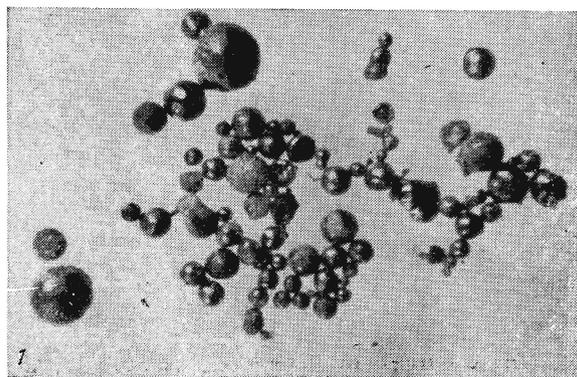
Фото К. П. Флоренского

250 км², а в 1939 г. — дополнительная геодезическая привязка. Несмотря на большую и самоотверженную работу, Л. А. Кулику не удалось до конца обследовать область падения и раскрыть природу явления: началась вторая мировая война. Л. А. Кулик вступил добровольцем в Красную Армию и вскоре погиб.

После окончания войны внимание Комитета по метеоритам АН СССР отвлекло другое исключительное явление, потребовавшее больших усилий для его изучения.

В феврале 1947 г. на Дальнем Востоке, на западных отрогах Сихотэ-Алинского хребта произошло падение железного метеоритного дождя, привлекавшее внимание многочисленных очевидцев. В результате ударов метеоритных глыб о землю образовалось свыше сотни кратеров и воронок. Сихотэ-Алинский метеорит, общая масса которого составляла около 100 т, потерял космическую скорость уже на высоте около 15 км. Осколки, в виде которых выпал метеорит, не подверглись значительному нагреву во всей своей массе, а лишь сравнительно небольшому поверхностному оплавлению. Падение Сихотэ-Алинского метеорита было полной противоположностью тому, что произошло в сибирской тайге. Тунгусское тело, масса которого была несравненно больше, произвело колоссальный по мощности высотный взрыв и затем почти полностью исчезло. Это настолько не походило на поведение обычного метеорита, что у некоторых зарубежных ученых (Л. Ла Паз, В. Либби, К. Коуэн и др.) возникла идея о возможности какого-то атомного взрыва или аннигиляции вещества, если бы, как они предполагали, Тунгусское тело состояло из антиматерии. Но подобные высказывания граничили с чистой фантазией и совершенно не согласовывались с совокупностью известных фактов.

Детальные исследования Тунгусского падения, предпринятые Комитетом по метеоритам АН СССР, начались лишь в 1958 г., когда была организована новая экспедиция в район Вановары под руководством доктора физико-математических наук К. П. Флоренского (Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского). Работа продолжалась и в 1961—1962 гг. экспедицией в составе 80 научных сотрудников из различных учреждений (Комитет по метеоритам, Институт геохимии, Почвенный институт, Главный ботанический сад, Московский университет и др., а также Сибирское отделение АН СССР и Томский университет). Можно отметить, что известный вклад был внесен также самостоятельными группами в 1959 и 1960 гг. В дальнейшем в этих работах приняли участие Томское и Московское отделения ВАГО. В результате детальных исследований были выяснены все основные особенности, связанные со взрывом, а именно: характер радиального вывала леса и его распределение, оценена соответствующая энергия взрыва, изучен лучистый ожог деревьев и т. д. Тщательные поиски каких-

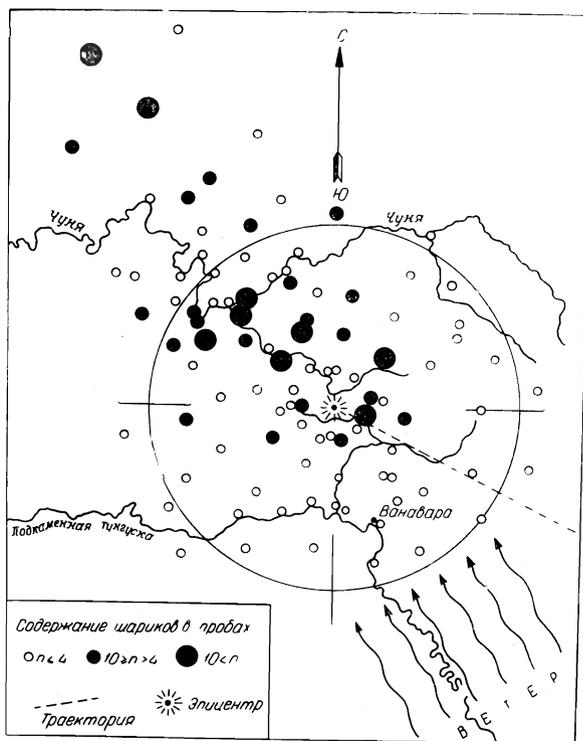


Магнетитовые шарики (увеличение в 24 раза) — 1; силикатные шарики (увеличение в 30 раз) — 2; двойные шарики (увеличение в 140 раз) — 3, 4

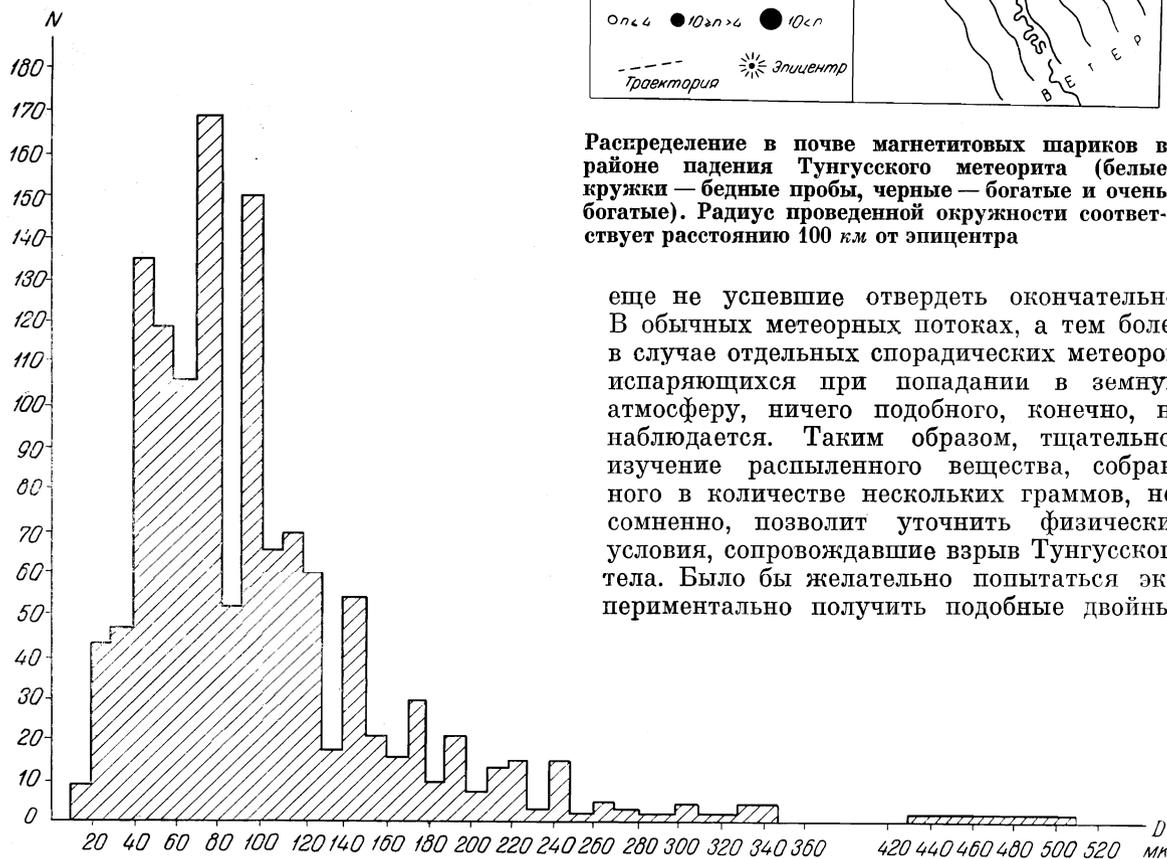
либо метеоритных осколков не увенчались успехом. Вещество Тунгусского тела было обнаружено только в виде мельчайших силикатных и магнетитовых шариков со средним размером в несколько десятков микрон. Анализ показал, что магнетитовые шарики содержат до 10% никеля, что подтвердило их космическое происхождение. С другой стороны, их связь именно с Тунгусским падением, а не принадлежность к общему космическому фону наглядно явствует из установленного факта зависимости распре-

деления подобных частиц от расстояния до эпицентра. На этом распределении отразилось влияние местных воздушных течений, наблюдавшихся в то время (по данным Службы погоды СССР).

Особый интерес представляют обнаруженные в значительном количестве двойные силикатно-магнетитовые шарики. Такие шарики, нигде более не найденные, могли образоваться лишь в результате взрыва довольно плотной газовой массы, быстро расширяющейся и охлаждающейся. При сравнительно высокой температуре сначала происходило формирование силикатных капелек, в то время как металлическая фаза еще находилась в газообразном состоянии. Дальнейшее понижение температуры способствовало конденсации и магнетитовых шариков, которые из-за достаточной плотности среды часто налипали на силикатные,



Распределение в почве магнетитовых шариков в районе падения Тунгусского метеорита (белые кружки — бедные пробы, черные — богатые и очень богатые). Радиус проведенной окружности соответствует расстоянию 100 км от эпицентра



Распределение по размерам магнетитовых шариков

еще не успевшие отвердеть окончательно. В обычных метеорных потоках, а тем более в случае отдельных спорадических метеоров, испаряющихся при попадании в земную атмосферу, ничего подобного, конечно, не наблюдается. Таким образом, тщательное изучение распыленного вещества, собранного в количестве нескольких граммов, несомненно, позволит уточнить физические условия, сопровождавшие взрыв Тунгусского тела. Было бы желательно попытаться экспериментально получить подобные двойные



Вывал леса в районе Тунгусского падения (фотография 1959 г.)

Фото экспедиции К. П. Флоренского

шарики при взрыве вещества сложного состава в лабораторных условиях.

Другую проблему представляет радиальный вывал леса. Самый факт радиальности свидетельствует, что основной причиной его явилась взрывная волна, возникшая в момент резкого торможения летящего тела. Как показало исследование, это произошло на высоте около 10–12 км. Выпавшие деревья распределились относительно эпицентра по своеобразному двухлепестковому контуру, ось симметрии которого должна

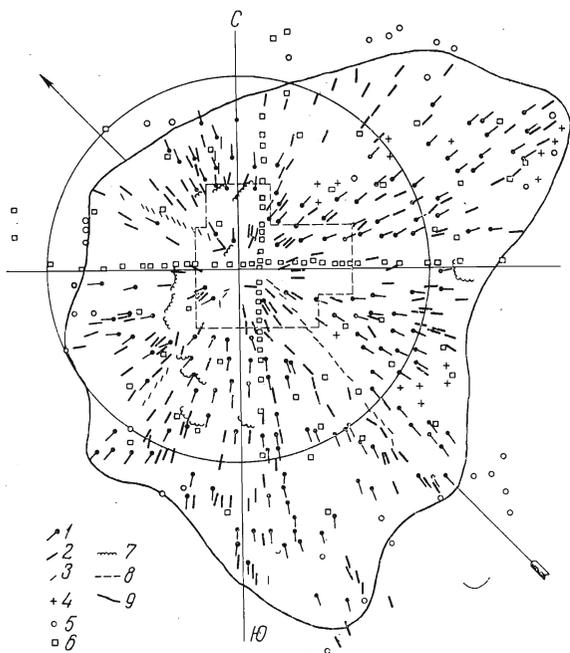


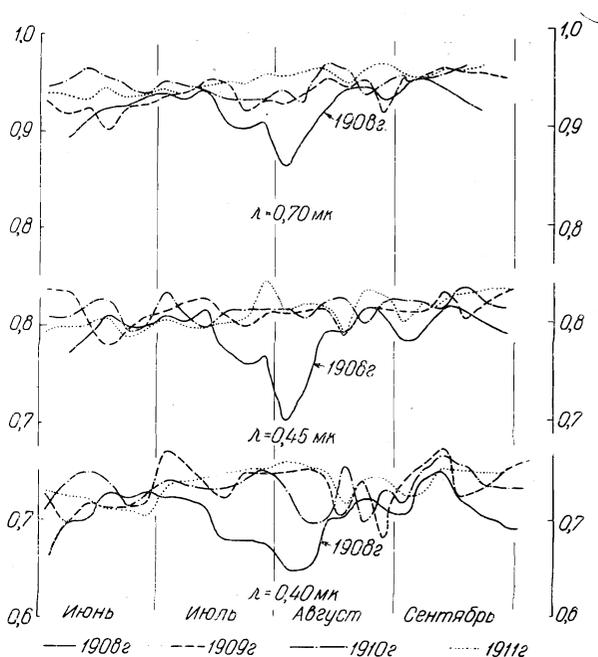
Схема вывала леса в районе падения Тунгусского метеорита: 1 — замеры 100–150 деревьев; 2 — замеры нескольких деревьев; 3 — замеры вдоль маршрутов; 4 — вывал не заметен; 5 — вывала нет, старый лес; 6 — лесотаксационные пробные площади; 7 — распространение пожаров; 8 — граница аэрофотосъемки 1939 г.; 9 — граница вывала. Радиус проведенной окружности соответствует расстоянию от эпицентра 100 км. Стрелкой показана траектория Тунгусского метеорита (по Е. Л. Кринову)

соответствовать направлению полета Тунгусского тела. Это заключение подтвердили лабораторные опыты со взрывом на конечном отрезке шнура, наклоненного под небольшим углом к плоскости, на которой вертикально поставленные палочки изображали стоячий лес (И. Т. Зоткин и М. А. Цикулин в Институте химической физики АН СССР).

Заметим, что для вычисления вполне определенной орбиты Тунгусского тела необходимо знать координаты его радианта и скорость встречи с Землей до проникновения в земную атмосферу. Но получить точное значение этих величин невозможно. Однако основываясь на изучении вывала леса в эпицентре, учитывая показания многочисленных очевидцев и зная момент взрыва, отмеченный с большой точностью сейсмографами Иркутской обсерватории, можно все же вычислить несколько довольно вероятных вариантов орбиты Тунгусского тела. Полученные варианты позволяют сделать заключение, что ни один из них не типичен для обычного метеорита, т. е. для мелкого астероида.

Как уже отмечалось, после гигантского взрыва Тунгусского тела в районе эпицентра выпало совершенно ничтожное количество космического вещества. Куда же делась остальная масса этого тела? Имеются определенные указания, что основная масса в мелкораздробленном состоянии постепенно рассеялась в атмосфере, заполнила все северное полушарие и вызвала значительное понижение солнечной радиации, сравнимое с тем, какое происходит после крупных вулканических извержений. Ослабление солнечного света, наблюдавшееся вплоть до сентября 1908 г., было зарегистрировано уже через две недели после взрыва на актинометрической станции Ч. Аббота в Калифорнии, единственной проводившей в то время систематические наблюдения интенсивности солнечной радиации. Предполагая, что подобное вещество распределилось более или менее равномерно по всему северному полушарию, можно оценить его общую массу. Она составляет примерно миллион тонн. Это, конечно, лишь нижний предел, так как значительная доля массы, несомненно, перешла в газообразное состояние.

Другое проявление встречи Тунгусского тела с Землей выразилось в удивительно светлой ночи с 30 июня на 1 июля 1908 г.



Среднее значение коэффициента прозрачности атмосферы для длин волн 0,70, 0,45, 0,40 мк в июне — сентябре 1908—1911 гг. (по данным актинометрической станции Смитсоновского института в Калифорнии, США)

Я находился в это время на Ташкентской обсерватории и должен был вместе с астрофизиком обсерватории И. И. Сикорой фотографировать небо при помощи большого астрографа. Вечером 30 июня мы долго стояли у башни астрографа в ожидании темноты, но небо оставалось равномерно свинцово-бледным. Звезд мы так и не увидели — ночь не наступила. Если это явление было обусловлено рассеянием солнечного света в высокой атмосфере, то для широты Ташкента рассеивающие частицы должны бы задержаться на высоте около 800 км! Это было нечто необычное и непонятное. На следующие сутки яркость ночного неба уменьшилась уже в несколько десятков раз и затем быстро вошла в норму.

Чтобы понять сущность этого явления, нужно было прежде всего определить, какую площадь оно охватило. С этой целью Комитет по метеоритам АН СССР проделал большую работу по обследованию материалов наблюдений необычного свечения не только в СССР, но также в Японии, Китае, США и

даже в Австралии. В частности, интересно было выяснить, наблюдалось ли где-нибудь в Европе повышенное свечение неба накануне и, в особенности, за несколько часов до падения Тунгусского метеорита в далекой сибирской тайге. И прежде всего следовало проверить состояние неба в Англии, так как по гринвичскому времени Тунгусское явление приходилось на 0^ч 17^м, т. е. почти точно на местную полночь. В ответе, полученном от доктора Эллисона — сотрудирика Гринвичской обсерватории, говорилось, что до Тунгусского падения яркость ночного неба ничем особенным не отличалась и вполне обычной была даже ночь 29 июня 1908 г. Аномально большая яркость ночного неба наступила именно 30 июня 1908 г., т. е. немедленно после Тунгусского падения, а через сутки почти вошла в норму. Происшедшее резкое посветление никогда не повторялось.

Как уже упоминалось, южная граница светлых ночей, проходившая несколько южнее Бордо и Ташкента, соответствовала высоте рассеивающего пылевого вещества примерно в 600—800 км. Каковы же были границы свечения по долготе? Установлено, что к востоку от эпицентра взрыва, т. е. к востоку от Вановары, никаких изменений не наблюдалось. Проверено, в частности, что даже в Иркутске небо оставалось обычным. Удивительная аномалия проявилась только в западном направлении от места падения. Но до каких пределов? В Северной Америке, согласно многочисленным анкетам, распространенным при содействии известного астронома Отто Струве, все было нормально. Но как обстояло дело на обширной площади Атлантического океана? По нашей просьбе королевский астроном Г. Вилли организовал обследование судовых журналов кораблей английского флота, находившихся в указанный период в разных местах Атлантики. Оказалось, что аномальное свечение неба в ночь с 30 июня на 1 июля распространилось только до западных берегов Ирландии, т. е. до географической долготы, соответствующей положению «антисолнца», а на востоке ограничивалось долготой Вановары.

Таковы факты. Резюмируя их, можно отметить следующее. Массивное Тунгусское

тело все же не смогло достичь земной поверхности. Как показывают расчеты, его плотность была меньше плотности воды, в результате чего оно должно было испытать очень большое торможение. Первоначальный запас кинетической энергии Тунгусского тела примерно на два порядка больше энергии, которая выделилась в момент взрыва (не считая химической энергии, правда, относительно небольшой). Одновременно с основным телом в верхние слои земной атмосферы проникло связанное с ним протяженное облако мелкой космической пыли, ориентированное в сторону, противоположную Солнцу, и покрывшее лишь обращенные к нему области земного шара.

По-видимому, Тунгусское тело было небольшой кометой, встретившейся с Землей. Полученные варианты ее орбиты показывают, почему эта комета не была замечена еще до столкновения. Встречи комет с Землей — события довольно вероятные — по некоторым оценкам (например, Г. Юри) за долгую историю нашей планеты должны были происходить сотни раз. Но поскольку кометные ядра не могут, как правило, преодолеть сопротивление земной атмосферы и достичь земной поверхности, то внешние следы подобных явлений быстро исчезают. Уже сейчас дальнейшее изучение места Тунгусского падения становится все менее перспективным и едва ли может существенно дополнить уже имеющийся материал. Однако необходимо провести еще ряд теоретических исследований, которые могли бы расширить наши представления о подлинной природе комет и физической картине Тунгусского явления.

ЧТО ЧИТАТЬ ПО ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА:

Е. Л. Кринов. Тунгусский метеорит. Изд-во АН СССР, 1949.

И. Евгеньев, Л. Кузнецова. За огненным камнем. Географгиз, 1958.

Сборник «Метеоритика». «Наука», 20 (1961); 23 (1963); 24 (1964); 27 (1966).

В. Г. Фесенков. Астрономический журнал, «Наука», 43, 2, 1966, 241.

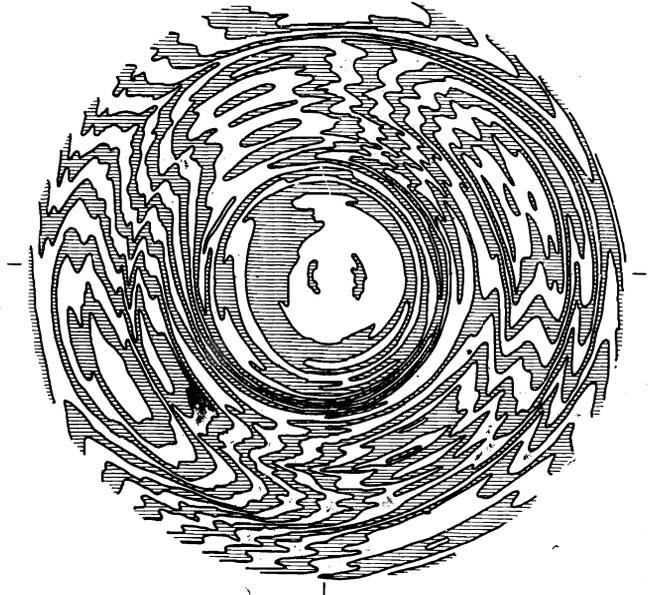


СЛЕД ДРЕВНЕЙ КАТАСТРОФЫ В ЦЕНТРЕ ЕВРОПЫ

В Западной Германии, примерно в 70 км к северо-западу от Мюнхена, расположена котловина Рис Кессель, происхождение которой вот уже более 50 лет вызывает споры среди геологов. Блюдцеобразная депрессия диаметром около 20 км образована в мощных слоях известняка, но дно ее покрыто вулканическими породами. Котловина окружена невысоким (около 100 м) валом из обломков сильно раздробленного известняка, явно испытавшего какое-то мощное силовое воздействие. Местами вокруг Рис Кессель залегают, нигде больше не встречающаяся разновидность туфа, — зювит. Возраст котловины, определенный по радиоактивному распаду в породах, — 14,7 млн. лет. В 1960 г. в котловине был обнаружен редкостный минерал коэсит — тяжелая модификация кварца, возникающая при давлении в 22 тыс. атм. Тектонические процессы в коре не создают таких давлений: коэсит находят в метеоритных кратерах, где он образуется при ударах гигантских метеоритов. Возможно, Рис Кессель тоже древний метеоритный кратер — след катастрофы, разразившейся 14,7 млн. лет назад. Если это так, то соответствующий его размеру метеорит должен был иметь поперечник около 1 км!

Для выявления истинной формы гипотетического кратера, замаскированной эрозией и наносами, американские математики Джонстон и Венд произвели на электронно-вычислительной машине сглаживание рельефа в радиусе 27 км от центра Рис Кессель. Сглаженный рельеф (см. рисунок) показал, что вокруг кратера не один, а три концентрических вала диаметрами 24, 34 и 45 км, напоминающие круги на воде от брошенного камня, а сама чаша имеет характерную для взрывных кратеров форму параболоида. Любопытно, что ось параболоида на 8° отклонена на запад. В западном секторе лежит и наиболее толстый слой выбросов. Последнее говорит о том, что метеорит прилетел с востока.

Страшный удар обрушился 14,7



млн. лет назад на Землю. Мощный взрыв образовал воронку диаметром 24 км. Вызванная деформация грунта запечатлелась в виде каменных волн. Миллиарды тонн породы были раздроблены, испарились и расплавились. Может быть чехословацкие тектиты как раз и есть те стеклянные

брызги, которые были отброшены на несколько сот километров. В районе удара все было сметено с поверхности Земли, а земная кора разбита почти до мантии. По трещинам поднялась лава — начался вулканический процесс.

«Journal of Geophysical Research», 72, 6, 1967.

ДРЕВНИЕ СКАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В МЕЦАМОРЕ

Предметы, найденные при археологических раскопках в Армении, например, пояс-календарь конца второго — начала первого тысячелетия, модель геоцентрической системы мира, относящаяся к X—IX вв. до н. э., и другие свидетельствуют, что древние обитатели Армянского нагорья были хорошо знакомы с астрономией. Это же подтверждают и результаты археологической экспедиции в Мецаморе (30 км от Еревана).

В 200 м от главного Мецаморского холма находится группа скальных сооружений, которая, как предполагают ученые, имеет культовое, а возможно, и астрономическое значение.

Среди скальных сооружений выделяются три площадки, ориентированные по странам света. Первая напоминает треугольник, вершина которого направлена на юг. На восточной ее стороне высечены знаки звезд. Вторая площадка выше первой на 2,5 м и ориентирована точно также. Третья, отличная от двух других, представляет собой ступеньки,



Одна из площадок скальных сооружений в Мецаморе

высеченные в скале и направленные на юг (см. рисунок). На последней ступени найден ориентир — вырубленный в скале знак, указывающий направление на север — юг — восток. Скалы испещ-

рены знаками, расшифровать которые пока не удалось. Дальнейшее изучение поможет выяснить, насколько этот комплекс можно назвать «обсерваторией». По предварительным данным, сооруже-

ния относятся к середине второго тысячелетия.

Э. С. ПАРСАМЯН,

кандидат

физико-математических наук

К. А. М. К. Р. Т. Ч. Я. Н.

кандидат геологических наук



«МАРИНЕР-4» ПРОДОЛЖАЕТ РАССКАЗЫВАТЬ О МАРСЕ

В 1965 г. были опубликованы первые результаты, полученные американским космическим зондом «Маринер-4». Во многом они буквально перевернули наши представления о Марсе. Планета оказалась более суровой, чем мы предполагали. Послышались голоса, утверждающие, что отсутствие жизни на Марсе доказано окончательно. Широко распространилось убеждение, что покончено и с проблемой каналов: на снимках «Маринера», запечатлевших места, где должны быть ка-

налы, не обнаружили ничего похожего на эти образования.

После того, как прошел первый шок, стало ясно, что пессимизм был несколько преждевременным. На снимках, полученных с высоты 10—15 тыс. км, нечего и пытаться найти следы жизни. Это подтвердилось неудавшейся попыткой обнаружить жизнь на Земле с искусственных спутников нашей планеты. На нескольких тысячах фотографий, снятых метеорологическими спутниками «Тайрос» и «Нимбус»,

удалось найти всего три объекта, свидетельствующие о наличии жизни на Земле, да и то потому, что заранее было известно, где и что искать.

Но если первоначальные оценки результатов «Маринера-4» подверглись серьезным изменениям, то фактические данные, полученные этим зондом, по-прежнему, переходят в популярных журналах из статьи в статью в том виде, в каком они появились в первых публикациях.

А между тем группа ученых Калифорнийского технологического института и Лаборатории реактивных двигателей в Пасаде не продолжала работу над фотографиями, которые передал «Маринер». Было вычислено более точное положение зонда относи-

тельно Марса во время фотографирования, в результате чего изменился масштаб снимков. Электронно-вычислительная машина убрала электронные шумы, засорявшие изображения, усилила контраст, подчеркнула детали фотоснимков. Оказалось, что первоначально объявленное число кратеров, обнаруженных в заснятой области, 100 — выросло втрое. Кроме того, на снимках видны следы еще около 300 кратеров, выраженных не столь четко, и следовательно, общее число их достигает, по-видимому, 600! Таким образом, число кратеров на единицу поверхности Марса приблизилось к числу кратеров на лунных материках.

Два самых маленьких кратера имеют диаметр 2,8 км, в то время как раньше не удавалось обнаружить кратеры диаметром менее 6 км. Диаметр самого большого кратера, найденного на снимках, первоначально был оценен в 120 км. Теперь эта величина возросла до 180 км. Однако даже «увеличившись» в размерах, этот кратер не может уже претендовать на первенство: среди менее четко выраженных кратеров, по-видимому, полуразрушенных, есть кратер, от которого сохранились лишь части вала. Диаметр его составляет 345 км.

В отличие от лунных, стенки марсианских кратеров и склоны валов очень пологие. Разности высот в кратерах в среднем не превышают полукилометра, тогда как на Луне они достигают иногда 10 км. В некоторых (2—3%) кратерах видны центральные горки, высота которых всего лишь порядка сотен метров. В целом марсианский рельеф похож на лунный, но очень сильно сглаженный эрозией. Надо думать, что атмосфера Марса далеко не всегда была столь разрежена, как сейчас.

Проблема каналов также предстает теперь в несколько ином свете. На снимках «Маринера» удалось обнаружить к настоящему времени до 480 разного рода линейных образований! Это, безусловно, не каналы в том смысле слова, как мы обычно их понимаем, они ничем не напоминают широкие, почти прямолинейные, длинные цепочки пятен. Ширина большинства из них слишком мала для того, чтобы ее измерить. Однако распределения по азимутам каналов и этих линейных образований оказались очень

Состав атмосферы	Заход	Выход
100% CO ₂	4,9±0,8 мбар	8,4±1,3 мбар
80% CO ₂ + 20% Ar	5,2±0,8 мбар	8,8±1,3 мбар

похожими. Возможно, между ними есть какая-то связь.

Линейные образования, которые все же можно измерить, имеют ширину от 3 до 11 км и протяженность 150—300 км. Судя по расположению теней, некоторые образования представляют собой гряды или небольшие хребты, а другие, наоборот, узкие долины. Малая ширина не позволяет и их подвести под разряд каналов. Впрочем, этого и следовало ожидать: линейных образований слишком много, чтобы каждое из них могло соответствовать наблюдаемому с Земли каналу. Но на фотографиях есть несколько объектов, представляющих особый интерес. Так, на снимке, где расположен 180-километровый кратер, видна широкая прямолинейная долина, пересекающая с юго-запада на северо-восток дно и вал гигантского кратера. Ширина долины около 50 км, а по внешнему виду она очень напоминает земные рифтовые долины. Любопытно, что расположение долины точно совпадает с положением одного из ранее известных каналов, который тянется от северной границы Моря Сирен через Киммерийское Море к светлой области Электрис! Это лишь наиболее яркий, но не единственный случай. Всюду, где на снимках можно было ожидать канал, обнаружены полосы. Полосы эти темные, не очень четко выраженные, с неправильными краями. Но, если это каналы, то именно таким и должен быть их внешний вид. Заметим к тому же, что фотографирование велось в неблагоприятное для видимости каналов время: в соответствующем полушарии Марса была глубокая осень.

На одном из снимков видна непонятная деталь: длинная, слабо изогнутая полоса шириной 8—15 км, выделяющаяся на фоне окружающей местности только ровностью своей поверхности. Трудно сейчас сказать, что это — лавовый поток или нечто иное.

Уточнению подверглись не только данные, полученные при фотографировании. Заново вычислено давление у поверхности Марса, оцениваемое по характеру прохождения радиосигналов зон-

да через атмосферу планеты. Расчет проводился при двух предположениях о составе атмосферы, и получены две независимые оценки давления — при заходе зонда за диск планеты над светлой областью Электрис и при выходе его над Ацидалийским Морем, которые приведены в таблице.

Откуда же такое расхождение в оценках при заходе и выходе? Не связано ли оно с разницей высот двух областей? Если это так, то высоты должны различаться на 6 км. Любопытно, что примерно такую разницу дают и оценки радиуса планеты в точках захода и выхода, полученные из анализа движения зонда. В точке захода этот радиус равен 3384 ± 3 км, а в точке выхода 3379 ± 4 км. Большие ошибки измерения не позволяют, однако, считать этот вывод уверенным. Такое истолкование данных «Маринера» согласуется с широко распространенным мнением, что светлые области — это возвышенности, а моря — низины. Однако оно противоречит неожиданным результатам радиолокационных наблюдений Марса, которые дают как раз обратную картину. Кто прав? — Это еще, предстоит высказать.

Интересные данные получены и об ионосфере Марса. Она, как и земная, оказалась состоящей из нескольких слоев. Помимо главного максимума ионизации на высоте 123 км с электронной концентрацией $9 \cdot 10^4$ эл/см³ обнаружен меньший максимум на высоте 95 км с электронной концентрацией около $2 \cdot 10^4$ эл/см³. Возможно, существует и третий максимум на больших высотах. Каким слоям земной ионосферы соответствуют эти марсианские максимумы? Это серьезная задача для теоретиков. Сейчас, кажется, перепробованы уже почти все возможные варианты: главный максимум, например, отождествляли и со слоем E, и со слоем F₁, и со слоем F₂.

Таковы некоторые новости, которые продолжает приносить нам «Маринер-4».

К. А. Л Ю Б А Р С К И Й,
кандидат
физико-математических наук

КОСМИЧЕСКАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ

И. Д. ЖОНГОЛОВИЧ,
профессор

Традиционное определение геодезии как науки о форме, размерах и гравитационном поле Земли может быть теперь существенно изменено, поскольку новые методы исследования с использованием искусственных спутников произвели в ней радикальные перемены. Наиболее ярко это можно проследить, изучая эволюцию основного метода геодезии — триангуляцию.

ИЗ ИСТОРИИ КЛАССИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

В 1614—1616 гг. Снелль ван Ройен Снеллиус определил в Голландии дугу меридиана длиной около 130 км, измерив углы в цепи из 33 треугольников и длины трех небольших базисов. С этого времени триангуляция стала основным методом геодезии. Хотя употребляемые инструменты, методы наблюдения, способы обработки и использование результатов в последующем непрерывно изменялись и совершенствовались, сам метод в основном оставался прежним. Однако в его применении постепенно стали выясняться различные трудности принципиального характера. Пока поверхность Земли считали сферой, вопрос о форме казался бы решен, а радиус сферы мог быть определен одним градусным измерением по меридиану. Даже эпоха эллипсоидальной Земли (от Ньютона до половины прошлого столетия), когда неровности рельефа считались небольшими случайными отклонениями от точного эллипсоида, не выдвигала принципиальных затруднений. Фигура и размеры Земли характеризовались двумя параметрами — большой полуосью и эксцентриситетом, которые определялись двумя градусными измерениями по

меридианам в различных широтах. С этой целью были снаряжены знаменитые Перуанская и Лапландская экспедиции (XVIII в.). По существу, даже в XIX столетии подобного взгляда на фигуру Земли придерживались такие выдающиеся геодезисты как Ф. Бессель и А. Кларк. Обработывая совокупность различных градусных измерений на земной поверхности, они определяли оба параметра эллипсоида Земли по способу наименьших квадратов, считая, что всевозможные отклонения рельефа от единого эллипсоида имеют случайный характер. Со временем, однако, окончательно выяснилось, что различные триангуляционные ряды дают расхождения результатов не случайного, а систематического характера, отражая отклонения фигуры Земли от точного эллипсоида на больших областях ее поверхности.

Попытки заменить фигуру Земли трехосным эллипсоидом или даже более сложной геометрической поверхностью не могли радикально устранить возникшие принципиальные затруднения. Это обстоятельство явилось решающим в развитии нового, более сложного этапа геодезии, который со второй половины прошлого столетия продолжался до настоящего времени. Геодезистам пришлось обратиться к ранее чуждым им физическим представлениям из теории по-

тенциала, к изучению формы и взаимного расположения уровневых поверхностей силы тяжести.

Вдумаемся, что же происходит при измерении углов в треугольниках обычной триангуляции? Вершины треугольников расположены в различных точках неправильной внешней поверхности Земли, через которые проходят разные, причудливо изогнутые уровневые поверхности силы тяжести. В каждом пункте нормали к этим поверхностям определяют направление вертикальной оси инструмента, по горизонтальному кругу которого производятся отсчеты на другие пункты триангуляционной сети. Эти направления не являются нормальными к одной единой геометрической поверхности, например поверхности сферы или эллипсоида, поэтому в каждом пункте наблюдений приходится пользоваться своей особой местной координатной системой, причем расположение систем по отношению друг к другу заранее не известно. Все вопросы, которые стояли перед геодезией: форма Земли, ее размеры, определение взаимного расположения пунктов на поверхности — все что раньше казалось совершенно простым и ясным, неизменно осложнилось.

С конца XIX в. геодезисты упорно искали пути преодоления многочисленных принципиальных, а также технических трудностей. Лишь в последнее время, особенно благодаря блестящим идеям и работам советского ученого М. С. Молоденского и его школы, удалось в основном наметить эти пути. Потребовалось в современную геодезию внести комплекс новых сложных физических представлений. Такие отнюдь не простые понятия, как геоид и квази-геоид, референц-эллипсоид и общий земной эллипсоид, отклонения отвесных линий, ортометрические и нормальные высоты и т. п. вошли в обиход основных понятий геодезии. Простой в прежнем понимании метод геодезических работ — триангуляция — теперь обратился в целый комплекс сопутствующих наблюдений, необходимых для правильной обработки получаемых результатов. Понадобилось, например, детальное определение значений силы тяжести в достаточно обширном районе вокруг каждого пункта триангуляции*, получение общих данных о глобальном гравиметрическом поле Земли, выполнение прецизионных

нивелирных работ между пунктами триангуляции с подробным исследованием изменений силы тяжести вдоль их трассы, определение астрономических широт, долгот и так называемых азимутов Лапласа на ряде пунктов и т. п. Не удивительно, что в основных задачах современной геодезии числится, казалось бы, самостоятельная геофизическая проблема — исследование гравитационного поля Земли.

НОВЫЕ ИДЕИ

Еще до начала космической эры в геодезии появились новые идеи и методы, которые в той или иной степени подготовили почву для создания современной космической триангуляции. Важное значение имел способ, предложенный в 20-х годах нашего столетия для связи геодезических сетей, разделенных большими водными пространствами. Возможность прямого оптического визирования с одного пункта на другой в триангуляционной сети ограничена сферичностью Земли. Лишь используя вершины высоких гор (при очень хороших атмосферных условиях, мощных световых сигналах,

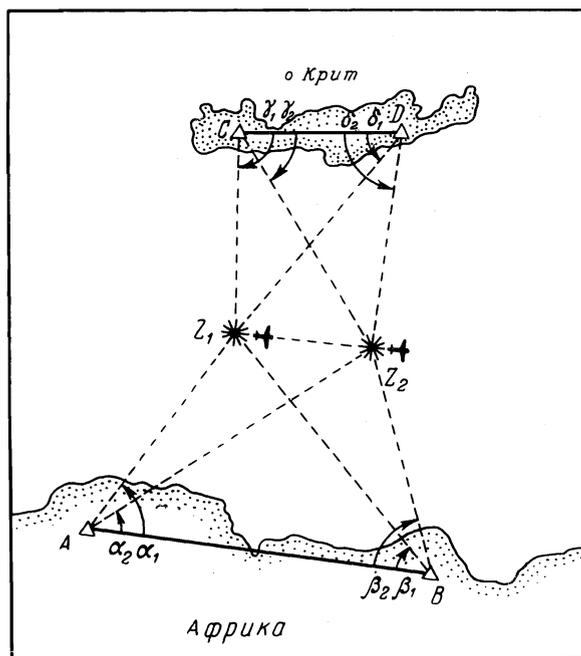


Рис. 1. Схема геодезической связи Африки (A и B) с островом Крит (C и D) на основе синхронных наблюдений подвижных визирных целей (z1 и z2)

* Имеются в виду высокоточные, опорные триангуляционные работы первого класса.

прекрасных оптических средствах и большим терпении наблюдателей), можно достичь предельных расстояний визирования порядка 300—400 км.

Новый способ был предложен в связи с проектами соединения триангуляций Европы и Африки через остров Крит. С двух известных геодезических пунктов A и B и двух удаленных на весьма значительное расстояние определяемых пунктов C и D (рис. 1) необходимо одновременно (синхронно) определить горизонтальные углы $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$ на мгновенную подвижную визирную цель z_1 , например осветительную бомбу, сброшенную с самолета где-то между указанными парами пунктов на достаточно большой высоте. То же самое надо повторить при другом подходе к положению подобной осветительной бомбы z_2 . В таком случае положение пунктов z_1 и z_2 определяется из A и B методом прямых засечек, а положение искомым пунктов C и D — методом Ганзена. Этот способ внес в геодезию два новых и, как оказалось, весьма плодотворных элемента: *использование подвижных визирных целей и синхронные наблюдения такой цели с наземных пунктов*. Потребовалась, конечно, особая организация работ, что весьма облегчалось созданием специальных баллистических теодолитов (автоматическая фотографическая регистрация отсчета кругов в синхронные моменты осуществлялась подачей радиоимпульсов).

В процессе развития радиотехнических и светодальномерных методов определения расстояний между двумя пунктами в геодезии появился еще один новый элемент — *использование плоских треугольников*. Сети из таких треугольников получили название *трилятерации*.

Однако принципиально новое, выдающееся значение в геодезии имело предложение финского астронома-геодезиста Вайсяля в 1946 г. Идея Вайсяля заключалась в том, чтобы с двух пунктов на земной поверхности в один и тот же момент (синхронно) фотографировать какую-либо подвижную визирную цель на фоне звездного неба. Эта идея, как увидим дальше, открыла для геодезии совершенно новые перспективы.

Измеряя и обрабатывая методами фотографической астрометрии изображение подвижной визирной цели по отношению к изображениям на снимке окружающих звезд, мы находим ее прямое восхождение α и

склонение δ . Эти координаты характеризуют в момент съемки направление линии «пункт наблюдения — снимаемая цель» в единой координатной системе, в которой известно положение звезд. Таким образом, вместо многочисленных местных координатных систем традиционной геодезии (связанных с отвесной линией в пункте наблюдения) представилась возможность использовать единую универсальную координатную систему в любом пункте земной поверхности. В предложении Вайсяля следует также особенно отметить введение нового исходного элемента для построения геодезических сетей на поверхности земли. В традиционной триангуляции такими элементами служат измеряемые теодолитами углы, определяющие направление сторон треугольников, или длины этих сторон в трилятерации. Теперь исходным элементом явилось направление в пространстве некоторой «синхронной плоскости», т. е. плоскости, которая проходит в момент наблюдений через оба пункта и положение визирной цели.

Вайсяля имел в виду фотографирование на фоне звезд любых удобных подвижных визирных целей. В 1959 г. он использовал вспышки специальных ламп Филлипса, поднимавшихся на шарах-пилотах. Триангуляция, основанная на таких наблюдениях, получила тогда название звездной или астрономической триангуляции. Теперь в качестве подвижных визирных целей используются искусственные спутники Земли и соответствующий метод носит название *космической или спутниковой триангуляции*.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ КОСМИЧЕСКОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Геоцентрические системы координат: земная и звездная. На рис. 2 синим цветом изображена мгновенная геоцентрическая земная система координат. Начало O — в центре масс Земли, ось Z — к северу по мгновенной оси вращения Земли, ось X — в плоскости мгновенного экватора, плоскость ZX параллельна отвесной линии в Гринвиче, ось Y — на 90° к западу от оси X . Эти оси связаны с Землей и вращаются вместе с нею. Штрих-пунктиром изображена мгновенная геоцентрическая звездная система координат. Начало ее в центре масс Земли, ось \bar{Z} совпадает с осью Z , ось \bar{X} в плоскости мгновенного экватора направлена в истинную точку весеннего равноденствия \bar{Y} , ось \bar{Y} —

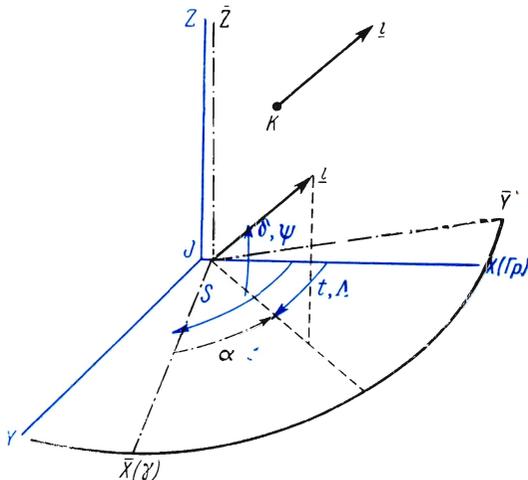


Рис. 2. Геоцентрические системы координатных осей: земная (синяя) и звездная (штрихпунктир): α — прямое восхождение; δ — склонение; Ψ — широта; t — гринвичский часовой угол; Λ — долгота (+к западу); S — звездное гринвичское время

на 90° к востоку от оси X . Эта система не участвует во вращении Земли. Относительный поворот систем характеризуется углом S , который представляет истинное звездное гринвичское время.

Некоторое направление в пространстве, изображенное ортом * i , идущим из точки K , или параллельным ему ортом, идущим из точки O , определяется в звездной системе координатами α и δ (прямое восхождение и склонение), а в земной системе — координатами $t = S - \alpha$ и δ (гринвичский часовой угол и склонение). Таким направлением может быть, например, топоцентрическое направление на спутник из пункта K , определяемое фотографированием спутника на фоне звезд. В случае, если рассматриваемое направление твердо связано с Землей, например направление из центра Земли к некоторому пункту K на земной поверхности, или направление между двумя земными пунктами K_1 и K_2 , то соответствующие две координаты, не изменяющиеся вследствие вращения Земли, будем обозначать через Λ и Ψ (долгота и широта).

* Орт — вектор единичной длины, который характеризует определенное направление в пространстве.

При некоторых исследованиях удобно различные направления представлять так называемыми угловыми косинусами, т. е. косинусами углов, которые эти направления составляют с осями координат.

Так употребляются следующие угловые косинусы:

Для спутника:	Для земных хорд:	
$m = \cos \delta \cos t$	$M = \cos \Psi \cos \Lambda$	(1)
$n = \cos \delta \sin t$	$N = \cos \Psi \sin \Lambda$	
$p = \sin \delta$	$P = \sin \Psi$	

Вследствие известных небольших поворотов мгновенной оси вращения в теле Земли (движение полюсов) координаты точек земной поверхности несколько изменяются. Поэтому применяется условно выбранная средняя геоцентрическая земная система координат. Она связана с определенным положением полюса Земли в некоторую заданную эпоху. Определение координат земных пунктов в этой условно избранной системе, твердо связанной с Землей, и составляет цель геодезии. Изменения таких координат будут характеризовать лишь возможные деформации земной поверхности, что является задачей специальных исследований.

Для пересчета координат от мгновенной к средней земной координатной системе и обратно используются материалы специальной службы широт.

Синхронная плоскость. Ориентировка синхронной плоскости определяется в системе XYZ (наблюдеными с пунктов K_1 и K_2) направлениями $i_1(t_1, \delta_1)$ и $i_2(t_2, \delta_2)$ на спутник C (рис. 3). Эта плоскость должна быть параллельна им. Если же известны координаты хоть одного из пунктов K_1 или K_2 , то определяется не только ориентировка, но и положение синхронной плоскости в указанной координатной системе, т. е. она твердо фиксируется в теле Земли.

В теории космической триангуляции весьма важно соотношение между координатами пунктов наблюдения $K_1(x_1, y_1, z_1)$, $K_2(x_2, y_2, z_2)$ и угловыми косинусами синхронно наблюдаемых направлений на спутник (m_1, n_1, p_1) и (m_2, n_2, p_2) . Это соотношение имеет вид*

$$(x_2 - x_1)(n_1 p_2 - p_1 n_2) + (y_2 - y_1)(p_1 m_2 - m_1 p_2) + (z_2 - z_1)(m_1 n_2 - n_1 m_2) = 0. \quad (2)$$

* Уравнение (2) выражает известное в векторной алгебре условие, что три вектора $K_1 K_2, i$ лежат в одной плоскости (компланарны).

Из уравнения (2) следует важный вывод. Если координаты пункта K_1 известны, а пункта K_2 не известны, то одно синхронное наблюдение спутника с этих пунктов дает уравнение с тремя искомыми величинами x_2, y_2, z_2 . Чтобы определить эти неизвестные, вообще говоря, достаточно получить еще два подобных уравнения. Для этого необходимо сделать еще две пары наблюдений любого спутника, в любое время, с любых известных земных пунктов, но обязательно синхронно с наблюдениями в пункте K_2 . Так на практике и определяются удаленные изолированные пункты, еще не включенные в общую схему непрерывной сети треугольников космической триангуляции (отдельные острова в океане, малообжитые районы на материках). Расстояние определяемых изолированных пунктов от известных опорных может быть весьма большим (тысячи километров), лишь была бы возможность одновременных наблюдений достаточно высоких спутников.

При систематическом последовательном развитии сетей космической триангуляции основное уравнение (2) используется в несколько преобразованном виде. Пусть направление хорды, идущей от пункта K_1 к пункту K_2 , определяется в системе координат XYZ углами Λ, Ψ . В уравнении (2) по формулам (1) мы можем заменить разности координат пунктов K_2 и K_1 пропорциональными им величинами, представляющими угловые косинусы хорды K_1K_2 :

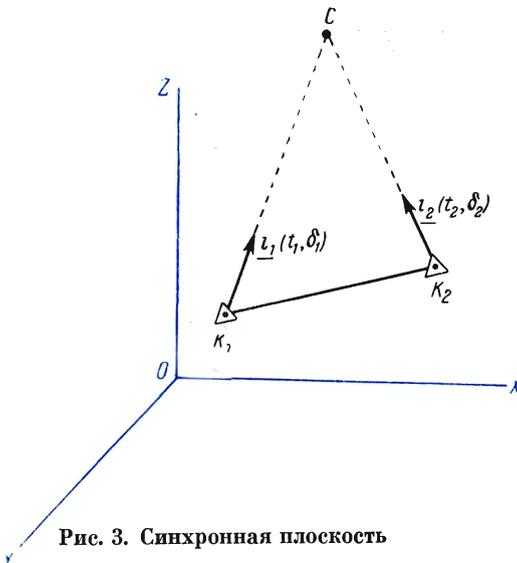


Рис. 3. Синхронная плоскость

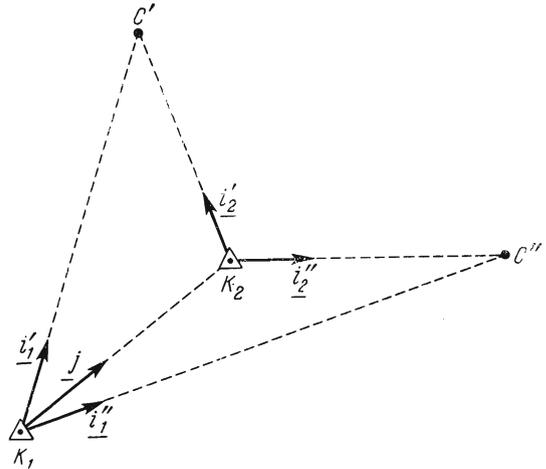


Рис. 4. Пересечение двух синхронных плоскостей определяет направление хорды

$$\cos \Psi \cos \Lambda (n_1 p_2 - p_1 n_2) + \cos \Psi \sin \Lambda (p_1 m_2 - m_1 p_2) + \sin \Psi (m_1 n_2 - n_1 m_2) = 0. \quad (3)$$

Теперь можно сказать, что каждой синхронной плоскости, проходящей через хорду K_1K_2 , соответствует уравнение (3) с двумя неизвестными Λ, Ψ , определяющими направление этой хорды. Две синхронные плоскости (рис. 4), или два подобных уравнения с неизвестными Λ и Ψ дают, таким образом, возможность определить направление хорды K_1K_2 между двумя пунктами, не зная координат этих пунктов и не зная координат наблюдавшихся спутников. Заметим, что пункты K_1 и K_2 могут быть расположены вне взаимной видимости, т. е. на очень больших расстояниях друг от друга, измеряемых тысячами километров. Для более точного определения направления такой хорды можно использовать значительное количество подобных синхронных плоскостей и решать соответствующую им совокупность уравнений вида (3) с двумя неизвестными Ψ и Λ по способу наименьших квадратов. На рис. 5 для наглядности представлены следы таких плоскостей при пересечении их плоскостью, перпендикулярной к хорде K_1K_2 в пункте K_2 (на рис. 4). Считается, что при весьма точных наблюдениях фотографическими камерами Бейкер — Нанна ($f = 50 \text{ см}, d = 50 \text{ см}$, поле $5^\circ \times 30'$, точность определения отдельного направления на спутник около $4''$) необходимо получить около 50 синхронных плоскостей, чтобы окончательная точность определяемого направления на хорды между удаленными пунктами приблизилась к вели-

чине около $\pm 0'',5$. Дальнейшее заметное увеличение точности лимитируется ошибками положения звезд по лучшим современным звездным каталогам.

Сеть космической триангуляции состоит из плоских треугольников, вершины которых расположены в точках физической поверхности Земли, и представляет собой многогранную поверхность (каждая грань — треугольник), как бы вписанную во внешнюю физическую поверхность Земли. Направленные хорды, т. е. ребер, соединяющих отдельные вершины этого многогранника, определены по отношению к земной геоцентрической координатной системе XYZ методом «синхронных плоскостей» и выражаются полученными для них соответствующими значениями углов Λ , Ψ . Плоские углы δ треугольников вполне определяются значениями Λ' , Ψ' и Λ'' , Ψ'' для направлений двух сторон каждого данного угла по формуле

$$\cos \sigma = \sin \Psi' \sin \Psi'' + \cos \Psi' \cos \Psi'' \cos (\Lambda'' - \Lambda'). \quad (4)$$

Используя эти углы, по формулам плоской тригонометрии вычисляют последовательно длины d всех сторон данной сети, если хоть одна из сторон — базисная — известна. Таким образом, получаем полную характеристику взаимного расположения вершин триангуляционной сети в виде многогранной поверхности, образуемой пунктами наблюдения. Кроме того, вся эта пространственная конфигурация получает правильную ориентировку относительно направления земных геоцентрических координатных осей, как это следует из метода определения направляющих углов Λ , Ψ каждой хорды. Затем остается правильно расположить полученную многогранную поверхность относительно начала координат, т. е. относительно центра масс Земли. Только тогда определятся искомые геоцентрические координаты x , y , z всех ее вершин.

Мы по существу встречаемся здесь с чрезвычайно важной, особой проблемой — определением положения центра масс Земли. Для ее полного решения с желательной при современных достижениях науки точностью (до ± 5 м) требуется постановка больших серий специальных наблюдений спутников, что еще ждет своего выполнения и не связано с текущей обработкой каждой сети космической триангуляции. Пока при обработке сети космической триангуляции задают

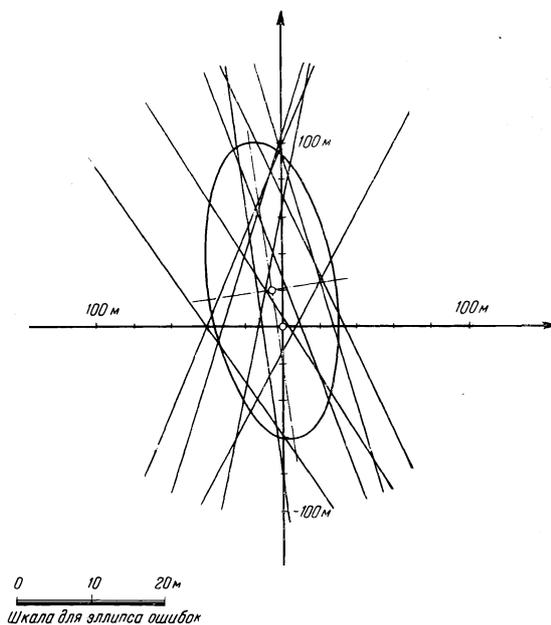


Рис. 5. Пример определения направления хорды с помощью большого количества синхронных плоскостей. Их следы на плоскости, перпендикулярной к хорде (в ее конце), не проходят через единую точку (вследствие случайных ошибок). Эллипс ошибок характеризует точность получаемого направления хорды

для ее начального пункта лишь приближенные координаты x , y , z . Они отличаются от точных геоцентрических координат на некоторые небольшие значения u , v , w . В дальнейшем предстоит специально получить эти значения, к чему и сводится проблема определения центра масс Земли. Пока величины u , v , w не определены, координаты всех вершин космической сети получают по отношению к некоторой квази-геоцентрической системе, параллельной системе геоцентрической. Вычисление этих квази-геоцентрических координат пунктов сети производится последовательно по простым формулам. Так, например, для пункта K_2 имеем:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + d \cos \Psi \cos \Lambda, \\ y_2 &= y_1 + d \cos \Psi \sin \Lambda, \\ z_2 &= z_1 + d \sin \Psi, \end{aligned} \quad (5)$$

где d — длина стороны K_1K_2 , а Λ и Ψ — углы, определяющие направление этой стороны.

Базисы. Для определения масштаба всей сети необходимо знать длину хотя бы одной из ее сторон. Эту длину можно было бы по-

лучить из результатов обычной классической триангуляции, однако, вряд ли возможно достичь желаемой точности при проектировании результатов наземных наблюдений на хорду большой длины, идущую под земной поверхностью местами на глубине сотен километров.

Гораздо более перспективен другой способ, а именно: непосредственное определение расстояния между земным пунктом и спутником светодальномерным методом с применением квантового оптического генератора — лазера. На спутнике устанавливается набор специальных оптических систем, так называемых *трипельпризм*, или уголковых отражателей, которые отбрасывают падающий на них луч обратно к его источнику.

Запущено уже шесть спутников с такими системами отражателей («Эксплорер-22, -27, -29, -36» в США и «Диадема-С, -Д» во Франции). Многочисленные опыты светолокации этих спутников лучом лазера показали возможность очень точного определения расстояния по измеренному промежутку времени от выхода до приема отраженного светового импульса. Современная лазерная техника позволяет довести точность подобных определений до ± 1 м.

Если в момент синхронных наблюдений спутника C (рис. 2) с пунктов K_1 и K_2 указанным образом определено, например, расстояние K_1C , то этим определяется также длина D базисной стороны K_1K_2 , т. к. углы в треугольнике K_1CK_2 известны. Направления сторон K_1C и K_2C определены непосредственно, а направление хорды K_1K_2 — из пересечения синхронных плоскостей. Конечно, в большой сети космической триангуляции может быть определено таким образом несколько базисных сторон, что способствует повышению точности установления ее масштаба.

Уравнивание. Совокупность полученных из наблюдений результатов — различных пар углов (Λ и Ψ), определяющих направления соответствующих хорд и длин (D) базисных сторон — обременены неизбежными ошибками наблюдений. Поэтому они не могут однозначно представить единую пространственную конфигурацию пунктов наблюдений и нуждаются в так называемом *уравнивании*. Проще всего это уравнивание производится способом, принципы которого широко применяются в различных проблемах астрономии и геодезии.

По приближенным координатам вершин сети (найденным из предварительных вычислений) рассчитывают строго соответствующие им значения углов Λ_c и Ψ_c , определяющих направления каждой хорды и длину d_c . Сравнивая эти величины с непосредственно наблюдаемыми значениями Λ_0 , Ψ_0 и D_0 (лишь для базисных сторон), получают невязки $\Delta\Lambda$, $\Delta\Psi$, ΔD (*Obs. — Calc.*). Дальнейшая задача состоит в определении системы поправок Δx , Δy , Δz к полученным приближенным координатам всех вершин таким образом, чтобы сумма квадратов получаемых невязок оказалась минимальной. Необходимые формулы, например, для хорды K_1K_2 , можно получить, дифференцируя равенства (5):

$$\begin{aligned} & \{-\sin \Lambda (\Delta x_2 - \Delta x_1) + \cos \Lambda (\Delta y_2 - \Delta y_1)\} \times \\ & \quad \times d^{-1} \sigma'' = \Delta \Lambda'' \cos \Psi, \\ & \{-\sin \Psi \cos \Lambda (\Delta x_2 - \Delta x_1) - \sin \Psi \sin \Lambda \times \\ & \quad \times (\Delta y_2 - \Delta y_1) + \cos \Psi (\Delta z_2 - \Delta z_1)\} d^{-1} \sigma'' = \\ & \quad = \Delta \Psi'', \quad (6) \\ & \{\cos \Psi \cos \Lambda (\Delta x_2 - \Delta x_1) + \cos \Psi \sin \Lambda (\Delta y_2 - \\ & \quad - \Delta y_1) + \sin \Psi (\Delta z_2 - \Delta z_1)\} d^{-1} \sigma'' = \frac{\Delta D}{d} \sigma'', \end{aligned}$$

где $\sigma'' = 206\,264''$,8. Составив подобные уравнения для всех хорд, решаем их по способу наименьших квадратов относительно неизвестных поправок Δx , Δy , Δz . В результате получим окончательные уравненные координаты всех вершин данной триангуляционной сети.

Наблюдения спутников стали производиться одновременно с запуском первого советского спутника в октябре 1957 г. С тех пор к различным радиотехническим наблюдениям, несколько меньшей точности, добавились также и оптические (фотографические и визуальные) для эфемеридной службы спутников и для решения некоторых геофизических проблем. К ним, в первую очередь, относятся исследования строения и динамики земной атмосферы, изучение гравитационного поля Земли (особенно гармоник низших порядков, которые определяются по спутникам с гораздо большей эффективностью, чем непосредственными измерениями силы тяжести). С этой целью получают данные о точном положении и движении спутника в разные моменты времени, что дает возможность определять элементы его орбиты и возмущения этих элементов под влиянием исследуемых геофизических факторов.

В то же время метод космической триангуляции, развивавшийся в последние

5—6 лет, использует спутники лишь как удобные подвижные визирные цели и вовсе не нуждается в данных об их топоцентрических или геоцентрических координатах. Отсюда вытекает, казалось бы, естественный порядок использования спутников для указанных целей: с помощью космической триангуляции определить точное положение ряда пунктов на земной поверхности, а затем использовать наблюдения за спутниками с этих пунктов при решении геофизических проблем. Так и можно было бы поступить, если бы все эти вопросы пришлось решать на «пустом месте». Но мы имеем богатое наследство — результаты, полученные еще до космической эры методами классической триангуляции и по измерениям силы тяжести на земной поверхности. Вновь возникший мощный метод космической триангуляции позволяет теперь произвести независимый контроль прежних геодезических съемок, выполнить связи прежних сетей, расположенных на разных материках, заполнить «белые» в геодезическом отношении пятна на земной поверхности, сделать привязку отдельных изолированных островов, а главное — объединить все эти съемки в единую мировую геодезическую систему.

Космическая триангуляция потребовала решения многочисленных новых задач, из которых упомянем следующие: разработка и создание специальных инструментов с камерами для фотографирования на фоне звезд быстродвижущихся близко к Земле искусственных небесных тел; применение методов фотографической астрометрии для получения мгновенных координат спутника α и δ ; получение таких координат в строго синхронные моменты с двух или нескольких пунктов наблюдений; создание специальных геодезических спутников («Анна», «Геос») с оптическим маяком, дающим по особой программе мгновенные маркированные вспышки света, хорошо видимые с разных наблюдательных пунктов; различные теоретические исследования по изысканию наилучших методов обработки всего материала космической триангуляции от получения топоцентрических направлений на спутники до вывода окончательных координат пунктов наблюдений.

К настоящему времени во многих странах уже накоплен значительный опыт организации и выполнения разных этапов космической триангуляции, произведены многочис-

ленные экспериментальные и производственные работы, покрывшие сетями различной точности более или менее обширные части земной поверхности, главным образом, в Евразии и Америке, а также получены связи с некоторыми удаленными пунктами. Одной из наиболее длинных хорд, направление которой (Λ , Ψ) определено описанным выше способом, является, например, хорда длиной 6581 км, связывающая пункт Сан-Фернандо в Испании с пунктом Джупитер во Флориде. Хорда эта проходит под Атлантическим океаном в средней своей части на глубине около 900 км. Ошибка направления хорды, полученная из пересечения 20 синхронных плоскостей, составляет около $\pm 0''$,8. Самая длинная хорда (7418 км), для направления которой уже получены некоторые данные, связывает пункты Шираз в Иране и Токио.

Для объединения всех выполненных и выполняемых отдельных работ в единую мировую сеть, пространственно связывающую между собой все результаты с наибольшей возможной точностью, весьма важно создать специальную мировую космическую триангуляцию с небольшим количеством особенно точно определенных пунктов, достаточно равномерно расположенных по всему земному шару. Такая пространственная мировая сеть должна представить как бы высокоточный каркас, к которому можно привязать все отдельные съемки, объединяя их в единое жесткое целое и увеличивая тем самым их первоначальную точность. В одном из таких проектов, разработанном автором статьи, предлагается разместить на поверхности Земли равномерно 12 пунктов. Их взаимное расположение можно представить 12-ю вершинами одного из пяти правильных многогранников, а именно икосаэдра (см. 1-ю страницу обложки). Такая пространственная сеть будет состоять из 20 треугольных граней и 30 ребер или хорд, направление которых необходимо определить в геоцентрической системе координат с помощью синхронных наблюдений спутников. Длина каждой хорды около 6700 км. Для возможности синхронных наблюдений с концов каждой такой хорды можно использовать и существующие спутники, например «Мидас-4» с высотой над земной поверхностью около 3500 км. Однако такой спутник можно наблюдать синхронно лишь на небольших угловых высотах над горизонтами наблюдателей и при-

том в очень ограниченные промежутки времени. Поэтому в проекте предлагается запустить специальный спутник с наклоном к экватору в 90° , периодом $7^ч\ 04^м$ и высотой над поверхностью Земли около 12 300 км. Синхронные наблюдения его будут возможны с концов указанных хорд на высотах $25-65^\circ$ над горизонтами наблюдателей. Спутник в среднем за год лишь 3% времени будет находиться в земной тени. Сделанный в виде сферы диаметром в 15—20 м, он будет иметь яркость до 6—7-й звездной величины; при соответствующих условиях он вполне доступен для точных фотографических наблюдений. Покрыв такую сферу системой угловых отражателей, возможно будет с лазерной техникой непосредственно определять расстояние до спутника, а следовательно, и длину базисных сторон триангуляционной сети. Если направления всех 30 хорд определить с точностью $\pm 0'',5$ и создать две базисные стороны, сделав два измерения расстояний спутника до ± 10 м, то будет весьма точно определено взаимное расположение всех 12 пунктов этой мировой сети. Расстояние между противоположными вершинами будет известно с точностью около ± 20 м.

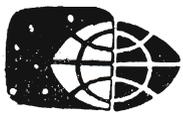
Метод космической триангуляции произвел настоящую революцию в геодезии. Он дал возможность определить с высокой точностью взаимное расположение точек твердой физической поверхности Земли (материков, изолированных островов) в единой координатной системе. Притом возможность точного определения не связана с какими-

либо данными о гравитационном поле Земли или о направлении отвесных линий и положении уровенных поверхностей в пунктах наблюдений. К этому следует добавить, что возможно подобное же определение и места корабля в любой точке земного шара. Однако необходимые для этого наблюдения были бы связаны со значительными техническими трудностями. На практике такое определение производят радиотехническими способами, измеряя с помощью метода Доплера топоцентрические расстояния с корабля до спутника. Геоцентрическое положение спутника в момент наблюдений предвычисляется на основании данных с хорошо определенных наземных станций. Таков, например, разработанный в США проект «Транзит», в соответствии с которым запущены специальные спутники. Конечно, точность определений, которые преследуют в основном навигационные цели, значительно меньше, чем точность метода космической триангуляции.

Применение искусственных спутников дает возможность построить модель поверхности Земли и Мирового океана, указав точный масштаб такой модели. А это необходимо для решения любых вопросов о фигуре и размерах Земли.

Поэтому основную задачу геодезии можно сформулировать как *определение взаимного положения точек внешней поверхности Земли в единой координатной системе, связанной с центром масс и мгновенной осью вращения Земли в определенную эпоху.*

Что касается исследования гравитационного поля Земли, то оно в значительной степени зависит от результатов указанной выше чисто геодезической задачи.



О «ВОЗРАСТЕ» ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД

Японский ученый Кунихито Кигоси из Университета Гакусин (Токио) опубликовал статью, в которой излагает методику измерения возраста вулканических пород. Его метод заключается в датировке по ионию — радиоактивному изотопу тория с атомным весом 230, который встречается в природе и образуется при радио-

активном распаде урана-234. Период полураспада иония составляет 80 000 лет. Применение иония для датировки морских осадков и карбонатов было известно и ранее, но для геохимических исследований вулканогенных пород он использован впервые.

По мнению Кигоси, количество иония естественного происхождения в породе должно быть пропорционально количеству тория-232, а содержание иония, возникшего вследствие распада урана, — пропорционально урану-234 или торию-234.

Кигоси предлагает использовать эту пропорцию для вычисления количества иония, которое подверглось распаду с момента образования породы, и, учитывая скорость распада, определять ее возраст.

Автор приводит пример датировки образца пемзы, содержащего обломок дерева. Возраст дерева, определенный известным радио-углеродным методом, оказался равным примерно 35 700 лет, а по методу Кигоси — 36 600.

«Science», 156, 3777, 1967, 932.

На пути к прогнозу землетрясений

В. И. УДОМОВ,
*кандидат физико-математических наук,
заместитель директора Института сейсмологии
Академии наук УзССР*

Изучение причин землетрясений — основная задача сейсмологии. Эта задача непосредственным образом связана с важнейшей проблемой прогноза землетрясений.

Как известно, землетрясения вызываются резким сдвиговым перемещением горных пород в недрах земной коры или в более глубоких горизонтах земли. Резкое перемещение, в свою очередь, обусловлено предельно накопившимися упругими напряжениями, которые в конечном итоге разрушают твердую среду. Изучение характера накопления упругих сил и динамических особенностей деформируемой среды является одним из путей поиска возможных предвестников землетрясений.

Для простоты представим себе земную кору не каменной оболочкой, а в виде мощного слоя пористой резины, местами растрескавшейся до значительной глубины.

По каким-то причинам, связанным, например, с действием сложных физико-химических процессов во внутренних частях Земли, этот резиновый слой начинает сминаться в складки, деформироваться. Если процесс деформации протекает достаточно быстро, отдельные участки резины (вероятнее всего там, где уже есть трещины) рвутся и резко перемещаются относительно окружающей среды. При этом возникают толчки, которые на поверхности земли ощущаются как землетрясение.

Таким образом, землетрясению предшествует деформация среды, например, ее сжатие. Сжатие происходит не сразу, а длится некоторое время, достигая критической величины незадолго до начала землетрясения.

Итак, казалось бы, до прогноза один шаг! Нужно только измерить на большой глубине величину и определить характер роста сжимающих сил. Необходимо также заранее знать прочность материала среды, чтобы сказать, когда произойдет разрыв, объем среды, которому предстоит разорваться, и т. п. Но на самом деле все это чрезвычайно сложно. Правда, здесь могут прийти на помощь результаты лабораторных исследований деформаций и разрывов твердых тел. Оказывается, что прежде чем разорваться, материал, помещенный в условия, близкие к условиям в земной коре (высокое давление и температура и т. д.), тянется. Иными словами, разрыву предшествует пластическая деформация, во время которой практически не происходит изменения величины сжимаемого объема. Момент наступления пластической деформации можно заметить по некоторому кажущемуся прекращению действия сжимающих усилий. Но как следить за процессом роста упругих напряжений, если он происходит на глубинах, не доступных буровым скважинам? На помощь могут прийти сейсмические волны. Предположим, что мы решили наблюдать за «подготовкой» землетрясения в каком-нибудь небольшом районе, например, в Ташкенте. По одну сторону города установим чувствительную аппаратуру, а на противоположной стороне время от времени в одном и том же месте будем производить небольшие взрывы. Рассчитав определенным образом расстояние между

эпицентром взрыва и регистрирующей аппаратурой, можно «заставить» сейсмические волны, рожденные взрывом, пройти сквозь область подготовки будущего землетрясения. Если на пути волны ничего не меняется, то при строгом сохранении условий опыта от взрыва к взрыву, мы всякий раз будем получать совершенно похожие сейсмограммы. Допустим теперь, что где-то в очаговой зоне будущего землетрясения горные породы (в нашем случае — резина) начали сжиматься. Сразу на этом участке пути сейсмические волны изменят скорость распространения, и сейсмограммы тоже начнут изменяться. Наступление пластической деформации еще более исказит прежнюю форму сейсмограмм. Значит, надо ждать землетрясения!

Но все это просто в рассуждениях, на деле же гораздо сложнее из-за того, что трудно расшифровать сейсмограммы. И опять на помощь приходят сейсмические волны. На Центральной сейсмической станции «Ташкент» Института сейсмологии Академии наук УзССР создана аппаратура, которая позволяет в лабораторных условиях не только возбуждать миниатюрные сейсмические волны в небольших моделях земной коры, но и видеть их на светящемся голубом экране. И не только видеть, но и по желанию останавливать разбегающиеся круги волн, заставлять их двигаться с заранее заданной скоростью, возвращать их, если нужно, к источнику.

Принцип действия аппаратуры очень прост. В одном из участков тонкой пластины, изготовленной из эпоксидной смолы, непрерывно создается искровой разряд, который имитирует миниатюрные взрывы и рождает внутри модели сейсмические волны ультразвуковой частоты. Синхронно с разрядом вспыхивает импульсная лампа, свет от которой, преобразованный с помощью оптических устройств и поляридов, просвечивает модель упругой среды, где искусственно создается «очаг предстоящего землетрясения». Фронт ультразвуковой волны, распространяющейся внутри прозрачной пластины, деформирует упругую среду и может быть виден невооруженным глазом. Регулируя запаздывание световой вспышки от искрового разряда, можно управлять скоростью движения видимого фронта волны. Одновременно пьезоэлектрические сейсмоприемники и катодный осциллограф регистрируют сейсмограммы.

Занимательные на первый взгляд переливающиеся всеми цветами радуги «картинки» дают возможность как бы заглянуть в недра нашей планеты, обнаружить момент и характер приобретаемой на пути распространения волн информации. Открываются перспективы лучшего понимания сложных сейсмограмм, полученных миниатюрными сейсмоприемниками на поверхности этой же модели, возможности однозначно связывать характер записи с изменениями физико-механических свойств материала внутри среды.

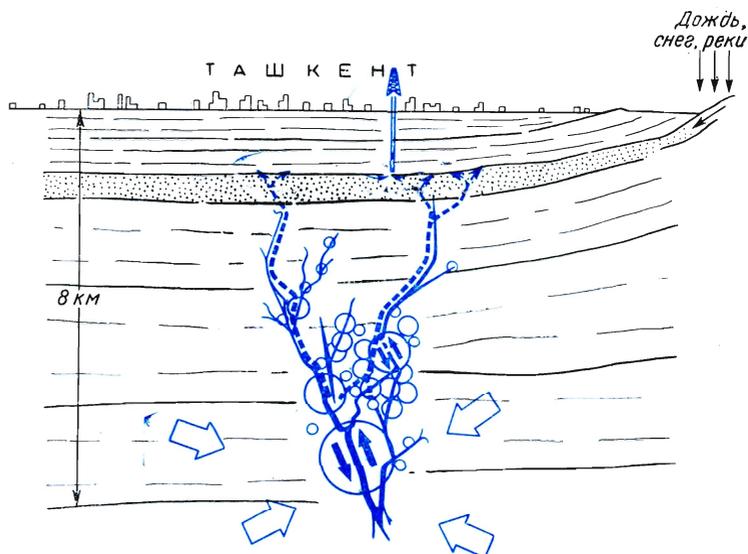
Есть и другие пути к прогнозу землетрясений. Допустим, что поры резиновой «земной коры» заполнены минерализованной водой, которая вследствие высоких давлений и температур медленно пробирается по тонким трещинкам к поверхности земли. Встречая на пути водоносные горизонты, минерализованная на больших глубинах вода относительно равномерно поступает в них, принося с собой определенную концентрацию микроэлементов. А теперь представим себе, что в некотором объеме земной коры началась интенсивная деформация, т. е. появилось воздействие, сжимающее нашу «резиновую губку». Сразу же поступление минерализованной воды из пор начнет усиливаться. Соответственно повысится и концентрация микроэлементов в вышележащих водоносных горизонтах. Поскольку до этих горизонтов пробурить скважину значительно легче, чем до очаговой зоны землетрясения, то достаточно откачивать воду и изучать ее химический состав. В Ташкенте минеральная вода сама изливается из скважин на поверхность.

Наиболее надежным индикатором «надавливания» на «резиновую губку» оказался растворенный в воде газ — радон. У радона есть замечательные свойства, которые дают возможность использовать его в научных исследованиях. Радон (как инертный газ) не вступает ни в какие химические реакции, т. е. не «отвлекается» по пути к поверхности земли. Радон — радиоактивный химический элемент, имеющий короткую «жизнь»: период его полураспада немного больше трех с половиной суток. Благодаря этим свойствам радон можно использовать как очень «гибкий инструмент» для наблюдения за меняющимися во времени процессами.

Уже более десяти лет Институт курортологии и физиотерапии имени Н. А. Семашко изучает целебные свойства Ташкентской ми-

Рис. 1. Инертный газ — радон на службе сейсмологии.

Непрерывная деформация земной коры в сейсмоактивных районах создает локальные очаги упругих напряжений (белые стрелки), которые подобно сжимающей и растягивающей пружинам преодолевают прочность сцепления горных пород и, резко перемещая их, вызывают землетрясения (двойные синие стрелки). Но прежде чем «порваться», горные породы, в свою очередь, начинают деформироваться, «выжимая» радоно-содержащую воду и вышележащий водоносный горизонт (пунктирные стрелки). Термоминеральная вода, поступающая из скважины, подвергается газохимическому анализу



неральной воды, применяющейся в лечебных целях, и содержание в ней радона. Ташкентское землетрясение помогло привлечь радон и на службу сейсмологии. В результате всесторонних поисков предвестников сильных повторных толчков Ташкентского землетрясения удалось выяснить, что начиная с 1957 г. содержание радона в термоминеральной воде стало заметно увеличиваться. К середине 1965 г. оно возросло почти вдвое. Затем этот процесс развивался еще быстрее, но в октябре 1965 г. наступила стабилизация, продолжавшаяся до 26 апреля 1966 г., когда в Ташкенте произошло 8-балльное землетрясение. Сразу же после землетрясения концентрация радона резко упала, что и привлекло наше внимание к этому интересному явлению.

Термоминеральные воды артезианского бассейна залегают в Ташкентском районе на глубине 1300—2400 м (рис. 1). Водный бассейн питается, в основном, за счет атмосферных осадков в предгорных частях Ташкентского района и частично за счет миграции более глубоких вод. Интенсивность поступления последних или изменение содержания в них радона определяют изменение количества инертного газа в термоминеральном бассейне. Система тектонических нарушений в кристаллическом фундаменте, относительно высокая температура воды (около 60° С) и слабая радиоактивность (менее 40 эман) позволяют думать, что радоновые воды встречаются в зонах тектонических разломов. Радон — инертный газ и попадание его в воду обусловлено диффу-

зией из «капилляров» породы, эманированием. Как установлено, эманирование определяется, в основном, структурой породы, присутствием в ней ходов, по которым радон, выделившийся из радия, попадает в окружающую среду. Очевидно, интенсивному выделению радона способствует разрушение кристаллических решеток минералов и развитие в породе дополнительной сети «капилляров» (о возможности «капиллярного» обогащения химического и газового состава минеральных вод неоднократно писал академик В. И. Вернадский). Известно, что на некоторых этапах геологического развития изменение состава термоминеральных вод протекает очень замедленно, а в периоды интенсивных геологических процессов может быть весьма значительным. Все это подтверждает закономерность обнаруженных нами явлений.

На рис. 2, а представлена кривая содержания радона в термоминеральной воде Ташкентского бассейна за период 1956—1967 гг. Пробы воды брались в устье глубокой скважины. 26 апреля 1966 г., когда произошло землетрясение, оказалось, что скважина расположена в непосредственной близости от его плейстоценовой области, которая занимает площадь около 10 км² в центральной части города (рис. 3). «Вспарывание» по разлому, вызвавшему землетрясение, началось на 8-километровой глубине и распространилось к юго-востоку до глубин порядка 3—4 км. Сейсмологические и геодезические исследования позволяют представить механизм многочисленных по-

Л.баллы Э.эмань

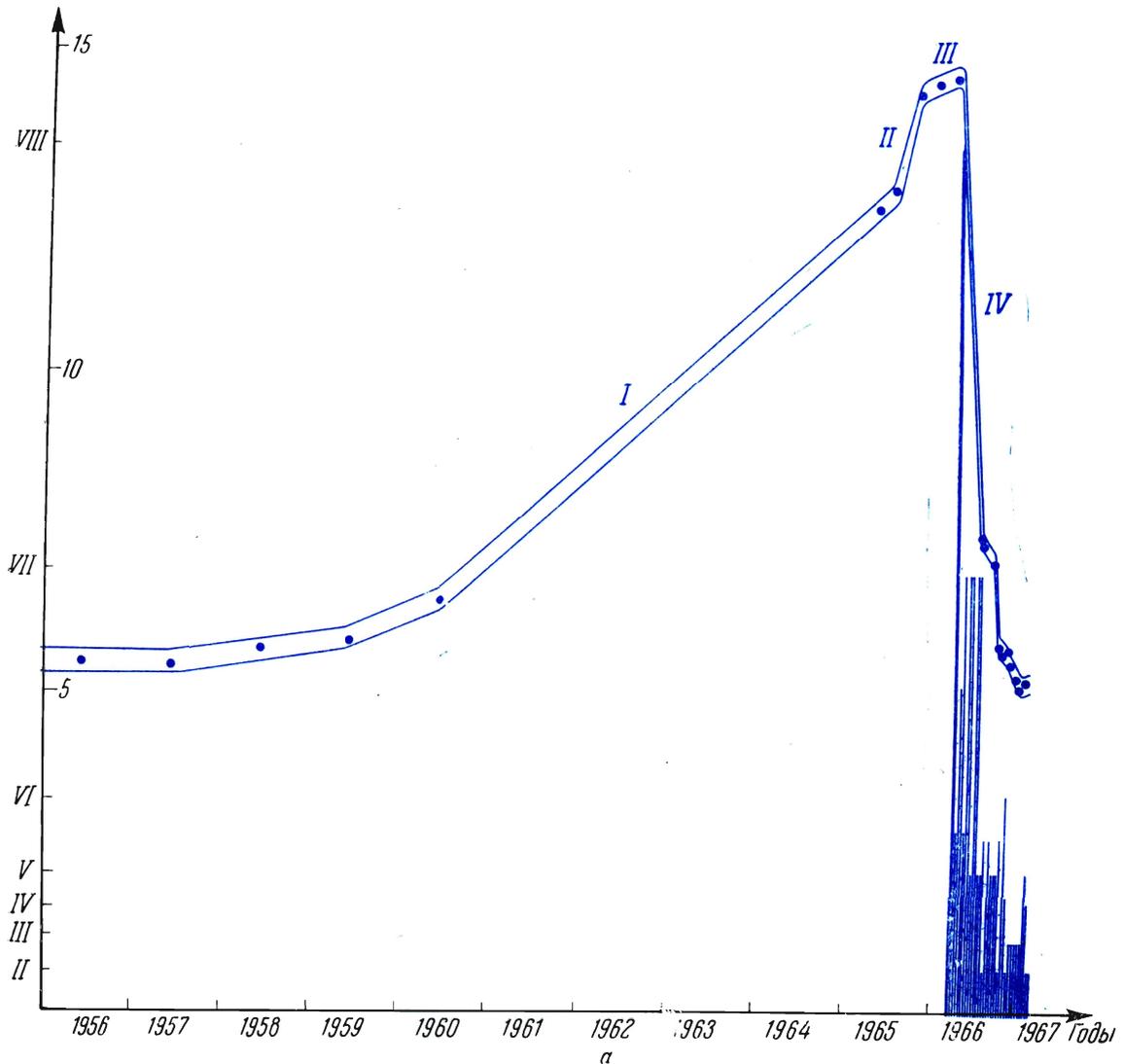
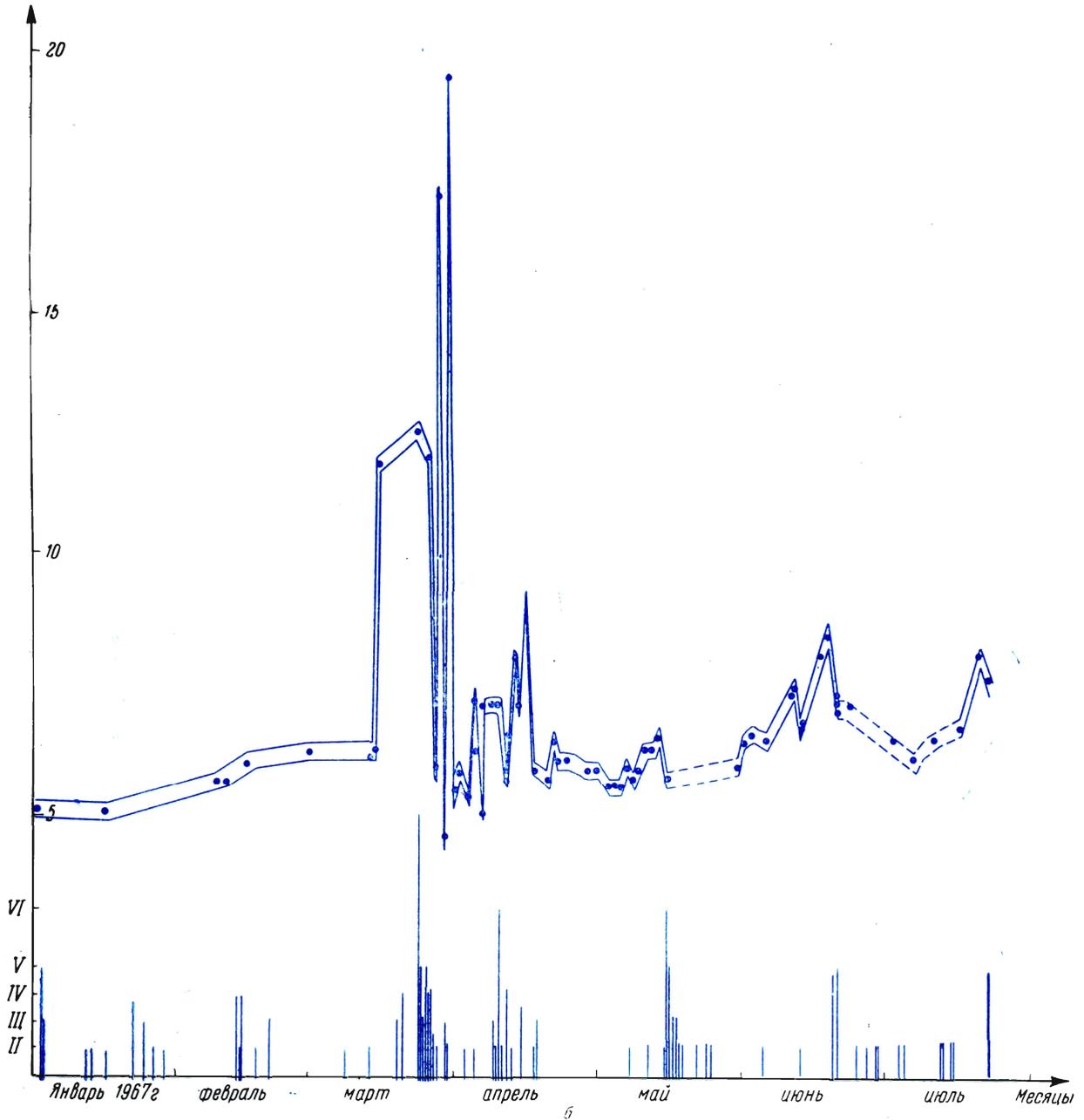


Рис. 2. Концентрация радона в термоминеральной воде Ташкентского минерального бассейна:

а — с 1957 по 1967 гг.; отметки на горизонтальной оси указывают годы, на вертикальной — интенсивность подземных толчков в баллах и концентрацию радона в эманах ($1 \text{ эман} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ кюри/литр}$). Синими точками обозначены данные замеров концентрации радона. Ширина осредняющей полоски соответствует величине ошибки отсчета. Римские цифры — этапы деформации горных пород, синие столбики — Ташкентское землетрясение и его афтершоки;

вторных толчков как результат упруго-пластического «рассасывания» — релаксации упругой энергии, возникшей в результате сдвигового перемещения пород в надочаговой зоне (рис. 4). Анализируя полученные результаты и следуя принципам механики де-

формируемых сред, мы можем (с достаточной степенью надежности и учетом реальных условий) рассматривать деформацию некоторого объема горных пород гипоцентральной области как последовательность четырех этапов (рис. 2, а):



б — о 7-балльном толчке 24 марта радон «информировал» за 10 дней до афтершока. Обозначения те же, что и на рис. 2, а, только на оси абсциссе из-за более частых замеров в 1967 г. указаны месяцы

I этап. Длительная медленно растущая упруго-пластическая деформация, сопровождающаяся уплотнением большого объема горных пород (закрытие пор, мелких трещин; деформация менее твердых включений и т. п.);

II этап. Относительно быстрая упругая деформация, также сопровождающаяся уменьшением объема горных масс и нарушением кристаллических решеток отдельных минералов;

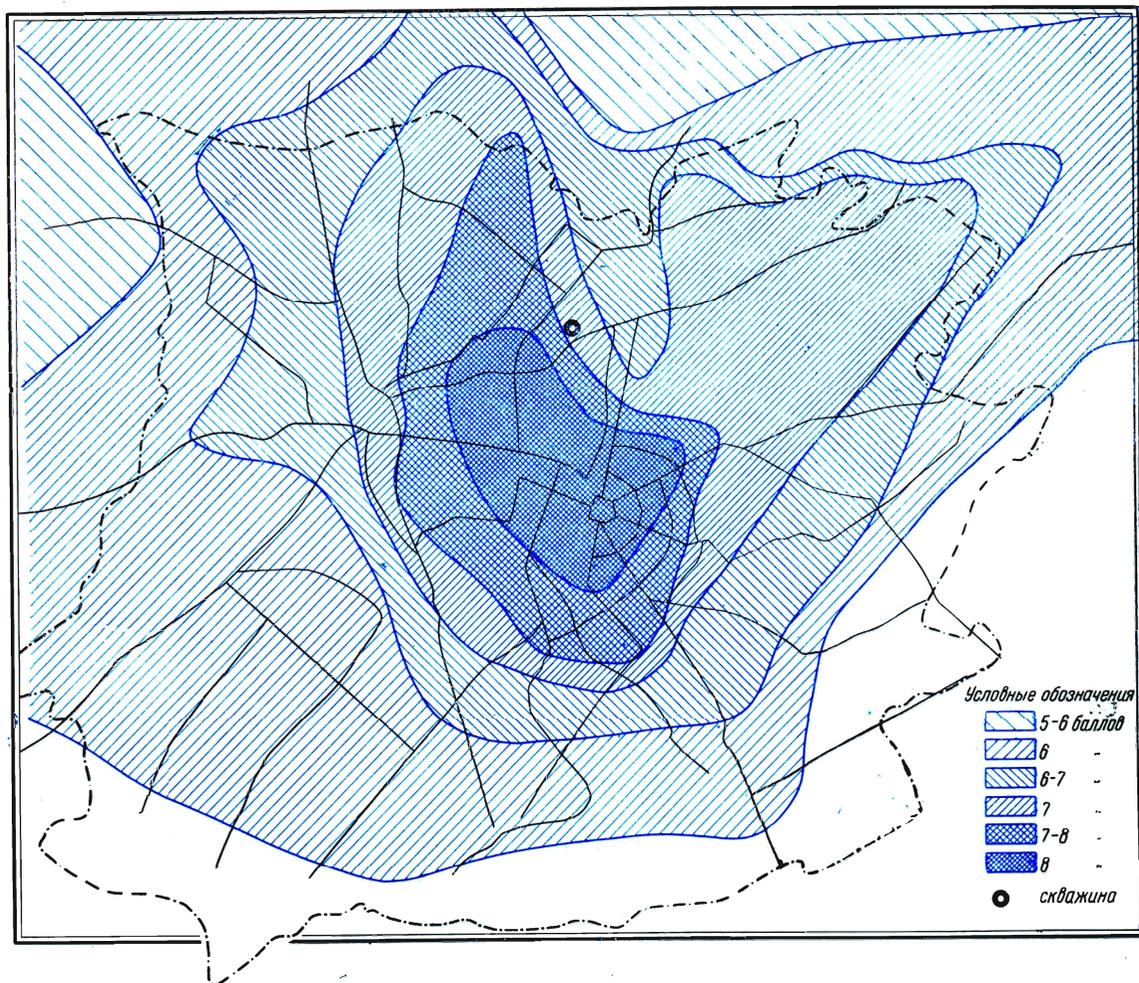


Рис. 3. Очаг землетрясения под центральной частью города.

Область 8-балльных изосейст охватила площадь около 10 км². Вытянутость изосейсты 8 баллов в юго-восточном направлении обусловлена простиранием разлома и перемещением горных пород в очаговой зоне. Изоисейсты меньших баллов имеют ортогональную ориентацию и совпадают с простиранием погребенных структур кристаллического фундамента. Сложная конфигурация изосейст обусловлена влиянием грунтовых условий. Кружками показана скважина, вода из которой подвергалась анализу

III этап. Пластическая деформация, практически не сопровождающаяся уменьшением объема горных пород. Этот этап в условиях огромного всестороннего сжатия завершается резким сдвиговым перемещением горных масс — землетрясением;

IV этап. Релаксация упругих напряжений, возникших в результате перемещения масс. Процесс сопровождается серией упруго-пластических разрывных нарушений в надочаговой зоне (повторные толчки землетрясения) и завершается максимальным снятием упругих напряжений в зоне очага.

Изменение (увеличение) объема горных масс при этом протекает не монотонно, а определяется характером подвижек в период повторных толчков. Продолжительность этого этапа, по-видимому, близка к продолжительности двух предыдущих.

Таким образом, медленная упруго-пластическая деформация горных пород, вмещающих «капиллярные» воды, способствовала на протяжении нескольких лет «выжиманию» вод (а возможно, и усилению растворения в них радона) и транспортировке их внутрь водного бассейна (I этап). В середине

1965 г. процесс механического уплотнения горных масс достиг предела — началась их упругая деформация, вследствие которой в течение трех-четырех месяцев вода усиленно выжималась, обогащаясь радоном за счет нарушения кристаллических решеток минералов и двигаясь к поверхности земли (II этап). Затем поступление радона на некоторое время стабилизировалось: по-видимому, началась пластическая деформация (III этап), которая была прервана нарушением целостности пород в очаговой зоне, а следовательно, и значительным снятием накопившихся упругих напряжений — землетрясением.

Вышележащая толща, сдавленная во время перемещения блока горных пород в очаге землетрясения, подверглась интенсивной деформации. «Рассасывание» упругих напряжений, как уже отмечалось, началось сразу после землетрясения в виде постепенно убывающих по силе и количеству повторных толчков. Так происходила разгрузка очаговой области и восстанавливался прежний режим поступления глубинных вод, а следовательно, и радона (IV этап). Механизм «выжимания» радоносодержащей воды из очаговой зоны в артезианский бассейн схематично показан на рис. 1.

Отсутствие замеров концентрации радона в течение трех месяцев после главного землетрясения позволяет судить лишь в общем о спаде ее величины в период сильных повторных толчков и не дает возможности оценить колебания газового компонента. Однако в результате организации к концу 1966 г. более частых замеров удалось показать, что и незадолго до сильных повторных толчков (4—7 баллов) в ряде случаев также наблюдалось заметное увеличение концентрации радона в термоминеральной воде (рис. 2, б). Так, в ночь с 14 на 15 марта 1967 г. содержание радона резко повысилось с 6 до 12 *эман*, продержалось на этом уровне в течение недели, а 23 марта в Ташкенте произошло 6—7-балльное землетрясение! Затем концентрация радона начала резко варьировать в диапазоне от 4 до 20 *эман*, приближаясь к нормальному уровню. Сходная картина наблюдалась и во время более слабых афтершоков. Не исключено, что в случае повторных толчков механизм поступления радона несколько иной. Этим вопросом предстоит еще заниматься. Однако связь между изменением концентрации радона и

основным землетрясением не вызывает сомнений. Прогноз ли это? Возможно, что да. Исследования продолжаются. Продолжаются поиски предвестников стихийного бедствия. Изучаются необычные феномены, которые наблюдались в период и после Ташкентского землетрясения: интенсивное свечение приземного слоя атмосферы, похожее на рассеянный свет зарниц; электрический заряд на верхнем конце специальной антенны, погруженной в буровую скважину на глубину 500 м; голубые вспышки на сухих стенах домов; напоминающая разряд шаровой молнии ослепительная вспышка, которая произошла в эпицентре землетрясения за 1-2 секунды до подземного толчка; самопроизвольная вспышка люминесцентных ламп дневного света и т. д.

Сейчас у сейсмологов Узбекистана большие возможности для научных исследований. При Институте сейсмологии, созданном в 1966 г. Академией наук УзССР, открыта Ташкентская сейсмологическая обсерватория. Она располагает научно-исследовательским полигоном из десяти сейсмо-геофизических станций (см. 4-ю страницу обложки). Четыре станции уже действуют, остальные строятся. Все станции будут оборудованы разнообразной геофизической аппаратурой: сейсмометрической, геоакустической, наклономерной, электрометрической, магнитометрической и др.

Основная задача обсерватории — прецизионные наблюдения за проявлениями сейсмичности, изучение взаимосвязи сейсмического режима и вариаций геофизических полей.

Особое внимание уделяется изучению медленных деформаций земной поверхности с высокочувствительными наклономерами и периодически повторяющейся первоклассной нивелировкой. На территории центральной сейсмической станции «Ташкент» (ЦСС) устанавливается 30-метровая вышка, с которой специальными светодоляномерами будут регистрироваться медленные горизонтальные деформации земли. На территории эпицентральной станции (ЭСС), расположенной в районе наибольшего сгущения эпицентров повторных толчков, будет пробурена скважина глубиной в 5 км. Впоследствии в забое скважины, в центральной части очаговой зоны разместится миниатюрная геофизическая аппаратура, в том числе сверхчувствительные сейсмоприемники и геофоны.

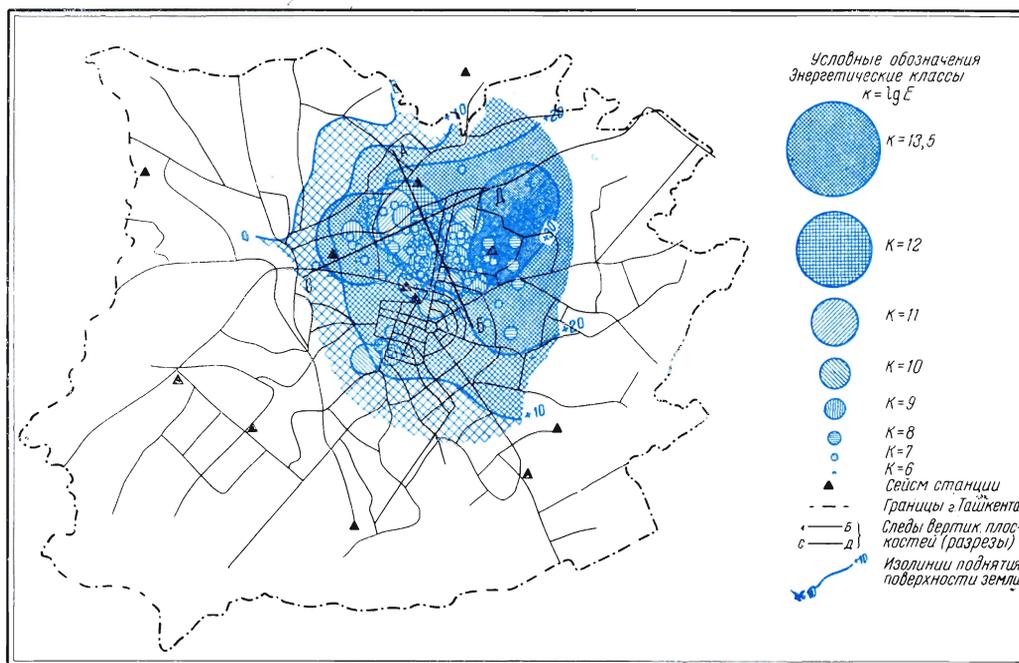


Рис. 4. Эпицентр основного толчка, определенный по сейсмограммам сети сейсмических станций Узбекистана, расположен в северо-восточной оконечности плейстосейстовой зоны.

Эпицентры почти всех афтершоков локализованы на правом приподнятом крыле разлома. По геодезическим данным поверхность земли над этим крылом претерпела в период повторных толчков медленное поднятие до 30—40 мм. Размеры кружков условно пропорциональны величине $K = \lg E$, где E — энергия сейсмических волн, выделившаяся в очаге

Молодой коллектив Института сейсмологии полон энтузиазма и уверенности в успешной разработке проблемы прогноза землетрясений. В организации научно-иссле-

довательских работ узбекским сейсмологам огромную помощь непрерывно оказывают Центральный Комитет Коммунистической партии Узбекистана и Правительство республики.



ДОННЫЙ СЕЙСМОГРАФ

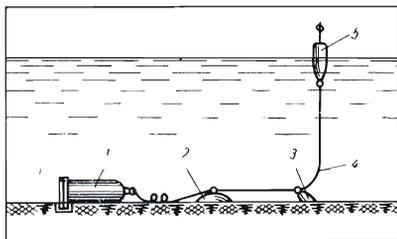
Существует немало образцов донных измерительных систем, регистрирующих сейсмические эффекты на морских глубинах. Очень широко применяются и донные сейсмографы. Их используют при глубинном сейсмичес-

ком зондировании, для изучения шумовых условий на дне, особенностей очаговых зон землетрясений и подводных вулканов, а также для регистрации волн от удаленных землетрясений в условиях специфического строения океанической земной коры.

Вариант донного сейсмографа,

созданный на физическом факультете МГУ, отличается от других донных сейсмографов существенными особенностями:

1. Незначительный расход магнитной ленты позволяет довести длительность непрерывной работы прибора на дне до месяца и более;



1 — донный сейсмограф; 2 — первый груз; 3 — второй груз; 4 — стальной трос; 5 — буй



ДЕСЯТЬ НОВЫХ НАЗВАНИЙ МАЛЫХ ПЛАНЕТ

Международный планетный центр в Цинциннати (США) утвердил названия 10 астероидов, открытых советскими учеными на Симеизской обсерватории. Этим астероидам присвоены следующие имена: 1149 Волга (открыта в 1929 г. Е. Ф. Скворцовым); 1169 Дубяго (открыта в 1930 г. Е. Ф. Скворцовым и названа в честь А. Ф. Дубяго — известного вычислителя орбит малых планет и комет); 1610 Мирная (открыта в 1926 г. П. Ф. Шайн); 1621 Дружба (открыта в 1926 г. С. И. Белявским); 1653 Яхонтовия (открыта в 1937 г. Г. Н. Неуйминым и названа в честь Н. С. Яхонтовой, известной своими многочисленными исследованиями движения астероидов и комет); 1654 Боева (открыта в 1934 г. Г. Н. Неуйминым и названа в честь Н. Ф. Боевой, много лет занимавшейся вычислениями орбит астероидов, комет, спутников); 1671 Чайка (открыта в 1934 г. Г. Н. Неуйминым и названа в честь В. В. Николаевой-Терешковой); 1692 Субботина (открыта в 1936 г. Г. Н. Неуйминым и названа в честь М. Ф. Субботина, возглавлявшего Институт теоретической астрономии АН СССР, в 1942—1964 гг.); 1709 Украина (открыта в 1926 г.

2. Преобразование инфразвуковых, сейсмических частот в звуковые дает возможность использовать для обработки и анализа записей богатый арсенал стандартных приборов (анализаторы спектров, фильтры и т. д.), применяемых в радиотехнике и акустике;

3. Компактность и экономичность регистрирующей аппаратуры удобна при создании портативных полевых приборов;

4. Устройство лентопротяжного механизма предусматривает сни-

жение уровня собственного шума прибора.

Новый сейсмограф весом 80 кг испытывали на глубинах до 2000 м. Простая схема установки на дне обеспечивает независимость его показаний от колебаний буй и троса. Вместе с прибором на дно опускаются два дополнительных груза, которые принимают на себя колебания буй и тем самым препятствуют искажению показаний прибора.

Известия АН СССР. «Физика Земли», 8, 1967.

Г. А. Шайном); 1725 КрАО (открыта в 1930 г. Г. Н. Неуйминым и названа в честь Крымской астрофизической обсерватории АН СССР).

«Вестник АН СССР», 7, 1968.

О НЕКОТОРЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Недавнее открытие Януса — десятого спутника Сатурна (см. «Земля и Вселенная», № 1, 1968 г.) стимулировало поиски других членов солнечной системы. Заново были проанализированы слабые возмущения, испытываемые орбитами спутников больших планет.

Шведский астрофизик Г. Альвен исследовал особенности строения сатурновых колец. Как известно, О. Дольфус на основании изучения необъясненных щелей в кольцах предсказал существование Януса, который оказался довольно крупным небесным телом с поперечником около 350 км и периодом обращения 18 часов. Другие аномалии колец, вызванные неизвестными возмущениями, привели Г. Альвена к выводу, что должен существовать одиннадцатый спутник Сатурна, который меньше Януса и обращается вокруг Сатурна за 19,5 часа («Isarus», 7, 3, 1967).

Однако существующие данные наблюдений не настолько исчер-

пывающи, чтобы допускать однозначную интерпретацию. Английские астрономы Э. Боуэлл и Л. Вилсон произвели расчет движения системы колец и спутников Сатурна и получили несколько другую цифру для периода обращения гипотетического одиннадцатого спутника — 15 часов («Nature», 216, 5116, 1967). Спор, по-видимому, будет разрешен только тогда, когда стечение благоприятных условий позволит обнаружить новое небесное тело.

Используя методику расчета, примененную для анализа слабых возмущений в системе Сатурна, Э. Боуэлл и Л. Вилсон предсказывают также существование еще неоткрытых спутников Юпитера и Урана. Новая «луна» Юпитера, имеющая период обращения около 20 часов, прокладывает свою орбиту между Амальтеей и Ио, а невидимый спутник Урана, по всей вероятности, обращается между Мирандой и Ариелем с периодом около 40 часов.

Ученые обсуждают возможность существования неизвестных планет между Меркурием и Солнцем, а также за Плутоном. Сейчас, когда космические корабли готовятся к полетам на далекие планеты, обнаружение всех больших тел солнечной системы приобретает не только познавательное, но и практическое значение.

В. И. СКВРЦАТОВ

Радиогалактики и квазары

М. РАЙЛ,
профессор

Профессор Мартин Райл — один из ведущих зарубежных радиоастрономов, директор Радиоастрономической обсерватории Кембриджского университета [Англия]. Широко известны его работы по наблюдению слабых радиоисточников и отождествлению радиоисточников с оптическими объектами.

На XIII съезде МАС в Праге М. Райл сделал обзорный доклад, в котором резюмировал современное состояние изучения радиогалактик и квазаров. В своем выступлении М. Райл остановился, главным образом, на радиоастрономической стороне проблемы. Ниже публикуется сокращенный текст этого доклада в переводе Г. Б. Шоломицкого.

. Наблюдая небо в метровом диапазоне радиоволн, мы обнаруживаем прежде всего непрерывное радиоизлучение Млечного Пути, свободное от поглощения, искажающего оптическую картину неба, а также компактные радиоисточники размером не более нескольких угловых минут. К настоящему времени с помощью больших радиотелескопов открыто около 8000 компактных источников, но лишь несколько сотен самых интенсивных изучены детально. Некоторые из источников находятся внутри Галактики и представляют собой излучение остатков взрывов сверхновых звезд, но многие оказались связанными со слабыми галактиками. Зная сколько огромны расстояния до них, мы можем заключить, что радиоизлучение компактных источников очень велико, и в отдельных случаях более чем в миллион раз превосходит радиоизлучение нашей Галактики или туманности Андромеды. Эти мощные источники называются радиогалактиками.

Наблюдения с инструментами высокой разрешающей способности показывают, что около 60% источников — двойные. Обычно,

компоненты расположены по обе стороны от галактики, причем часто находятся на различных расстояниях от нее (рис. 1) и имеют неодинаковую интенсивность радиоизлучения. Их вид и другие данные свидетельствуют, что радиоизлучающая материя была выброшена из галактики взрывом.

У некоторых источников более сложная структура. В них можно различить несколько компонент, иногда соединенных излучающими перемычками. Такие источники могут возникнуть в результате последовательных взрывов меньшего масштаба.

Приблизительно 35% компактных источников обладают значительно меньшими угловыми размерами. Наблюдения на интерферометрах с длинными базами, в частности, на интерферометре Джодрелл Бэнк — Малверн (Англия), и наблюдения покрытий радиоисточников Луной, выполненные в Парксе (Австралия) и в Аресибо (Пуэрто Рико), позволили установить, что угловые размеры большинства этих источников меньше $1''$. В некоторых случаях их структура опять-таки оказывается двойственной

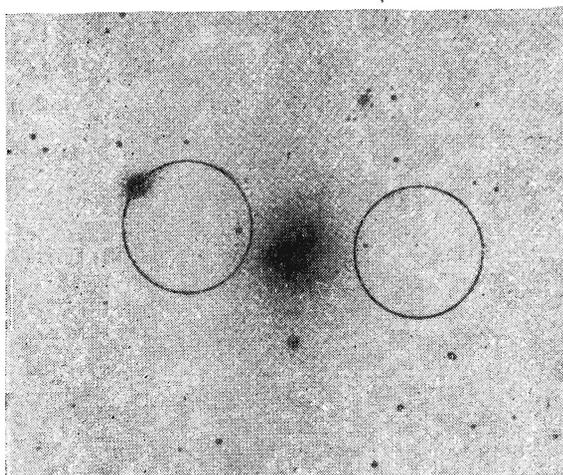
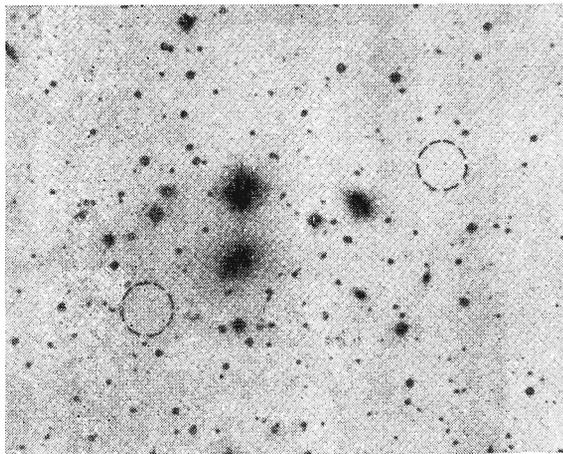


Рис. 1. Фотографии двойных радиогалактик (негативы): сверху — 3С 66, внизу — 3С 270. Области радиоизлучения окружены. Масштаб фотографий: $1'' = 6,9 \text{ мм}$

с компонентами диаметром около $0'',1$, расстояние между которыми составляет несколько угловых секунд.

Было обнаружено, что многие из этих компактных источников связаны с очень малыми оптическими объектами, похожими на звезды. Их стали называть **квазизвездными источниками** или **кварами**. Линии, которые содержатся в оптических спектрах квазаров, отождествляются с линиями известных элементов только при допущении большого красного смещения. Происхождение этих красных смещений — вопрос спорный. Вероятнее всего, что квазары — очень далекие объекты, а красное смещение — не что иное как след-

ствие общего расширения Вселенной (космологическое красное смещение).

На основе наблюдений можно отличить квазар от радиогалактики, хотя провести между ними резкую границу очень трудно: многие источники сочетают в себе характеристики, принадлежащие и тем и другим объектам.

Так, в радиодиапазоне наблюдается мерцание квазаров с периодами примерно в 1 секунду вследствие дифракции радиоволн на неоднородностях межпланетной среды. Этот эффект аналогичен оптическому мерцанию и свидетельствует о том, что угловые диаметры мерцающих источников лежат в интервале от $1''$ до $0'',01$. Но компактный двойной источник 3С 295, связанный с массивной галактикой, также мерцает, обнаруживая тем самым присутствие по крайней мере одного очень малого компонента.

Дальнейшие наблюдения на коротких волнах (меньше 10 см) привели к открытию более долговременных — порядка нескольких месяцев — вариаций излучения квазаров, которые уже не могут быть объяснены дифракцией на межпланетной, межзвездной или межгалактической среде и которые следует отнести к собственным вариациям радиоизлучения источника (рис. 2).

Существование таких вариаций позволяет определить максимальный линейный размер источника, который оказывается порядка нескольких световых месяцев. В оптиче-

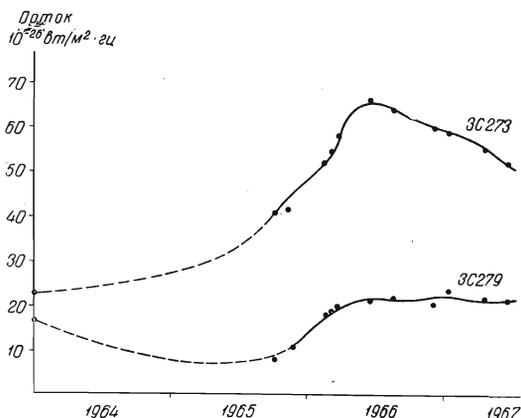


Рис. 2. Изменение потока излучения источников 3С 273 и 279 на волне 2 см . Измерения выполнены на 43-метровом радиотелескопе обсерватории Грин Бэнк (США)

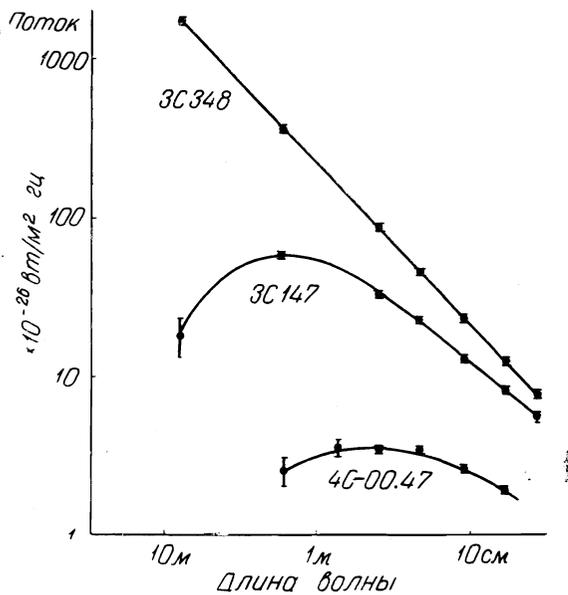


Рис. 3. Спектры радиогалактики 3С 348 и двух квазаров 3С 147 и 4С — 00.47

ской области спектра замечены вариации с характерным временем около суток, указывающие на присутствие в квазаре еще более компактного ядра. И опять было обнаружено, что радиисточник, связанный с галактикой NGC 1275, тоже флюктуирует на высоких частотах и что некоторые галактики, по-видимому, обладают очень компактным радионизлучающим ядром.

Наконец, квазар от радиогалактики можно отличить по виду радиоспектра. В логарифмической шкале спектры большинства радиогалактик — линейные, спектры же квазаров обычно имеют завал на низких частотах* (рис. 3). У некоторых источников, которые наиболее компактны (судя по их переменности), завал происходит на более высокой частоте. Этот результат указывает на то, что завал следует приписать влиянию поглощения в самом источнике, и одновременно объясняет, почему переменность не наблюдается на низких частотах.

Единственный удовлетворительный механизм, предложенный для генерации радио-

* Так называют уменьшение потока радиоизлучения, наблюдаемое при переходе к низким частотам и приводящее к появлению максимума в спектре. (Прим. переводчика).

волн и в квазарах, и в радиогалактиках — синхротронный процесс, при котором электроны высоких энергий ускоряются и излучают в магнитном поле. Этот механизм не только объясняет наблюдаемые спектры, включая низкочастотный завал у большинства компактных источников, но и предсказывает линейную поляризацию излучения источников с простой геометрической структурой магнитного поля. И действительно, линейная поляризация радиоизлучения наблюдается у многих источников.

Для источников с низкочастотным завалом, угловые размеры и расстояние до которых известны, мы можем определить энергию магнитного поля, число и энергетическое распределение электронов и, в конечном счете, — полную энергию источника излучения. В других случаях, когда в наблюдаемом спектре отсутствует завал, можно установить только нижний предел энергии частиц и магнитного поля, оценить скорости потерь энергии, а следовательно, и подсчитать время жизни различных типов источников.

Энергия, заключенная в мощных радиогалактиках, достигает 10^{61} эрг, что соответствует энергии, выделяющейся при превращении 10^9 солнечных масс водорода в гелий. Если красное смещение квазаров интерпретировать как космологическое, то энергия излучения большинства этих источников приблизительно такого же порядка.

В протяженных радиогалактиках время жизни электронов только около миллиона лет, и при больших расстояниях излучающих областей от оптической галактики (не менее 100 кпс) это означает, что электроны были выброшены из галактики со скоростями, близкими к скорости света.

Эти результаты наводят на мысль, что квазары и радиогалактики могут быть просто различными стадиями в эволюции одного и того же класса источников. Очевидно, радиогалактики произошли от родительской галактики, и поэтому источник на ранних стадиях был более компактным. Но может ли остаться ненаблюдаемой в радио- или оптическом диапазонах галактика, в которой за время меньше 10^6 лет освободилась энергия 10^{61} эрг? В то же время представляется надежно установленным и то, что плотность энергии в квазарах настолько велика, что они должны распадаться очень быстро. К чему же приводит такой распад, если не к радиогалактикам?

Интересно, что недавние наблюдения нескольких наиболее компактных квазаров, выполненные с высоким разрешением на радиоинтерферометре Джодрелл Бэнк — Малверн, тоже обнаружили двойственность этих объектов. Таким образом, если принять космологическую интерпретацию красных смещений в квазарах, то сейчас известны двойные источники с расстояниями между компонентами от 1 до 450 *кпс*!

На рис. 4 схематически изображены 11 двойных источников как радиогалактик, так и квазаров из 3С-каталога, линейные диаметры и радиосветимости которых получены при условии, что красное смещение является космологическим. Если красные смещения квазаров имеют не космологическое происхождение, то подобие радиосветимостей было бы замечательным случайным совпадением. Невозможность четкого разделения квазаров и радиогалактик является сильным аргументом в пользу связи двух классов источников.

Чтобы наглядно представить, как могут эволюционировать квазары и радиогалактики, предположим, что в центре галактики внезапно освобождается большое количество энергии (около 10^{61} эрг), а это приводит к выбрасыванию двух плазменных облаков, разлетающихся в противоположные направления. Интересно, что компоненты вследствие релятивистских скоростей их движения будут наблюдаться в разных возрастных стадиях и на неодинаковых угловых расстояниях от галактики, если не считать случая, когда выбрасывание произошло вдоль линии, перпендикулярной к лучу зрения.

На основе наблюдаемых угловых расстояний компонент от оптического объекта можно найти скорость выбрасывания и возраст индивидуальных компонент и таким образом проследить изменение потока излучения каждого источника со временем.

Такой анализ приводит к заключению, что все мощные внегалактические радиоисточники принадлежат к одному и тому же классу и что большой разброс в свойствах вызван их различным возрастом. Возраст компактных источников, обнаруживающих характеристики и квазаров, и радиогалактик, от $3 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^5$ лет. После 10^5 лет, когда облака плазмы выходят из галактики, происходит быстрое уменьшение радиосветимости источника, которое согласуется с ожидаемым уменьшением излучения от об-

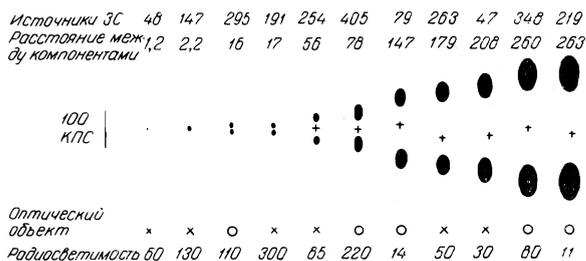


Рис. 4. Линейные диаметры (в *кпс*) и радиосветимость (в единицах 10^{25} вт/гц-степ) 11 двойных радиоисточников. Квазары обозначены \times , радиогалактики — \circ

лака плазмы, расширяющегося в вакууме.

Нет единого мнения об источниках огромной энергии квазаров и радиогалактик. Рассматривались такие возможности, как взрывы сверхновых звезд, механизмы, связанные с образованием звезд, аннигиляция вещества и антивещества, гравитационный коллапс сверхмассивной звезды. Первая из этих гипотез частично подтверждается наблюдениями сейфертовской галактики NGC 1275 (рис. 5), которая по многим характеристикам напоминает квазар.

Ядро этой галактики содержит компактный радиоисточник, поток излучения которого заметно меняется в течение нескольких лет, а в его спектре на частоте 5000 *Мгц* имеется низкочастотный завал. Таким образом, этот источник подобен некоторым из наиболее компактных квазаров, но отличается от них несколько меньшей мощностью излучения. Этот очень компактный источник мог быть результатом особенно мощных взрывов сверхновых звезд, сравнимых с тем, который породил интенсивный галактический источник Кассиопея А. Оптические данные подтверждают, что в ядре этой галактики происходили последовательные взрывы сверхновых звезд.

Недавно обнаружено радиоизлучение от более протяженной области в скоплении галактик в Персее, свечение которой можно объяснить только электронами, выброшенными из галактики NGC 1275 — ярчайшей галактики скопления. Для этого требуется, чтобы современный темп генерации частиц сохранялся в течение последних 5—10 млн лет — вывод, подтверждающийся наблюдениями американским астрономом М. Бербидж газовых потоков во внешних частях NGC 1275. По этой причине полная освобож-

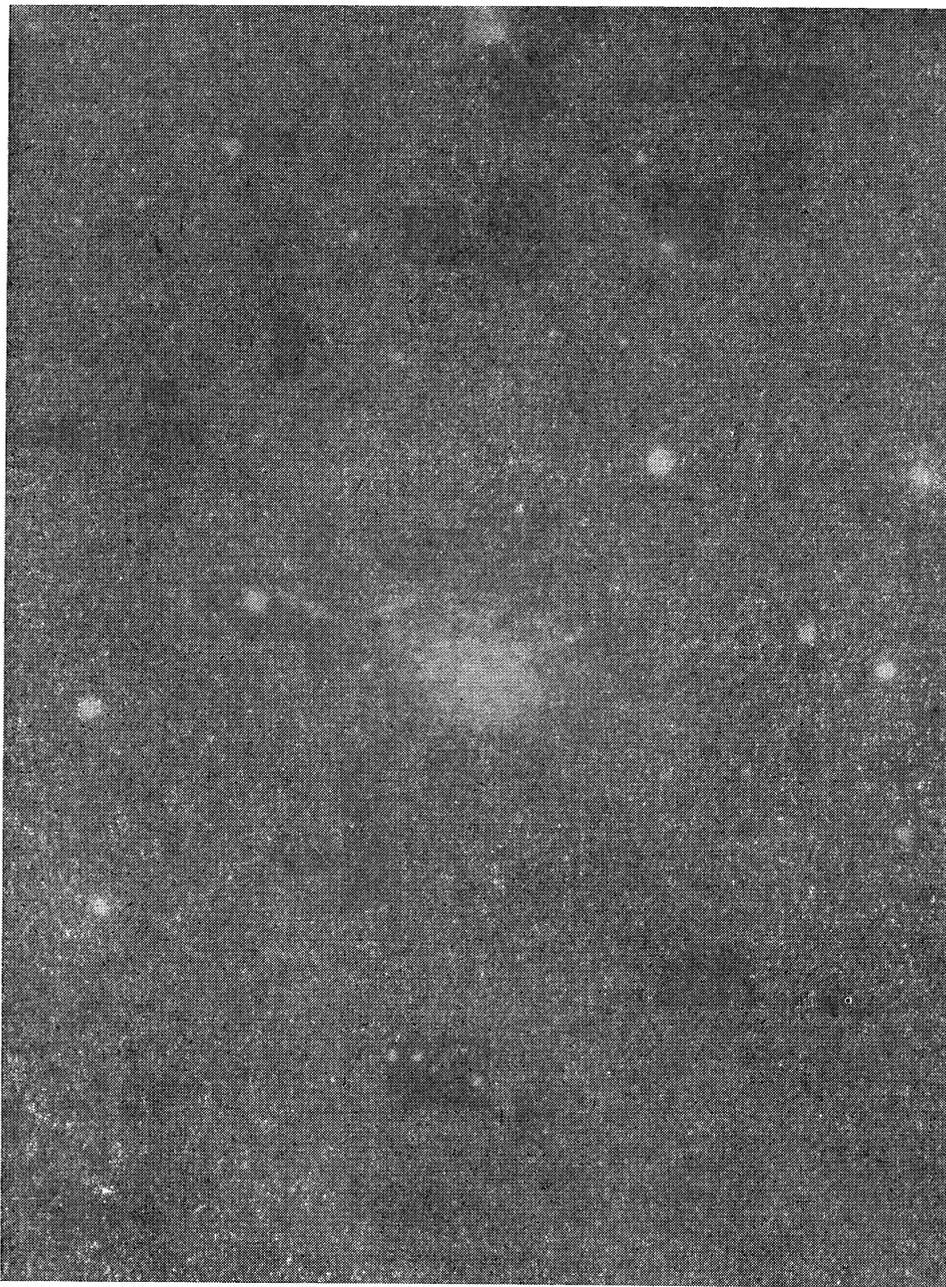


Рис. 5. Фотография радиогалактики NGC 1275, полученная на 3-метровом телескопе Ликской обсерватории (США). Еще до того, как было обнаружено радиоизлучение этой галактики, она была отнесена Сейфертом к особому классу галактик, получивших впоследствии название «сейфертовских». Масштаб фотографии: 1 мм = 1",44, север — вверху

денная в галактике энергия сравнима с энергией наиболее мощных источников, но она выделялась в течение нескольких миллионов лет. Такой процесс взрывов сверхновых звезд мог бы обеспечить источник энергии для квазаров и радиогалактик.

Независимо от физической природы мощных радиоисточников их существование весьма важно для проверки космологических моделей. Крупные радиотелескопы могут регистрировать источники на больших расстояниях и таким образом обеспечить информацию о структуре Вселенной в более ранние, чем доступные оптическим телескопам, эпохи. Наиболее важные из этих космологических проверок — определение числа источников в различных интервалах потока, проверка изотропии в распределении источников и определение вклада источников, находящихся за пределом обнаружения, в общий внегалактический фон радиоизлучения*.

Результаты, полученные в Кембридже (4С-обзор) и в Парксе, показали, что распределение источников изотропно вплоть до потоков, которые соответствуют значениям красного смещения по крайней мере 1, но их распределение по расстоянию неоднородно. С уменьшением потока число источников вначале растет значительно быстрее, чем ожидается при однородном распределении, свидетельствуя о том, что в прошлом либо число, либо собственная мощность радиоисточников были больше, чем сейчас (так называемый эволюционный эффект). Это увеличение приписывалось одним только квазарам, но эффекты наблюдательной селекции затрудняют отождествление слабых галактик, что вызвано меньшей оптической светимостью галактик по сравнению с квазарами и трудностью определения положения галактики, связанной с протяженным двойным источником. По-видимому, эволюционный эффект характерен для всех мощных радиоисточников и может быть объяснен только в рамках тех космологических моделей, которые допускают эволюционные изменения. Наибольший избыток числа источников имеется, вероятно, при красных смещениях, равных 2—3.

* Кроме радиоизлучения нашей Галактики на метровых волнах существует внегалактическая составляющая непрерывного фона — суммарное радиоизлучение галактик и квазаров. (Прим. переводчика).

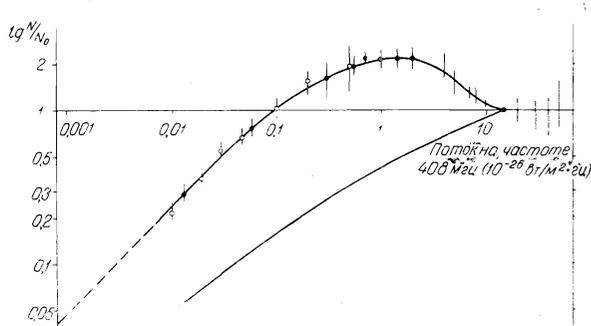


Рис. 6. Отношение числа источников (N) в единичном телесном угле, имеющих поток больше S , к числу (N_0), которое наблюдалось бы в статической евклидовой Вселенной. Нижняя кривая соответствует модели Эйнштейна — де Ситтера и отсутствию эволюционных эффектов. Экстраполированная кривая (пунктир) обеспечила бы интегральное внегалактическое излучение (радиофон)

Наблюдения с новым 1-мильным радиотелескопом в Кембридже позволили регистрировать источники в 100 раз более слабые, чем в обзорах 4С и Паркском. На основе кембриджских данных на рис. 6 сравнивается число источников N , наблюдаемых в единичном телесном угле и имеющих поток больше S , с числом источников N_0 , ожидаемых в статической евклидовой Вселенной. Показано также изменение отношения N/N_0 в зависимости от величины потока S в модели Эйнштейна — де Ситтера. Избыток источников, столь явный при величине потока 10^{-26} $вт/м^2 \cdot гц$, сменяется при еще меньших потоках замечательной сходимостью числа источников. Этот результат показывает, что радиоисточники должны были возникнуть в эпоху, соответствующую красному смещению примерно 3*.

Отсутствие источников при красном смещении, большем 3 (т. е. в более ранние эпохи), подтверждается рассмотрением интегрального излучения от внегалактических источников. Вклад источников, которые сейчас наблюдаются индивидуально, составляет около половины полного интегрального излучения, а в другую половину, очевидно, основной вклад должны вносить источники

* При столь большом значении красного смещения возраст Метагалактики был в несколько раз меньше современного. (Прим. переводчика).

с более низкой светимостью и меньшими красными смещениями.

Эти наблюдения — еще один довод против попыток объяснить подсчеты источников в предположении локального избытка радиогалактик или квазаров*. Действительно, наблюдаемое изотропное распределение источников по небу в этом случае означало бы, что мы находимся очень близко к центру такой локальной системы. Но так как наблюдаемые источники объясняют основную часть внегалактического фона, то допускается существование лишь немногих таких систем до красного смещения 1. Поэтому можно принять локальное происхождение, только если предположить, что мы находимся в вы-

* Автор, по-видимому, имеет в виду гипотезу локального происхождения квазаров, согласно которой наблюдаемые квазары были выброшены из нашей или другой сравнительно близкой галактики. В рамках этой гипотезы, альтернативной по отношению к космологической, красное смещение квазаров совершенно не связано с их расстоянием от наблюдателя. (Прим. переводчика).



ЕЩЕ ОДНА СТРАННОСТЬ КВАЗАРОВ

В американском журнале «Time» от 29 декабря 1967 г. опубликовано сообщение астронома Т. Мэттьюса о неожиданном изменении вида квазара 3С 287 на фотографиях, полученных в течение нескольких лет на обсерватории Маунт Паломар. На снимках до 1965 г. этот квазар выглядел как голубая звездочка 18-й звездной величины, от которой тянулся слабый «мост» к красноватому звездоподобному объекту 21-й величины. «Мост» имел длину около трех угловых секунд.

Спектр голубой звездочки, отождествленной с радиосточником 3С 287, получил в 1965 г. на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар М. Шмидт. Три довольно сильные эмиссионные линии в спектре хорошо отождествляются с обычными для квазаров линиями Mg II (2798 Å), C IV (1550 Å) и C III (1910 Å) при красном смещении, равном 1,055. Квазар 3С 287 является ком-

пактным радиосточником. Совсем недавно на интерферометре с базой 850 км на длине волны 18 см американские радиоастрономы определили его угловой размер, который оказался всего 0",025. Если источник находится на космологическом расстоянии, соответствующем красному смещению 1,055, то его линейный размер на волне 18 см около 0,1 клс ($3 \cdot 10^{20}$ см), а протяженность «моста» около 10 клс. Таким образом, на первый взгляд, источник 3С 287 — обычный квазар.

Правда, у этого объекта отмечалась одна особенность. Радиозлучение от внегалактических источников, проходя через межзвездную среду нашей Галактики, изменяет плоскость поляризации (так называемое фарадеевское вращение). Этот эффект обычно велик для источников, наблюдаемых на низких галактических широтах, поскольку угол поворота

деленном месте Вселенной — ситуация, неприятная для астрономов со времен Коперника.

По-видимому, подсчеты источников и интегральное внегалактическое радиоизлучение обнаруживают важные эволюционные эффекты. До некоторой эпохи, соответствующей красному смещению 3 (которая может быть связана с образованием галактик), радиосточники, очевидно, не существовали. Впоследствии образование галактик могло привести к рождению радиосточников либо более мощных, либо более многочисленных, чем в современную эпоху.

Недавнее открытие изотропного микроволнового излучения фона, имеющего спектр абсолютно черного тела, совершенно независимо свидетельствует в пользу эволюционной космологии. Единственное предложенное объяснение этого излучения заключается в том, что оно представляет собой «древнее» излучение «огненного шара», связанного в эволюционной космологии с начальными стадиями развития Вселенной.

пропорционален концентрации электронов в межзвездной среде. Но аномально сильное изменение плоскости поляризации радиоизлучения обнаружено и у квазара 3С 287, хотя виден он почти в направлении на полюс Галактики. Высказывалось предположение, что радиоизлучение этого квазара поглощается в близкой галактике, которая не наблюдается в оптическом диапазоне.

Что же произошло с квазаром 3С 287 после 1965 г.? Оказалось, что на фотографиях, сделанных в 1966 г., «мост» и красноватый объект стали невидимы, а на их месте появилась вытянутая в том же направлении слабая туманность размером $6'' \times 4''$. Создается впечатление, что «мост» или замылся излучением вновь образовавшейся туманности, или по каким-то причинам «развалился», превратившись в аморфную светящуюся массу. Независимо от причины и механизма возникновения такой туманности вокруг квазара, поразительна скорость ее образования — около двух дуговых секунд в год! Если квазар находится на космологическом расстоянии и имеет красное смеще-

ние 1,055, то две дуговые секунды соответствуют в этом случае 7 *кпс*. Значит процесс возникновения туманности, или процесс возбуждения ее вещества распространяется со скоростью, превосходящей скорость света более чем в 10^4 раз! Но по теории относительности никакое материальное тело не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света. Выход из этого противоречия, по мнению Мэттьюса, один — квазар находится от нас не дальше 15 *кпс*, т. е. в пределах нашей Галактики, а его большое красное смещение вызвано гравитационными явлениями или большой собственной скоростью.

Однако, допущение близости квазаров (так называемая локальная гипотеза их происхождения) сталкивается с трудностями и противоречиями. Поэтому астрофизики пытаются найти «эффекту Мэттьюса» объяснение в рам-

ках космологической гипотезы образования квазаров. И такие объяснения действительно могут быть. Во-первых, не исключено, что квазар 3С 287 действительно загорожен от нас близкой галактикой и вещество засветилось именно в ней, а не вокруг квазара. Во-вторых, наблюдаемая Мэттьюсом сверхсветовая скорость может быть на самом деле не скоростью вещества, а фазовой скоростью распространения фронта возбуждения. Ведь известно, что фазовая скорость может достигать какой угодно величины. И это уже наблюдали астрономы в новых звездах, оболочки которых расширились как будто бы со сверхсветовыми скоростями. На самом деле наблюдали, по-видимому, скорость распространения фронта отражения света от пылевой туманности, находившейся за звездой по отношению к наблюдателю. Не исключено, что и в ква-

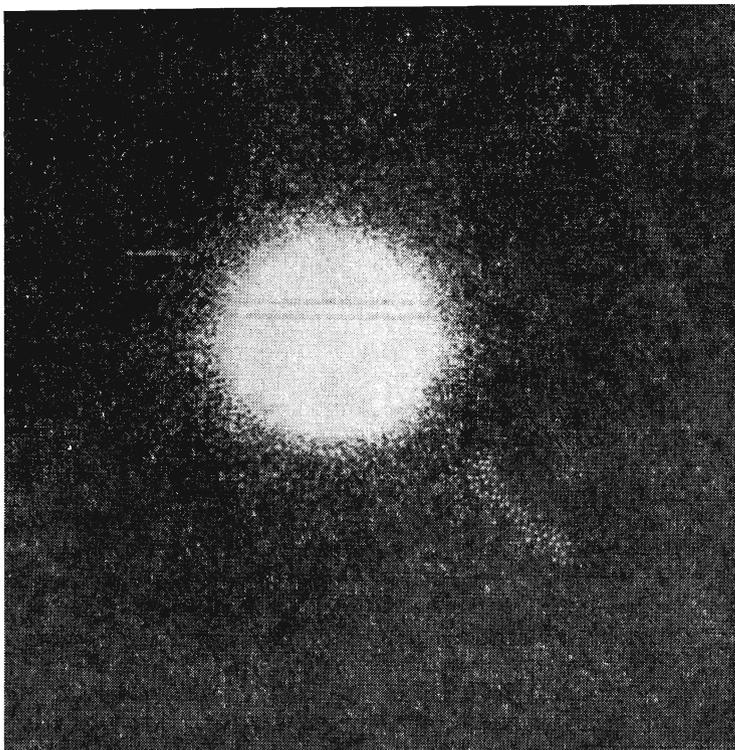
зарах мы можем встретиться с подобными «парадоксами». Это тем более вероятно, что в квазарах, по-видимому, протекают какие-то бурные не известные нам процессы, которые могут приводить к релятивистским и даже ультрарелятивистским скоростям движения вещества (в частности, протонов и электронов), ответственного за излучение.

Таким образом, явление, обнаруженное Мэттьюсом, возможно, не противоречит космологическому происхождению квазаров. Будем надеяться, что в ближайшие годы новые экспериментальные данные позволят, наконец, сделать окончательный выбор в затянувшемся споре о космологическом или локальном происхождении квазаров. И не исключено, что внимательный анализ «эффекта Мэттьюса» скажет здесь не последнее слово.

Б. В. КОМБЕРТ

ОТКРЫТИЕ НОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Интересные результаты в области рентгеновской астрономии получены американскими учеными с помощью ракет «Аэробы». Оказалось, что квазар 3С 273 является самым мощным среди известных источников рентгеновского излучения*. В телескоп этот квазар наблюдается как слабая звездочка 13-й величины. Но в 1963 г. М. Шмидт из Калифорнийского технологического института (США), изучив спектр квазара 3С 273, установил, что он находится на расстоянии 1,5 млрд. световых лет от Земли и испускает в сотни раз больше света, чем самая яркая галактика. Радиоизлучение квазара 3С 273, превосходящее поток радиоволн от мощнейших радиогалактик, имеет две компоненты: одна компонента генерируется звездоподобным ядром квазара, а другая исходит от конца длинного выброса из источника (на фото выброс заметен внизу справа). Рентгеновская светимость квазара 3С 273, окруженно-го «атмосферой» протяженностью



Квазар 3С 273. Из-за передержки размеры квазара на фотографии не соответствуют истинным

* «Science Horizons», 89, 1967, 17.

около 130 000 световых лет, в 50 раз превышает его радиояркость и вдвое больше его светимости в оптическом диапазоне. Поток рентгеновского излучения 3С 273 доходит до Земли в тысячу раз более слабым, чем поток мощнейшего рентгеновского источника Sco XR-1 в созвездии Скорпиона. Но поскольку Sco XR-1 удален всего лишь на 500 световых лет от Земли, то, по оценке (правда, не очень надежной) американского исследователя Г. Фридмана, действительная рентгеносветимость этого источника в миллион

раз меньше рентгеновской мощности квазара 3С 273. Возможно, такой большой поток рентгеновских лучей от 3С 273 вызван продолжающимися в квазаре взрывными процессами, в результате которых из его недр через промежутки от нескольких дней до нескольких лет выбрасываются облака релятивистских электронов.

Были обнаружены еще три мощных рентгеновских источника, «рентгенояркости» которых сравнимы с яркостью в рентгеновском диапазоне квазара 3С 273. Но их не удалось идентифицировать

ни с одним известным квазаром или радиогалактикой. Эти неопознанные источники, по-видимому, лежат за пределами нашей Галактики.

При обзоре неба в рентгеновском диапазоне подтвердилось, что Вселенная заполнена «виртуальным океаном» фонового рентгеновского излучения, которое, очевидно, изотропно по всей небесной сфере и является реликтовым остатком первобытной «огненной колыбели» Вселенной.

«Naval Research», 20, 1, 1967, 27.

НЕОБЫЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Летом 1967 г. при обзоре неба на частоте 81,5 *Мгц* А. Хьюиш, Ф. Белл, Дж. Пилкингтон, П. Скотт и Р. Коллинз (Кембридж, Англия) обнаружили четыре необычных импульсных источника космического радиоизлучения («Nature», 217, 5130, 1968, 709).

Один из них находится в созвездии Лисички, близко к плоскости Галактики. Тригонометрический параллакс этого источника, определенный из радионаблюдений, около 2', т. е. расстояние до него больше 1000 а. е. Таким образом, он находится вне солнечной системы. Но этот источник принадлежит нашей Галактике, так как верхняя граница расстояния до него, оцененная из условий распространения радиоволн, составляет 65 пс.

Тщательные наблюдения, которые на протяжении полугода проводили английские радиоастрономы, показали, что свойства этого объекта резко отличаются от свойств других известных космических радиоисточников. Импульсы радиоизлучения повторяются через 1,337 279 секунды. Период сохраняется с очень высокой точностью (превышающей 10^{-7} се-

кунды). Амплитуда импульсов циклично меняется с периодом в несколько минут. Обычно импульсы наблюдаются в течение одной минуты, потом наступает перерыв на несколько минут. Обнаружены также вариации величины сигналов с периодом в несколько дней и в несколько месяцев. Максимальная мощность импульса $20 \cdot 10^{-26}$ *вт/м² · гц*. На слегка измененной частоте импульсы приходят в другие моменты времени. Этот эффект возникает, по-видимому, из-за дисперсии (различной скорости распространения радиоволн на разных частотах) в межзвездной среде. Заметный эффект Доплера, связанный с вращением источника, не наблюдался.

Открытие, сделанное в Кембридже, было подтверждено в радиоастрономических обсерваториях Джодрелл Бэнк (Англия), Алгонквин (Канада), а также американскими учеными в Аресибо и в Гарварде. Удалось открыть и новые свойства источника.

Излучение объекта, который получил название «пульсара», охватывает широкий диапазон частот — от 40 до 1670 *Мгц*. Возмож-

но, что на частоте 111 *Мгц* имеется пик излучения. Распределение энергии в спектре «пульсара» характерно для нетепловых радиоисточников, в которых излучают электроны, движущиеся в магнитном поле.

Уточнение координат источника позволило отождествить его со звездой 18-й звездной величины. Координаты звезды: $\alpha_{1950} = 19^{\text{h}}19^{\text{m}}36^{\text{s}},88$; $\delta_{1950} = 21^{\circ}46'57",4$. На всех фотографиях этой области неба (начиная с 1897 г.) обнаружены лишь небольшие изменения блеска звезды, не превышающие 0,^m5.

В. И. Проник, И. И. Проник, К. К. Чуваев измерили блеск этой звезды на 2,6-метровом телескопе Крымской астрофизической обсерватории. Оказалось, что ее цвет более голубой, чем цвет соседних звезд.

Наблюдения трех других источников, два из которых находятся в созвездии Льва, а третий — в созвездии Гидры, показали, что их свойства очень схожи. Периоды двух «пульсаров» близки к периоду первого — 1,2738 и 1,1878 секунды, а период третьего равен 0,2508 секунды.

Американские ученые Ф. Дрейк и Х. Крафт на 300-метровом радиотелескопе в Аресибо исследовали форму импульсов этих необычных источников. У «пульсаров» с периодом больше секунды импульсы состоят из нескольких «подимпульсов» (у одного «пульсара» из трех, у остальных — из двух), следующих с промежутком в 12 миллисекунд. Этот промежуток, однако, не остается постоянным. Общая ширина суммарного импульса 40 миллисекунд. «Пульсар» с периодом 0,2508 секунды излучает одиноч-

ные импульсы длительностью в 43 миллисекунды. Передний фронт у всех импульсов значительно круче заднего. Анализ импульсов привел к выводу, что размеры излучающих областей должны быть меньше 3300 км.

Какова природа этих необычных объектов? Ответить на этот вопрос пока трудно. Возможно, радиоизлучение «пульсаров» связано с колебаниями сверхплотных звезд — белых карликов или гипотетических нейтронных звезд.

Могут ли сигналы принадле-

жать внеземной цивилизации? Регулярный характер сигналов невольно наводит на такую мысль. Но при всей привлекательности этой догадки имеющиеся наблюдения не могут ни доказать, ни опровергнуть ее. Для выяснения природы этих в высшей степени необычных объектов придется много потрудиться и наблюдателям, и теоретикам.

С результатами дальнейших исследований журнал «Земля и Вселенная» познакомит своих читателей в последующих номерах.

В. А. СОГЛАСНОВ

КНИГИ 1968 года

Главная редакция физико-математической литературы и редакция научно-популярной литературы издательства «Наука» выпускают в текущем году книги:

Агекян Т. А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков. 9 л. Книга может служить учебным пособием по общему курсу теории вероятности, предназначена для астрономов и физиков — научных работников, преподавателей вузов, аспирантов и студентов старших курсов.

Астрономический календарь на 1969 г. (Справочник.) 15 л. Ежегодник рассчитан на участников астрономических кружков, любителей астрономии, преподавателей средней школы, студентов пединститутов и университетов. (Издается с 1895 г.)

Бакулин П. И., Блинов Н. С. Служба точного времени. 16 л. Книга посвящена проблемам, связанным с измерением точного времени. Рассчитана на студентов и аспирантов астроно-

мов. Будет полезна всем, кто интересуется современными методами определения и измерения точного времени.

Бронштейн В. А. Беседы о космосе и гипотезах. 11 л. Книга рассказывает о творческом процессе создания гипотез в астрономии. Автор стремится разоблачить необоснованные «доморощенные» гипотезы дилетантов и развенчать фантастические домыслы, связанные с некоторыми явлениями природы. Рассчитана на самый широкий круг читателей.

Внеземные цивилизации. 20 л. В книге изложены научные основы некоторых проблем поиска сигналов внеземных цивилизаций.

Воронцов-Ведъяминов Б. А. Очерки о Вселенной. 34 л. Шестое издание, переработанное и дополненное.

Демин В. Г. Движение искусственного спутника в нецентральной поле тяготения. 18 л. В книге подробно изложена новая теория движения искусственных спутников Земли. Книга рассчитана на студентов, аспирантов и

инженерно-технических работников, занимающихся механикой космического полета.

Дорман Л. И., Мирошников Л. И. Солнечные космические лучи. 30 л. Книга рассчитана на специалистов по различным проблемам космической физики: астро-, гелио- и геофизиков, а также на студентов старших курсов соответствующих специальностей.

Субботин М. Ф. Введение в теоретическую астрономию. 42 л. Книга представляет большой интерес для студентов, аспирантов и специалистов по небесной механике, а также для лиц, занимающихся проблемами движения искусственных небесных тел.

Тверской Б. А. Динамика радиационных поясов. 10 л. Может быть рекомендована научным работникам, инженерам и студентам старших курсов, занимающимся космической физикой, физикой атмосферы, физикой плазмы и т. д. В некоторых случаях книгой можно пользоваться как справочным пособием.

Электронная телескопия и астрономические наблюдения

*И. В. ЩЕГЛОВ,
кандидат физико-математических наук*

Первые снимки небесных объектов через электронно-оптические преобразователи были получены двадцать лет назад. Что произошло за это время с электронной телескопией? Какие новые результаты получены с ее помощью? В каких областях наблюдательной астрономии применение электронно-оптических преобразователей наиболее эффективно и каковы перспективы применения усилителей изображения в астрофизике?

Последние два десятилетия ознаменовались проникновением в астрономию новых методов наблюдения. Некоторые из них оказались настолько мощными, что изменили лицо астрономии. В первую очередь это относится к радиоастрономии, которая изучает Вселенную в диапазоне длин волн, далеко отстоящем от привычной нам оптической области. Излучение, принимаемое радиотелескопами, возникает обычно по совершенно иному, чем видимый свет, причинам, и радионебо не похоже на видимый глазом небосвод. Заслуги радиоастрономии неизмеримо превосходят ее способность наблюдать в любую погоду, поражавшую в 50-х годах некоторых недалеких популяризаторов. Сегодня мы стоим у колыбели ракетной астрономии, обнаружившей, подобно ее старшей сестре, новые излучения, но уже в ультрафиолетовой и рентге-

новской областях спектра. Этой отрасли астрономии всего несколько лет. Трудно предугадать ее развитие, но даже сейчас ракетные наблюдения дали несколько результатов принципиальной важности.

Хочу сразу же отметить, что ни радио-, ни рентгеновская астрономия не смогли, как это кое-кому казалось в первые годы их существования, развиваться изолированно от привычной нам оптической астрономии. Потребовалось много усилий для понимания явлений, наблюдаемых одновременно в радио-, рентгеновском и оптическом диапазонах электромагнитного излучения. Отождествление космических радиосточников с остатками вспышек сверхновых звезд и необычными галактиками, важная роль синхротронного излучения в этих образованиях, обнаружение оптических объектов, сильно излучающих в

рентгеновской области спектра, и, наконец, открытие квазаров — вот несколько важнейших результатов симбиоза различных разделов наблюдательной астрономии.

В этой статье я расскажу лишь об использовании в астрофизических наблюдениях усилителей изображения. Появление этих приборов было вызвано отнюдь не требованиями астрономии. Первоначально они предназначались для наблюдения в темноте объектов, освещенных инфракрасным светом. Выполненные во время Второй мировой войны работы по усовершенствованию одного из видов усилителей изображения — электронно-оптических преобразователей — привели к созданию приборов, обладающих сравнительно высокой чувствительностью в близкой инфракрасной области спектра. При этом оказалось, что даже простое фотографирова-

ние флуоресцирующего экрана инфракрасного преобразователя дает больший выигрыш в чувствительности по сравнению с инфракрасными фотоматериалами. Правда,

высокая эффективность подобного устройства объясняется прежде всего весьма малой чувствительностью фотоэмульсий для инфракрасной области спектра.

15 000 эв. Затем 10% КПД экрана уменьшает эту энергию до 1500 эв, а потери в перебрасывающей оптике (5) — до 150 эв. Фотопластинку (6), стоящую после преобразователя, достигнет лишь в 5 раз больше света, чем при непосредственном фотографировании.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Простой электронно-оптический преобразователь (рис. 1) представляет собой разновидность фотоэлемента. В вакуумной колбе (1) преобразователя имеется фотокатод (2) — поверхность, способная испускать под действием света электроны, электронная оптика — система электродов (3), которая фокусирует покинувшие фотокатод фотоэлектроны таким образом, что каждой точке фотокатода соответствует определенная точка флуоресцирующего экрана (4), в принципе не отличающегося от телевизионного. Между катодом и экраном прилагается ускоряющее напряжение в 10—15 кВ, которое сообщает каждому электрону энергию в несколько тысяч квантов света (энергия одного кванта видимого света — около 2,5 эв).

Так как вещество флуоресцирующего экрана преобразует в свет лишь приблизительно 10% энергии падающих на него электронов, один ускоренный в преобразователе электрон вызывает на экране вспышку яркостью в не-

сколько сот квантов. Эту вспышку можно легко заметить глазом, если собрать весь испускаемый экраном свет. Однако вещество флуоресцирующего экрана излучает свет почти равномерно во все стороны, и никакая оптическая система не может собрать его полностью. В лучшем случае удается собрать и перебросить на фотоэмульсию (в астрономии преобразователи используются почти исключительно для фотографирования) 10—15% света экрана. В результате, увеличив за счет энергии высоковольтного источника яркость изображения на экране электронно-оптического преобразователя, мы обращаемся с ней весьма расточительно.

Не следует также забывать, что потеря энергии происходит и на фотокатодe. У хорошего современного фотокатода, чувствительного в видимой области спектра, один фотоэлектрон требует для своего появления около 10, а у инфракрасных катодов около 100 квантов света. Окончательный энергетический баланс простого электронно-оптического преобразователя выглядит весьма неутешительно (см. рис. 1). Десять упавших в какую-нибудь точку фотокатода квантов суммарной энергией в 30 эв дают один фотоэлектрон, который ускоряется до энергии в

Реальный выигрыш системы в чувствительности окажется еще меньшим. Дело в том, что разрешающая способность современных преобразователей хуже, чем фотоэмульсий: очень маленькая светящаяся точка, например изображение звезды, из-за рассеяния света в эмульсии превращается на снимке в пятнышко диаметром 20—30 мк, у лучших же преобразователей диаметр этого пятна не бывает меньше 50 мк. Почему это явление приводит к уменьшению чувствительности? Фотопластинка, как известно, начинает регистрировать свет лишь после того, как на ее поверхности будет создана определенная освещенность. Пятнышко диаметром 25 мк станет проявляемым лишь в том случае, если на него попадает около миллиона квантов. Но если тот же миллион квантов распределить в пятне диаметром 50 мк, плотность энергии упадет вчетверо, и мы не заметим даже следа изображения звезды. Поэтому при фотографировании через такой преобразователь выигрыша в чувствительности практически не получится. Следует отметить, что при наблюдении протяженных объектов выигрыш в чувствительности оказывается несколько большим, поскольку нет потерь из-за ухудшения четкости.

Ясно, что применять описанный выше простой элект-

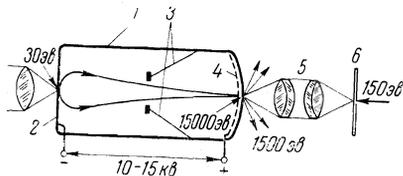


Рис. 1. Схема простого электронно-оптического преобразователя

ронно-оптический преобразователь для усиления изображения в видимой области спектра совершенно нецелесообразно, тем более, что рабочее поле современных преобразователей весьма невелико (не превосходит 1—2 см), и для того чтобы сфотографировать объект, регистрируемый без преобразователя за одну экспозицию на большой фотопластинке, приходится делать много снимков через преобразователь *

Совершенно по-другому обстоит дело в ближней инфракрасной области спектра (длина волны 7500—12 000 Å). Даже простая замена инфракрасных квантов видимыми (что по сути и делает обычный электронно-оптический преобразователь) сильно увеличивает чувствительность фотографирования, ведь чувствительность фотоэмульсий, предназначенных для видимой области спектра, гораздо выше, чем в инфракрасной.

Эти факты, хорошо известные уже в конце 40-х годов, способствовали практическому применению преобразователей изображения в научных целях. В 1948 г. большой знаток электронно-оптических приборов В. И. Красовский вместе с астрономами А. А. Калининком и В. Б. Никоновым провели на Симеизской обсерватории наблюдения некоторых слабых объектов в инфракрасной области спектра. Эти исследования поддерживал академик

* Подобные приборы все же находят применение. Так, например, если приходится налаживать установку, работающую в ультрафиолетовом и инфракрасном свете, очень удобно использовать преобразователь изображения для наблюдения за ходом светового пучка.

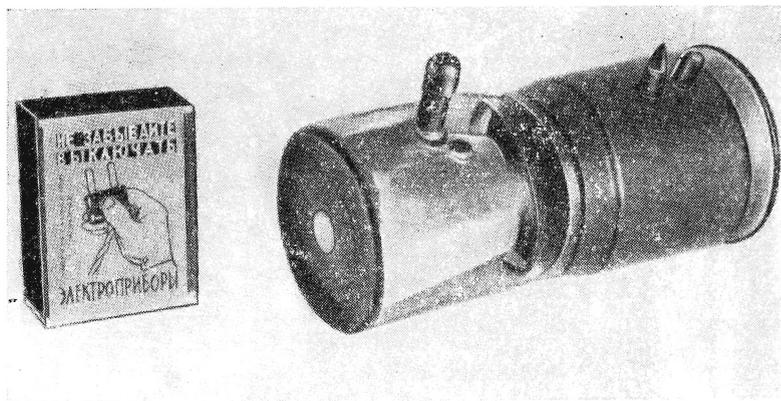


Рис. 2. Внешний вид электронно-оптического преобразователя

Г. А. Шайн, бывший тогда директором обсерватории и придававший чрезвычайно большое значение работам с использованием новой техники.

Одной из задач наблюде-

ний было фотографирование области галактического центра в инфракрасных лучах, так как в видимой области спектра строение Млечного Пути в его центральной части трудно изучать из-за силь-



Рис. 3. Установка, на которой фотографировалась область галактического центра в Симеизской обсерватории

ного межзвездного поглощения. В 1947 г. американские астрономы применили для исследования этой области инфракрасный фотоэлемент, установленный на 250-сантиметровом рефлекторе. У нас в то время еще не было больших телескопов, и советские ученые получили инфракрасные снимки центра Галактики с помощью электронно-оптического преобразователя (аналогичного показанному на рис. 2). Изображение Млечного Пути строилось на катоде преобразователя объективом светосилой 1:1,2 и фокусным расстоянием в 70 мм, перед которым стоял светофильтр, обрезавший все излучение короче 8000 Å. Электронная оптика преобразователя строила на экране уменьшенное в 1,5 раза изображение фотокатода, что увеличило яркость экрана вдвое. Светосильная система перебрасывала изображение экрана на фотопластинку; экспозиция при этом не превосходила 20 минут. По своим размерам электронно-телескопическая установка оказалась небольшой (рис. 3), но весьма эффективной.

Полученные на этой установке снимки показали, кроме хорошо известного звездного облака в Стрельце, еще одно менее яркое облако, отстоящее от первого на 5° к западу (рис. 4). По-видимому, мы наблюдаем две половины центрального вздутия нашей Галактики, темная же полоса между ними соответствует плоскости симметрии Галактики, где поглощение велико даже в инфракрасных лучах. Последующее детальное изучение этой области неба подтвердило такое истолкование инфракрасных снимков.

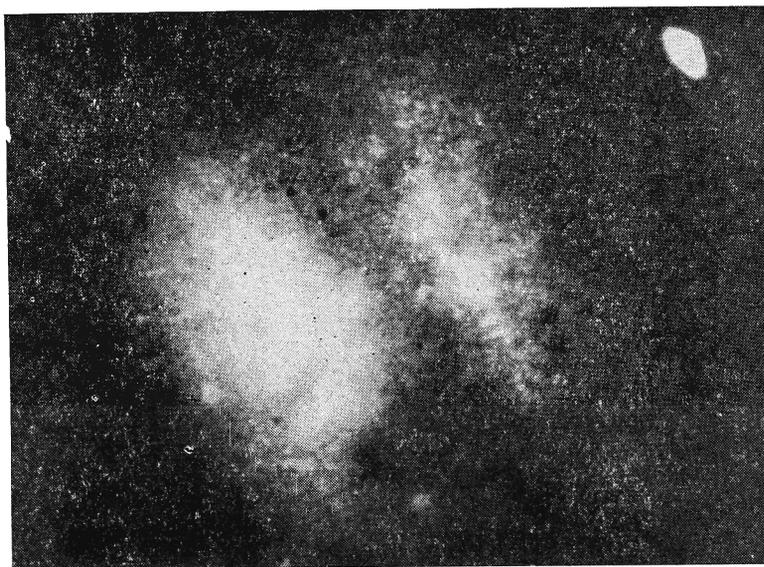


Рис. 4. Инфракрасный снимок области галактического центра. Справа вверху — искаженное электронной оптикой изображение Юпитера

В это же время с помощью такого же преобразователя, но присоединенного к светосильному спектрографу, В. И. Красовский сфотографировал спектр свечения ночного неба до длины волны в 11 000 Å (рис. 5). Поразительно, как легко новая техника продвинулась более чем на 2000 Å дальше в инфракрасную область по сравнению с лучшими спектрографами, работавшими на самых чувствительных фотоматериалах. Заметим, что и сейчас длина волны 9000 Å является непреодолимым рубежом, перед которым останавливается фотографический метод при исследовании слабых объектов. Главным результатом спектроскопического исследования свечения ночного неба было обнаружение мощного инфракрасного излучения в

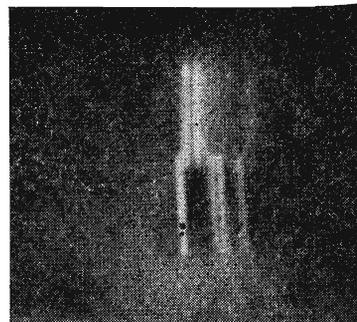


Рис. 5. Инфракрасный спектр ночного неба. Внизу — спектр сравнения

области 10 000 Å, впоследствии отождествленного с излучением молекулы гидроксила.

Результаты этих работ привлекли внимание многих астрономов, увидевших, что новая техника дает возможность повысить эффективность астрономических приборов. В первые послевоен-

ные годы в этом были особенно заинтересованы советские астрономы, ведь разрушенные войной Пулково и Симеиз только начали восстанавливаться.

Американские астрономы уже тогда имели сравнительно много крупных телескопов, поэтому новую технику они оценили лишь десятью годами позже. В Англии работы по созданию астрономических преобразователей изображения начались с середины 50-х годов. Немецкие ученые вскоре после войны опубликовали работы, которые подтвердили возможность применения электронно-оптических преобразователей в научных исследованиях.

Французские астрономы с их вниманием к астроприборостроению и новой методике, ставшим традиционным еще со времени Ш. Фабри, стали разрабатывать весьма совершенную систему электронной регистрации оптических изображений. Еще до войны сотрудник Страсбургской обсерватории А. Лаллеман задал себе вопрос: нельзя ли регистрировать вылетевшие из фотокамеры электроны на фотопластинке, помещенной внутри вакуумной колбы прибора — там, где в обычных преобразователях находится флуоресцирующий экран? Ведь фотографируют же непосредственно электронное изображение в электронных микроскопах. Непосредственная регистрация электронного изображения казалась весьма многообещающей. И действительно, специальные эмульсии для регистрации электронов, так называемые электронографические, способны обнару-

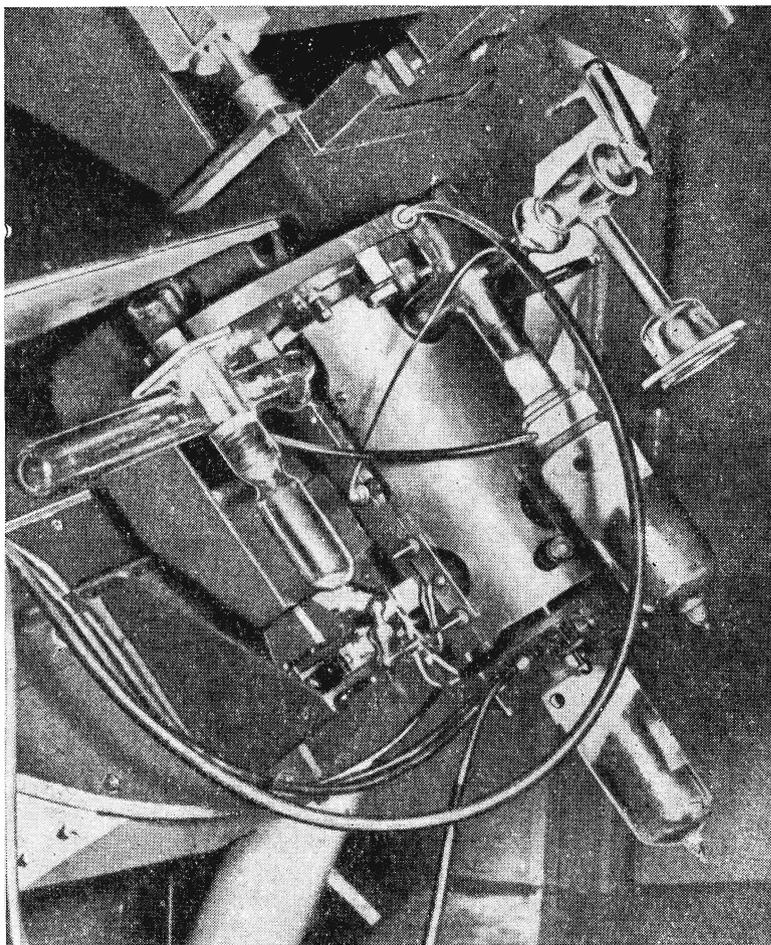


Рис. 6. Электронная камера — один из приборов, изготовленных на Парижской обсерватории

жить один единственный упавший на них электрон. С помощью этих эмульсий электронное изображение может быть зарегистрировано гораздо эффективнее, чем изображение оптическое, появившееся на флуоресцирующем экране.

Работы по воплощению этой идеи в приборе, пригодном для астрономических наблюдений, были продолжены на Парижской обсерватории, где они ведутся и

сейчас (рис. 6). Однако на пути исследований возникло много трудностей.

Примерно в то же время в СССР был предложен сравнительно простой способ устранения потерь света при фотографировании флуоресцирующего экрана преобразователя. Если нанести экран на тонкую слюдяную пластинку и прижать к ней эмульсию на гибкой подложке, расстояние между эмульсией и веществом флуорес-

цирующего экрана окажется очень малым, а фотографируемое изображение почти не потеряет в резкости (рис. 7). Выигрыш в экспозиции по сравнению с оптической перебрасывающей системой оказывается весьма значительным — почти в 10 раз. Подобная система получила название контактного электронно-оптического преобразователя.

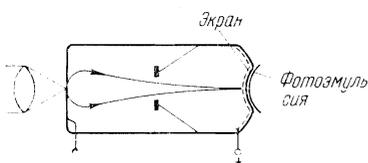


Рис. 7. Схема контактного преобразователя

Еще в довоенные годы родилась идея последовательного соединения нескольких простых преобразователей, и через некоторое время были изготовлены каскадные преобразователи, у которых экран одной камеры отделялся от катода другой тонкой слюдяной или стеклянной пленкой (рис. 8). Каскадный преобразователь даже с двумя камерами увеличивает яркость наблюдаемого объекта в несколько десятков раз.

Таким образом, к концу 50-х годов существовали различные типы электронных приборов, регистрирующих оптическое изображение гораздо эффективнее, чем раньше. Измеренные в лаборатории коэффициенты

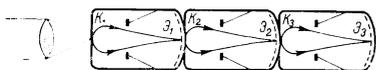


Рис. 8. Схема каскадного преобразователя

усиления некоторых из них, например многокаскадных преобразователей, достигали десятков тысяч, т. е. каждый вылетевший из катода электрон давал на последнем экране прибора столь яркую

вспышку, что ее можно было сфотографировать. Оставалось лишь применить эти устройства в астрономических наблюдениях, но это оказалось весьма сложной задачей.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В АСТРОНОМИИ

Наблюдая небесные объекты с поверхности Земли, мы всегда видим их на фоне слабого, но заметного свечения ночного неба. Вследствие химических процессов светятся верхние слои земной атмосферы; в областях, близких к Млечному Пути, нам мешает свет множества неразрешаемых телескопом слабых звезд, и, наконец, довольно значительная часть неба занята свечением зодиакальной области, обусловленным рассеянием солнечного излучения на околоземной и околосолнечной пыли. Если бы этих трех источников свечения не было, мы могли бы наблюдать даже с небольшими телескопами очень слабые звезды. Действительно, ничто не мешало бы нам увеличить экспозицию до необходимой величины. Но из-за свечения ночного неба пластинка чернеет, и дальнейший рост экспозиции становится нецелесообразным. Мы сможем наблюдать тем более слабую звезду, чем в меньшую точку сконцентрируем ее излучение. Поэтому лучшие снимки неба получаются на тех обсерваториях, где имеются телескопы, обладающие хорошими оптическими качествами, и где атмосфера достаточно спокойна и не искажает изображения звезд. Однако рассмотрение интереснейшего круга вопросов, связанных с

астроклиматом, завело бы нас слишком далеко; следует лишь иметь в виду, что эти же ограничения существенны и при астроспектроскопии слабых объектов, когда их точечное изображение превращается в ниточный спектр, ширина которого определяется качеством инструмента и состоянием атмосферы. Именно слабые объекты, наблюдаемые в условиях невысокого контраста, оказались подлинным «камнем преткновения» для электронной телескопии.

Переходя к рассмотрению электронно-телескопических наблюдений, заметим, что во многих областях астроспектроскопии даже до появления преобразователей продвижение в сторону более слабых объектов ограничивалось упомянутыми выше факторами.

При тех астрономических наблюдениях, в которых трудности возникали из-за недостаточности чувствительности приемника изображения, применение преобразователей явилось подлинным благодеянием. В инфракрасной области спектра, где эффективность фотозмульсий для длин волн, больших 9000 Å, очень невелика, почти любой преобразователь, чувствительный в этой области, позволил сразу же зафиксировать спектры, совершенно не доступ-

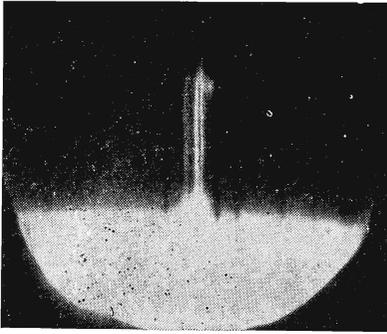


Рис. 9. Линия гелия 10 830 Å в спектре солнечной хромосферы и протуберанца. Видна триплетная структура линии. Без преобразователей протуберанцы в этой линии вообще не фотографировали

ные фотографическим приборам. Например, исследования линии гелия 10 830 Å в спектре солнечной фотосферы, хромосферы и протуберанцев, выполненные в СССР и США с помощью инфракрасных преобразователей, выявили весьма интересные свойства этой линии (рис. 9). Контактный преобразователь дал возможность сфотографировать с хорошим разрешением инфракрасный спектр свечения ночного неба в области 9000—12 000 Å. Так было и при фотографировании с большой дисперсией в видимой области спектров ярких звезд, когда фон неба не мешал; применение высокочувствительного преобразователя позволило использовать еще большую дисперсию и сфотографировать детальную картину расположения линий межзвездного натрия в спектрах звезд. Дело в том, что вследствие облачной структуры межзвездного газа линии натрия расщепляются на несколько компонент, сдвинутых относитель-

но друг друга из-за различия эффекта Доплера для разных облаков.

То же можно сказать об интерферометрических наблюдениях туманностей. Современная техника открывает возможности для фотографирования туманностей в весьма узких спектральных интервалах. Разумеется, сужение спектральной полосы не проходит даром — яркость объекта уменьшается настолько, что классическая фотография просто не в состоянии ничего зарегистрировать, в то время как электронно-оптический преобразователь позволяет осуществить наблюдения газовых туманностей с высоким спектральным разрешением.

Если же чувствительность астрономического спектрографа даже при фотографической регистрации ограничена фоном неба, применение преобразователя может из-за его пониженной разрешающей способности лишь ухудшить качество изображения, хотя сами спектры будут получаться быстрее. Действительно, пусть в изучаемом спектре имеются две близко расположенные эмиссионные линии. Если на негативе они отстоят друг от друга на 50 мк, то фотографический спектрограф их разрешит: после проявления снимка мы узнаем, что в спектре звезды две линии, а не одна. При фотографировании с этой же дисперсией через преобразователь линии разрешить не удастся. Если спектральное разрешение сохранено — мы увеличили дисперсию спектрографа в соответствии с разрешением преобразователя — регистрация спектра займет меньше времени и может быть

произведена на меньшем телескопе, что во многих случаях весьма важно, но все же новой информации о спектре получено не будет*.

К сожалению, иногда усилитель изображения компенсирует плохое пропускание спектрографа и телескопа, улучшением которого не озабочены астрономы. Дело в том, что астрономический спектрограф и без преобразователя должен быть максимально эффективным. Поясним это примером. Современный дифракционный спектрограф со светосилой камеры 1:0,7 и с дисперсией около 400 Å/мм (именно такие приборы применяются для исследования внегалактических туманностей) регистрирует непрерывный фон ночного неба примерно за час. Установленный на телескопе, два зеркала которого отражают 80% света, он регистрирует фон свечения неба примерно за такое же время. Если телескоп строит хорошие изображения, можно, не ослабляя спектра объекта, несколько сузить щель и увеличить предельную экспозицию. Но при этих условиях фон неба удается зарегистрировать при разумной величине экспозиции. Конечно, все эти рассуждения справедливы, если зеркала телескопа хорошо оталюминированы, поглощение в спектрографе

* Дисперсию следует выбирать в зависимости от приемника изображения и от исследуемого объекта. Отношение сигнала к шуму на снимке достигает максимума, когда разрешающая способность фотоэмульсии или преобразователя становится равной ширине исследуемой линии. Дальнейшее увеличение дисперсии не меняет этого отношения.

сведено к минимуму, а фотоэмульсии выбраны и очувствлены надлежащим образом. Если это не сделано, предельная экспозиция увеличится в несколько раз. Применение преобразователя в подобной системе уменьшает экспозицию, позволяя спектрографировать более слабые, чем при обычной методике, объекты. Однако, по сути дела, — это борьба с трудностями, которых не должно быть. И все-таки подобные случаи использования преобразователей нередки.

Следует отметить, что правильно примененный усилитель изображения, работающий без потери информации, все же позволяет использовать телескоп более эффективно. Он дает возможность получать спектры слабых объектов такого же качества, как при обычном фотографировании, но быстрее. Рабочее время телескопа используется рациональнее, а это очень важно при работе на столь дорогостоящем приборе.

Вопрос о том, какой преобразователь применять для той или иной задачи, весьма сложен. Здесь, по-видимому, невозможно дать конкретные указания, хотя можно высказать ряд общих соображений по этому поводу.

Как мы видели выше, пригодные для наблюдения слабых объектов преобразователи можно разделить на простые, контактные и каскадные. Простые и контактные преобразователи обладают хорошим разрешением (около $0,05 \text{ мм}$), обычные каскадные преобразователи дают гораздо меньшую четкость ($0,1-0,2 \text{ мм}$). Простые преобразователи успешно работают лишь в инфракрасной области спектра; контакт-

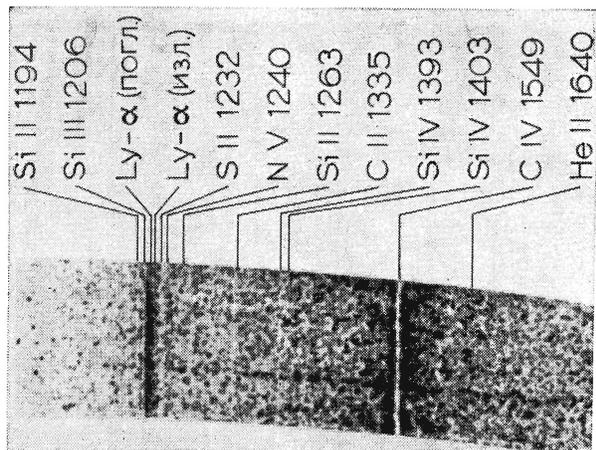


Рис. 10. Спектр слабого квазара примерно 19-й звездной величины, зарегистрированный с помощью усовершенствованного каскадного преобразователя

ные — в видимой области, где чувствительность их в несколько десятков раз выше. Каскадные преобразователи могут дать очень большое усиление, но значительный фон и плохое разрешение затрудняют применение этих приборов там, где требуется зарегистрировать сравнительно много информации, например сфотографировать изображение.

Однако прогресс вакуумной техники улучшает характеристики каскадных приборов. Усовершенствованные преобразователи изображения такого типа, работающие на основе явления вторичной электронной эмиссии*, обладают хорошей ($0,02-0,05 \text{ мм}$) разрешающей способностью. Это обстоятельство

* Вторичная электронная эмиссия — способность некоторых веществ испускать электроны при облучении их ускоренными электронами. Вещества, превращающие один первичный электрон в несколько вторичных, применяются в фотоумножителях для усиления фототока.

во позволило применить очень простой, но изящный способ уменьшения темнового тока* при спектрографировании слабых точечных объектов (рис. 10).

Как известно, спектры звезд и других точечных объектов регистрируются на астрономическом спектрографе в виде очень узкой полоски — «ниточки», поскольку изображение звезды в течение всей экспозиции держат в одной и той же точке щели. Расширить спектр, несколько смещая изображение объекта по щели, можно лишь для достаточно ярких объектов. Если за спектрографом стоит преобразователь, можно расширять спектр, двигая фотопластинку, на которой строится изображение экрана. При этом легко закрыть диафрагмой те части экрана, на

* Темновой ток преобразователя — это электроны, покидающие фотокатод включенного прибора, на который не подано изображение. Так же как и фотоэлектроны, они вызывают свечение экрана.

которых нет изображения спектра. В результате темновой ток с этих участков экрана зарегистрирован не будет, что значительно улучшит отношение сигнала к шуму. Но и в этом случае возможности обнаружения слабых объектов определяются проходящим в щель излучением ночного неба и зависят от качества изображения звезды, даваемого телескопом.

Основные характеристики применяемых в настоящее время в астрономии преобразователей изображения для видимой области спектра приведены в таблице. Значения усиления в таблице даны без учета разрешающей способности, последняя приведена в системе, принятой при астроспектроскопических исследованиях. Область применения того или иного типа преобразователя указана на основании выполненных с его помощью исследований.

Рассматривая перспективы развития усилителей изображения, ограничимся лишь вакуумными системами, похожими на современные электронно-оптические преобразователи. Сюрпризов здесь следует ждать от физики твердого тела, давшей пока один, но зато великолепный приемник изображения — фотоэмульсию.

Что касается преобразователей изображения, то их усовершенствование связано с улучшением разрешающей способности. Это может привести к тому, что удастся значительно увеличить рабочее поле этих приборов без изменения его геометрических размеров. Тогда можно будет работать с гораздо меньшей дисперсией, не ухудшая спектрального раз-

Параметры преобразователя	Тип преобразователя			
	простой	контактный	каскадный	
			обычный	усовершенствованный
Усиление	1	20—50	100—10 000	10 000
Разрешение, мм	0,05	0,05	0,01—0,2	0,05
Фон	(несколько десятков темновых электронов с $см^2$ фотокатода в секунду)	мал	велик (несколько тысяч электронов с $см^2$ фотокатода в секунду)	велик, но может быть уменьшен специальными мерами
Применение	яркие спектры, изображения, вспомогательные наблюдения	спектры, изображения	яркие спектры с малыми экспозициями, изображения, кинематографирование	спектры

решения, и применять более короткофокусные телескопы. Усиление, по-видимому, увеличено не будет, так как оно уже достигло предела (регистрируется каждый отдельный фотоэлектрон). Просто станет более ясно, с каким усилением какой объект регистрировать, чтобы не те-

рять информацию. Не исключено, что для выявления малоконтрастных деталей оптимальное усиление окажется весьма небольшим, как у недавно разработанной фотоэмульсии с меньшей чувствительностью, но большей информационной эффективностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕДНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Остановимся теперь на некоторых результатах, полученных в нашей стране с помощью электронно-оптических преобразователей. Довольно большое количество исследований с многокаскадными трубками, выполненных на Крымской обсерватории, выявило трудности применения этих приборов, характеризующихся большим усилением, но плохой разрешающей способностью и значительным фоном для фотографирования слабых объектов. Однако в ряде случаев они оказались незаменимыми. Так, с их помощью было

налажено фотографирование спектров вспыхающих звезд с очень небольшими, буквально секундными экспозициями. Эти наблюдения впервые показали, как меняется спектр во время вспышки этих интересных переменных звезд. Наблюдения велись на 260-сантиметровом рефлекторе Крымской обсерватории. При использовании других преобразователей или обычной фотографии подобное спектрокинематографирование, по-видимому, невозможно.

В Государственном астрономическом институте име-

ни П. К. Штернберга ведутся работы с контактными электронно-оптическими преобразователями. Этими приборами, обладающими малым фоном, можно наблюдать как спектры, так и слабые изображения. Спектрограф с такой трубкой, установленный на 125-сантиметровом рефлекторе ГАИШ, позволяет зарегистрировать за 2 часа с дисперсией 250 Å/мм спектр звезды или галактики 17-й звездной величины. На имеющихся в нашем распоряжении фотоматериалах это совершенно исключается. Переход к лучшим фотоэмульсиям, вероятно, даст возможность получать такие же спектры за меньшее время, но фотографирование более слабых объектов затрудняется плохим качеством телескопического изображения; спектрографирование приходится вести с шириной щели в 3", что делает фон неба весьма сильным. В программу наблюдений на этой установке включено спектрографирование нескольких квазаров, сейфертовских и радиогалактик. Спектры радиогалактик 390.3 и Наго № 8 приведены на рис. 11. На обоих спектрах видны небулярные линии и линия ночного неба 5577 Å. Красное смещение объектов различно: 17 000 км/сек и 3500 км/сек, поэтому различно расстояние самой яркой линии спектра — линии дважды ионизованного кислорода с длиной волны около 5000 Å — от линии ночного неба 5577 Å. Подобная аппаратура на телескопе, диаметром около 2,5 м, дающая хорошие (около 1") изображения, позволила бы регистрировать на современных фотоматериалах спектры объектов 19-й звездной вели-

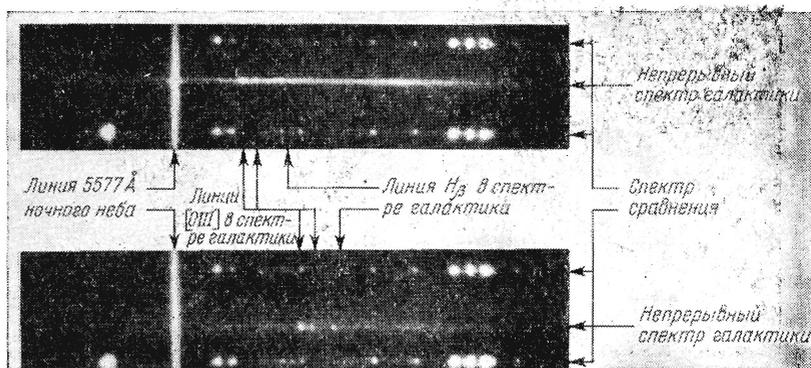


Рис. 11. Спектры слабых радиогалактик 390.3 (вверху) и Наго № 8 (внизу), полученные с помощью контактного преобразователя

чины за 2—3 часа. Интересны возможности такого спектрографа на меньших инструментах. На 70-сантиметровом телескопе (АЗТ-8) удалось бы фотографировать звезды и галактики 15-й звездной величины, на 50-сантиметровом (АЗТ-14) — объекты 14-й звездной величины. Применение подобной техники безусловно расширит тематику работ тех наших обсерваторий, которые еще не имеют крупных телескопов.

Результаты электронно-оптических работ наглядно показывают, насколько высококачественными должны быть астрономические телескопы. В первую очередь необходимо, чтобы телескоп давал как можно более резкое изображение звезды. Что касается наблюдения протяженных объектов, то ограничения со стороны телескопа здесь не так существенны, и электронно-телескопическая техника в сочетании с хорошими спектрографами достаточно эффективна. Особенно успешным оказалось использование в качестве спектрографов эталонов Фабри — Пе-

ро*. Система эталон — преобразователь позволила получить гораздо больше сведений о внутренних движениях в газовых туманностях, чем классические методы. Эталон в сочетании с преобразователем может применяться и как узкополосный светофильтр. С его помощью оказалось возможным фотографирование туманностей в таких узких участках спектра, которые до сих пор применялись только в гелиофизике. На рис. 12 — два снимка газовой туманности NGC 6618, полученные в интервалах скоростей, отличающихся на несколько десятков километров в секунду. Видно, как отдельные части, казалось бы ничем не выделяющейся туманности, движутся относительно друг друга с довольно значительными скоростями.

Инфракрасные спектры ночного неба систематически

* Эталон Фабри — Перо представляет собой две полупосеребрённые параллельные пластинки. С его помощью можно выделить отдельные спектральные линии, так как длина волны пропускаемого им света сильно зависит от угла падения.

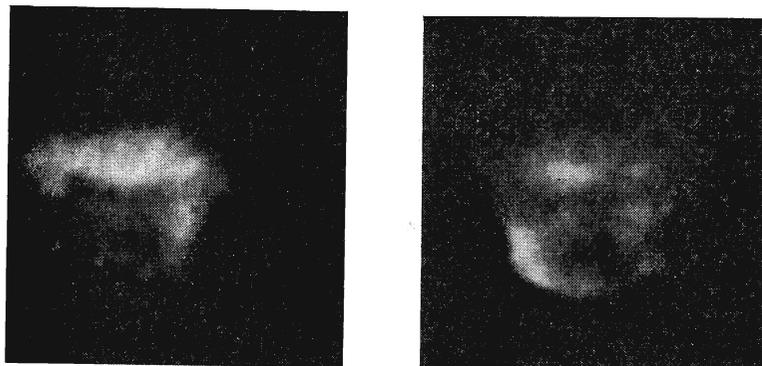


Рис. 12. Снимки туманности NGC 6618 в участках спектра, соответствующих различным лучевым скоростям

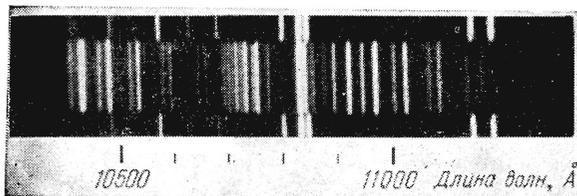


Рис. 13. Инфракрасный спектр ночного неба в области 10 500—11 000 Å, полученный на контактном преобразователе



ИНФРАКРАСНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Уже более 30 лет продолжают поиски гипотетических протозвезд с температурой около 1000°K , которые, как предполагают астрономы, образуются из облаков межзвездного вещества под воздействием гравитационного сжатия. Такие объекты должны испускать мощное излучение в инфракрасном диапазоне и очень слабое — в диапазоне видимого света.

Фотографирование отдельных участков неба через светофиль-

ры позволило обнаружить несколько тысяч звезд, которые на волне 8500 Å (близкая инфракрасная область) оказались по меньшей мере на четыре звездные величины ярче, чем на волне 6800 Å . Подобные исследования проводил Ч. Хетцлер в Йеркской обсерватории, а позднее Э. Аро и Х. Чавира на мексиканской обсерватории Тонантинтла. Все наиболее «красные» звезды, найденные ими, вероятно, принадлежат к классу холодных долгопериодических пе-

фотографируются на спектрографах с контактными преобразователями на нескольких геофизических обсерваториях. Один из спектров показан на рис. 13. Сравнивая его со спектром на рис. 5, можно убедиться в значительном совершенствовании приемников изображения.

Электронной телескопии мы обязаны обнаружением важных характеристик линии излучения ночного неба H_α . Было, например, открыто значительное усиление этого излучения в утренней полусфере ночного неба.

Таким образом, электронно-телескопические методы начинают играть довольно значительную роль в современной наблюдательной астрофизике. И, по-видимому, уместно вспомнить слова М. В. Ломоносова: «Но я не сомневаюсь, что где есть свет, как бы он ни был слаб, с помощью некоторого оптического инструмента можно много яснее различать предметы...» *.

ременных звезд, прототипом которых является хорошо известная переменная звезда Мира Кита (см. «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 58). Но ни одну из них нельзя было назвать «истинно» инфракрасной протозвездой.

Группа астрономов Калифорнийского технологического института попыталась обнаружить очень холодные звезды в диапа-

* М. В. Ломоносов. Полное собрание сочинений, 4, стр. 115.

зоне волн более микрона (10 000 Å). Инфракрасный телескоп и фотометр, которые предназначались для обзора неба, были установлены на обсерватории Маунт Вилсон и работали на длинах волн 22 000 и 8500 Å. В инфракрасном диапазоне излучение двух наиболее красных звезд, открытых в нескольких градусах от ассоциации Лебедь VI, соответствует излучению «черного тела» с температурой около 1000° К, но по спектральному классу эти звезды относятся к сверхгигантам с температурой приблизительно 7000° К. Расхождение между кажущимися температурами «черного тела» и действительными температурами, выводимыми из наблюдаемых интенсивностей спектральных линий, объясняется избирательным поглощением в плотных межзвездных облаках. Эти облака непрозрачны на коротких волнах, и подобный «межзвездный фильтр» превращает любую звезду в кажущуюся инфракрасную.

«Ложные» инфракрасные звезды в основном сконцентрированы в плоскости нашей Галактики, больше всего их сосредоточено по краям плотных темных туманностей в Млечном Пути. Вероятно, очень заметное покраснение подавляющего большинства новооткрытых звезд вызвано межзвездным веществом, находящимся преимущественно в галактической плоскости на полпути между Землей и источником света.

По-видимому, очень интенсивное поглощение в центрах темных туманностей приводит к тому, что «красные» звезды «проглядывают», главным образом, по краям межзвездных облаков, служащих «межзвездными фильтрами». Это означает, что темные туманности плотнее и непрозрачнее, чем считалось раньше.

Как же выделить «истинные» инфракрасные звезды, как отождествить их?

Мексиканский астроном А. Поведа высказал гипотезу о том, что на первоначальном этапе развития солнечной системы вещество, из которого сформировались планеты, образовало вокруг Солнца сфероидальную туманность. Фактически можно предположить, что все звезды после того как они сконденсируются, должны быть окружены плотными «остаточными» туманностями, которые могут развиваться в планетные системы. Протопланетное облако, вероятно, состоит из относительно небольших частиц размером порядка 1—20 мк и почти полностью непрозрачно для видимого света. Подсчитано, что если массу, содержащуюся в нашей планетной системе, разделить на маленькие частицы и распределить в виде однородного около-солнечного облака, эти частицы почти полностью воспрепятствуют распространению солнечного излучения, и Солнце превратится в «кажущуюся» инфракрасную звезду. В зависимости от условий, инфракрасное излучение может соответствовать излучению «черного тела» с температурой 400—1000° К. Система «развивающаяся звезда (с температурой 5000—8000° К) и ее протопланетное облако» будет представлять собой «истинную» инфракрасную звезду именно такого типа, который ищут астрономы.

А. Поведа предсказал, что звезды типа Т Тельца, возможно, являются очень яркими в инфракрасном диапазоне благодаря окружающим околозвездным допланетным облакам, переизлучающим инфракрасный свет и имеющим температуру порядка 500° К. Мексиканский астроном Э. Мендос измерил яркость этих звезд

в диапазоне волн от 5 мк до ультрафиолетовых и обнаружил, что соответственно предсказанию А. Поведы все они слишком ярки в инфракрасных лучах, чтобы это согласовывалось с их наблюдаемыми спектральными классами в оптическом диапазоне. Как подтвердил американский исследователь Ф. Лоу, почти вся энергия, например, звезды R Единорога (см. «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 58) излучается в инфракрасном диапазоне, причем это инфракрасное излучение не согласуется с ее спектром (приблизительно солнечного типа) в видимых лучах. Таким образом, наблюдения звезды R Единорога и других звезд типа Т Тельца, проведенные в далекой инфракрасной области, а также теоретические объяснения этих наблюдений предполагают, что огромное количество или даже большинство звезд типа Солнца могут иметь планетные системы.

Итак, поиск очень «холодных» звезд привел к открытию долгопериодических звезд, относящихся к типу Миры Кита, вероятно, самых «холодных» из известных до сих пор; плотных и крайне непрозрачных темных межзвездных туманностей Млечного Пути, служащих, возможно, «местом размножения» звезд; окружающих молодые горячие звезды «остаточных» околозвездных холодных облаков, которые, возможно, могут представлять собой планетные системы, находящиеся на раннем этапе своего развития.

Если подобная интерпретация верна, то большинство звезд типа Солнца должно иметь планетные системы, причем некоторые из них, очевидно, аналогичны нашей планетной системе.

«Science», 157, 3789, 1967.



ВУЛКАН КИЛАУЭА

5 ноября 1967 г. на Гавайских островах произошло извержение Килауэа. Начиная с апреля 1967 г. многочисленные приборы, установленные в этом районе, указывали на повышенную вулканиче-

скую активность, а в конце года регистрировали уже от 200 до 400 подземных толчков в сутки.

В начале извержения поднялся лавовый фонтан высотой около 70 м. Каждый час с глубин 40—65 км выбрасывался поток лавы примерно в 2 млн. м³. На дне

кратера образовалось лавовое озеро. В период извержения продолжавшегося 23 часа, на поверхность было выброшено примерно 35 млн. м³ лавы. За пределы кратера лава не излилась.

«Science News», 92, 21, 1967, 487.

Физика и метафизика неопознанных летающих объектов*

В. МАРКОВИЦ,
профессор

Последнее время в редакцию нашего журнала поступают письма, авторы которых интересуются неопознанными летающими объектами или «летающими тарелками». Эта проблема неоднократно освещалась в советской печати, в частности, была опубликована статья в газете «Правда» от 29 февраля 1968 г. Редакция журнала считает небесполезным ознакомить читателей также и с мнением по этому вопросу известного американского астронома и профессора физики Маркветского университета В. Марковица. (штат Висконсин)

Возможность существования жизни на других планетах солнечной системы или в других звездных системах — вопрос, интересующий многих. Вполне допустимо, что существуют цивилизации, технически более развитые, чем наша.

В последние годы появились многочисленные сообщения о летающих объектах неизвестного происхождения. Некоторые лица полагают, что эти неопознанные летающие объекты (НЛО) или пилотируются внеземными существами — пассажирами космических кораблей, или управляются по радио внеземными существами, высадившимися на Луну или другую планету. Но многие в этом сомневаются.

* «Science», 157, 3795, 1967. Статья печатается с сокращениями в переводе В. И. Скурлатова

Директор Дирборнской обсерватории Северо-западного университета Дж. Хайнек в журнале «Science» (154, 3747, 1966) призвал физиков и философов к научному исследованию наиболее загадочных случаев появления НЛО. Он отметил, что, вопреки распространенному убеждению, наиболее достоверные сообщения о НЛО исходят от квалифицированных наблюдателей, часто выступающих анонимно, и что много наблюдений НЛО выполнено вблизи, и их изображения отнюдь не расплывчаты. Между тем тот же Хайнек, бывший около 20 лет научным консультантом американских ВВС, писал в «Британской Энциклопедии», что от квалифицированных наблюдателей не поступало никаких сообщений о НЛО и выражал удивление, что «космический корабль» обнаруживает себя перед случайными наблюда-

телями, но ловко избегает контактов с компетентными специалистами.

Я много лет занимаюсь проблемой полетов космических кораблей с точки зрения небесной механики и физики. После появления в печати призыва Хайнека я решил провести новое исследование динамики полета и сравнить полученные результаты с опубликованными ранее сообщениями о НЛО и сообщениями, которые приводит Хайнек.

Аристотель называл изучение природных явлений «физикой», а все остальное относил к другой области — «метафизике», что значит «по ту сторону физики». Подобную терминологию буду употреблять и я. Вначале я рассмотрю физику, когда законы физики выполняются. Затем я проанализирую случаи, когда законы физики не выполняются. Темой особого изучения будет вопрос, нахо-

дятся ли НЛО под контролем внеземных существ.

ЗАКОНЫ ФИЗИКИ

Законы физики, которые я имею в виду, изучаются в любом учебном заведении и лежат в основе автомобильной, космической и атомной техники. В их число входят элементарные законы небесной механики и физики, а также частной теории относительности. Перечислю некоторые из этих законов:

1. Каждое действие должно вызывать равное и противоположно направленное противодействие;

2. Каждая частица во Вселенной притягивает другую частицу с силой, пропорциональной квадрату расстояния частиц и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними;

3. Справедливы законы сохранения энергии, массы и количества движения;

4. Никакое материальное тело не может иметь скорость больше скорости света;

5. Максимальная энергия, которой может обладать тело с массой покоя m , равна $E = mc^2$, где c — скорость света.

Если кто-нибудь вздумает отбросить эти законы, я не буду спорить. Посмотрим, однако, к каким следствиям можно прийти, если принять их.

ПРИНЦИПЫ ПОЛЕТА — СКОРОСТЬ, ЭНЕРГИЯ, ТЯГА

Законы небесной механики, которые управляют полетом тел под действием силы тяжести, были провозглашены И. Ньютоном в 1687 г. Они до сих пор незыблемы

Скорость	$E_{ка}$ (дж/кг)	Экспедиция
8 км/сек	3×10^7	околоземная орбита; период 90 минут
13 км/сек	8×10^7	до Луны и обратно; $t=1$ неделя
20 км/сек	2×10^8	до ближайших планет и обратно; $t=3$ года
100 км/сек	5×10^9	до α Центавра и обратно; $t=25\ 000$ лет
0,5 с	1×10^{16}	до α Центавра и обратно; $t=17$ лет; $\tau=15$ лет
$(1-10^{-11})$ с	2×10^{22}	до туманности Андромеды и обратно; расстояние 2×10^6 лет; $t=4 \times 10^6$ лет; $\tau=18$ лет

$E_{ка}$ — кинетическая энергия на килограмм массы покоя. Продолжительность путешествия туда и обратно для жителей Земли равна t , а для пассажиров космического корабля — τ .

для скоростей движения, которые малы по сравнению со скоростью света. При больших скоростях мы должны использовать нововведения А. Эйнштейна, т. е. уравнения теории относительности.

Динамика полета ракет интенсивно изучалась за прошедшие 40 лет. В таблице приводятся численные значения скоростей, относительной энергии и продолжительности полета различных гипотетических экспедиций.

Необходимой скорости можно достичь постепенно, при ускорении a , которое в поле тяготения равно:

$$a = (\text{тяга} - \text{вес}) / \text{масса}.$$

Вес корабля не играет роли, когда он в космосе, но важен при запуске и посадке. Вся генерируемая энергия тратится напрасно до тех пор, пока тяга не будет больше веса корабля.

Космический корабль может развивать тягу только теряя массу. Растрачиваемая масса состоит из частиц вещества, скорость которых меньше скорости света, или фотонов, которые движутся со скоростью света. Тяга равна:

$$F = \dot{m} \cdot v_u,$$

где \dot{m} — секундный расход массы, v_u — скорость истечения вещества относительно ракеты.

Пусть v — скорость ракеты в неподвижной системе координат, $S = v/v_u$ и R — отношение начальной массы к конечной. Если отсутствует тяготение, а $v_u < c$, справедливо уравнение:

$$R = e^S.$$

Скорость v может превысить v_u , но R станет практически слишком большим, если S достигнет 2. В многоступенчатых ракетах S может достичь 5.

Возьмем для примера космический корабль «Аполлон». Он предназначен для доставки трех человек на орбиту вокруг Луны, прилунения двух из них и возвращения всех на Землю за время около одной недели. Характеристики корабля: высота 110 м, масса на стартовой площадке 3000 т, начальная тяга около 3,3 т ($3,3 \times 10^7$ ньютонов), начальное ускорение 0,15 g, ускорение после сбрасывания первой ступени 4 g, расход топлива первой ступени 14 т/сек в течение 150 секунд, скорость истечения вещества

относительно ракеты 2,5 км/сек, масса возвращающегося на Землю отсека 5,4 т.

Итак, требуется 550 кг стартовой массы на каждый килограмм, запущенный к Луне и возвращенный обратно. Это отношение масс значительно возрастет для любой подобной экспедиции даже к таким близким планетам, как Марс или Венера. Одной единственной ракеты «Сатурн-5», несмотря на ее большие размеры, для осуществления такого путешествия недостаточно.

Пилотируемые межпланетные полеты будет очень трудно осуществить с помощью ракет, работающих только на химическом топливе. Поэтому сейчас исследуются возможности использования ионных двигателей и атомных энергетических установок, когда космический корабль будет выведен химическими ракетами на межпланетную орбиту.

Значение v_u при химических реакциях мало (около $8 \times 10^{-6}c$). Теоретически можно использовать ядерные реакции для достижения более высоких скоростей. Продукты деления U^{235} имеют скорости порядка 0,03c. Если удастся осуществить термоядерную реакцию синтеза водорода в гелий, то скорость гелия составит 0,12c. Остается чисто практическая проблема — проблема разлетающихся во всех направлениях продуктов синтеза.

В случае фотонных ракет при реакции аннигиляции фотоны гамма-излучения со скоростью света разлетаются во всех направлениях. Если это излучение сфокусировать, а эффективность процесса будет 100-процентной, то выполнимо следующее

уравнение:

$$R = \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

Путешествие к другой звезде и возвращение обратно потребует двух ускорений и двух замедлений. Общее отношение масс должно быть $Q = R^4$. Для $v = 0,5c$, $Q = 9$, для $v = 0,9c$, $Q = 361$. Если же экспедиция посетит три звезды и вернется обратно, то отношение масс достигнет R^8 .

Тяга при использовании аннигиляции равна $F = mc$, где m — скорость аннигиляции. Мощность равна $P = mc^2$. Отношение мощности к тяге составляет $P/F = c$, и 3×10^8 вт должно генерироваться на каждый ньютон тяги.

Для взлета с Земли космического корабля массой 5000 кг (вес 49 000 ньютонов) с ускорением 1 g требуется мощность около 3×10^{13} вт. (Это почти в 30 раз больше мощности электрической энергии, вырабатываемой сейчас во всем мире.) Если бы 3×10^{13} вт излучились с площади 10 м², то температура поверхности, согласно закону Стефана — Больцмана, достигла 85 000° С. Необходимы рефлекторы, чтобы отбросить излучение назад, но они испарились бы, поглотив всего лишь 1% излучения. На эту фундаментальную трудность межзвездных полетов указал в 1952 г. Л. Шеферд.

Возможность использования межзвездного вещества в качестве топлива была исследована Дж. Пирсом и оказалась неосуществимой.

Мы предположили выше, что сможем управлять превращением массы в энергию (в том числе делением и син-

тезом ядер и аннигиляцией) с помощью оборудования, вес которого ничтожен. Даже если это удастся сделать, все равно останется основная проблема фокусировки движений частиц или излучения. При требуемых скоростях частицы или излучения взаимодействовали бы с атомами корпуса ракеты; от них нельзя так легко избавиться, как от продуктов сгорания в двигателях, работающих на химическом топливе.

СРАВНЕНИЕ ТЕОРИИ С СООБЩЕНИЯМИ

В опубликованных сообщениях о НЛО обычно описывают парящие тела, находившиеся далеко от наблюдателя. При таких условиях наблюдений можно получить сведения только об угловых диаметрах и угловых скоростях, но не о массах, линейных размерах или линейных скоростях НЛО. Радиолокационные измерения также не позволяют определить ни массу, ни линейные величины. Поэтому наблюдения удаленных летающих объектов не могут дать ответ на вопрос, соблюдают или нет НЛО законы физики. Я не буду делать обзоры наблюдательных данных по НЛО и тем более не буду пытаться объяснить их. Я согласен, что НЛО существуют. Однако остается проблема — контролируются ли эти объекты внеземными существами.

Если внеземной космический корабль благополучно приземлился и вновь поднялся в воздух, то тяга должна, по меньшей мере, вдвое превышать его вес. Это требование является

критическим при сравнении сообщения о НЛО с физической теорией.

В опубликованных сообщениях, как правило, описываются объекты от 5 до 100 м в диаметре, способные приземляться и взлетать без помощи каких-либо известных ракетных двигателей. Никогда не сообщалось о каком-либо сходстве НЛО с гигантскими устройствами, запускаемыми на мысе Кеннеди. Если для создания тяги применялась атомная энергия, то почва должна была нагреваться при взлете или приземлении НЛО до $85\,000^\circ\text{C}$, а продуктов ядерного распада должно быть не меньше, чем при взрыве атомной бомбы. Такого ни разу не происходило. Следовательно, если законы физики справедливы, то наблюдаемые НЛО не являются космическими кораблями, управляемыми внеземными существами.

НЕОПУБЛИКОВАННЫЕ СООБЩЕНИЯ

20 декабря 1966 г. я обратился к Хайнеку с просьбой дать сведения о посадках и взлетах НЛО, которыми он располагает. Он ответил, что не имеет достоверных сообщений о приземлениях и взлетах. В телефонном разговоре со мной он также сказал, что не располагает сообщениями о случаях, когда надежный свидетель посетил космический внеземной корабль или разговаривал с его пассажирами. В письме ко мне Хайнек утверждает:

Подытоживаю свой ответ на Ваш запрос: случаи, о которых я упоминал в «Science», не имеют отношения к посадкам и взлетам, за исключением, возможно, происшествий в Сокорро, Нью-

Мексико, которое с количественной точки зрения мало полезно. Чтобы получить нужную Вам информацию, надо было бы потратить несколько месяцев на изучение более 10 000 случаев. Если бы Военно-Воздушные Силы много лет тому назад приняли мои рекомендации хранить и обрабатывать этот материал с помощью вычислительных машин, то мы могли бы в несколько секунд получить всю информацию для Вас в систематизированном виде.

Конец письма озадачивает. Я не интересовался данными, находящимися в распоряжении ВВС, — меня интересовали только случаи, которыми располагает сам Хайнек.

Однако, решив довести дело до конца, я позвонил майору Г. Квинтанилла, руководителю группы по слежению за небом американских ВВС. Он сказал мне, что не знает ни одного случая, ни одного служебного сообщения о приземлении и взлете НЛО. Его комментарий на случай в местечке Сокорро, который он представил к опубликованию в печати, гласит:

Заключение: Исследователи из Райт-Паттерсон не смогли идентифицировать или определить тип летательного аппарата или объекта, виденного мистером Лонни Замора 24 апреля 1964 г. в Сокорро, Нью-Мексико. Объект или летательный аппарат обладал полетными характеристиками, не противоречащими здравому смыслу, и наблюдения нельзя объяснить атмосферными или астрономическими явлениями. Я могу только категорически утверждать, что летательный аппарат или объект, виденный мистером Лонни Замора, не был межпланетным космическим кораблем, посетившим планету Земля. Вопрос все же остается открытым, и исследования продолжаются.

МЕТАФИЗИКА

Предположим теперь, что законы физики не справедливы.

Часто выдвигается идея, что внеземные существа научились управлять гравитационным полем. Однако, поскольку инерция неустранима, двигатель должен развивать тягу, достаточную для приобретения ускорения.

Если изолировать поле земного тяготения, то подъем аппарата будет очень медленным из-за сопротивления воздуха, а также потому, что аппарат начнет двигаться по прямой линии, касательной к поверхности Земли (ведь сама Земля продолжала бы вращаться вокруг Солнца). В фантастическом романе «Первые люди на Луне», написанном Г. Уэллсом в 1900 г., антигравитационная защита была использована для того, чтобы устранить притяжение Земли, но не Луны. Начальное ускорение было бы в таком случае около $3,5 \times 10^{-6}g$, но сообщения о НЛО не подтверждают такие оценки.

Мы можем согласовать сообщения о НЛО с предположением о контроле над ними внеземных существ, лишь наделив эти существа различными магическими свойствами. К таким свойствам относятся «телепортация» (мгновенное перемещение материальных тел между планетами и звездами), создание «силовых полей» для передвижения космического корабля и двигателя, который нарушает третий закон Ньютона о равенстве действия и противодействия. Действие без противодействия означает, в частности, что человек может поднять себя за шнурки ботинок. Любой, кто захочет, волен признавать такие магические свойства, — я этого сделать не могу.

ПОЛУМАГИЯ

Предлагаемые некоторыми учеными полумагические гипотезы частично основываются на обычных физических законах, но допускают нечетко сформулированные магические свойства. Главный мотив гипотез — рассуждение о том, что благодаря использованию атомной энергии и релятивистскому замедлению времени возможно все что угодно. Однако на практические трудности превращения материи в энергию на борту космического корабля, связанные с безопасностью полета пассажиров на таком корабле, обращается мало внимания. Допускают, что физические процессы при этом происходят со 100-процентной эффективностью, а сложнейшее оборудование никогда не выйдет из строя. В результате появились гипотезы о межгалактических путешествиях, о базах внеземных цивилизаций на обратной стороне Луны и т. п.

Межгалактические путешествия едва ли осуществимы. Пройдет в самом лучшем случае около 4 млн. лет между отправлением космического корабля к ближайшей галактике и его возвращением. Пусть скорость космического корабля составляет 0,999 999 999 99с. Предположим, что тяга будет достигнута благодаря сбору межзвездного водорода с площади в несколько тысяч квадратных километров и превращению его в гелий. Но при такой скорости частичка межзвездной пыли диаметром $2,5 \times 10^{-3}$ мм столкнется с космическим кораблем, обладая кинетической энергией 3×10^8 дж. (Кинетическая энергия автомобиля весом

2000 кг и скоростью 100 км/час равна 8×10^5 дж.) Энергия же столкновения протона будет 2×10^{14} эв. Маловероятно, что космический корабль и его обитатели останутся при этом в целостности и сохранности.

МЕЖЗВЕЗДНАЯ СВЯЗЬ

Обсудим теперь вопрос: пытаются ли установить внеземные существа связь с нами путем межзвездных полетов или радиосигналов? Первое, по-видимому, невозможно, второе — вполне вероятно.

Получим ли мы когда-нибудь радиосигналы от разумных существ с другой планеты вне нашей солнечной системы — зависит от расстояния до ближайшей цивилизации, представители которой способны их посылать. Если расстояние меньше 100 световых лет, мы сможем «поймать» сигнал. Если расстояние больше 1000 световых лет, то отношение сигнала к шуму может быть слишком мало. Пока проведен лишь один эксперимент по поиску внеземных посланий — проект «Озма». Эксперимент «Озма» дал отрицательный результат (и в этом его ценность!).

Значительные усилия прилагались к разработке методов передачи информации с помощью радиоволн. Предложены также замечательные методы передачи видеoinформации. Но даже если контакт будет установлен, то обмен информацией не будет быстрым из-за больших расстояний между звездами. Сотни лет могут потребоваться для одного контакта.

Было проведено много статистических подсчетов о вероятности распространения

разумной жизни. Математические выкладки непроверяемы. Но справедливы ли исходные предположения? Мы не знаем, например, возникнет ли на той или иной планете разумная жизнь, способная передавать радиосигналы. Мы не знаем, будем ли мы когда-нибудь поддерживать связь с планетами других звезд, так как мы не можем вычислить точно, где существует разумная внеземная жизнь.

ОТСУТСТВИЕ ОЧЕВИДНОСТИ

Если внеземные существа не связаны законами физики и действительно посещают нас, то мы, как и следует ожидать, должны видеть либо их, либо их космические корабли. Но ни один внеземной корабль или его пассажир ни разу не были представлены ни Конгрессу США, ни какому-нибудь государственному учреждению, ни научному обществу; не существует ни одного достоверного сообщения о том, что кто-нибудь общался с внеземным пришельцем; никогда не оставалось никаких следов после приземления или взлета внеземных космических кораблей, несмотря на тысячи наблюдавшихся «приземлений».

Если разделять веру в возможность межзвездных путешествий, то весьма трудно объяснить, почему пришельцы не сделали ни одной попытки установить связь с нами после экспедиции, которая, по-видимому, продолжалась десятки, сотни или тысячи лет. Мы должны были бы ожидать, что пришельцы вступят с нами в контакт, сфотографируют нас вблизи и подробно нас изучат,

прежде чем отправятся в долгий обратный путь.

Хайнек объясняет отсутствие контакта, задавая вопрос: «С какой стати внеземные пришельцы должны пытаться устанавливать с нами связь?». По его словам, мы бы сами, например, лишь наблюдали новый вид кенгуру в Австралии, не пытаясь вступить в контакт с ним. Это объяснение неудовлетворительно. Разумные человеческие существа несравнимы с кенгуру. Более подходящий пример дал Колумб. Когда он высадился в Новом Свете, он установил контакт с туземцами.

ТВЕРДО УСТАНОВЛЕННЫЕ СЛУЧАИ

Призыв к исследованию НЛО сделан Дж. Хайнеком, директором Дирборнской обсерватории Северо-западного университета и его двумя коллегами У. Поуэрсом и Ж. Валле прежде всего на основе «твердо установленных» случаев. Такими случаями считаются сообщения квалифицированных свидетелей, которые нельзя объяснить как наблюдения шаров-зондов, спутников и метеоров. Но ни один выбранный Хайнеком случай не был опубликован ни в одном научном журнале. Что же касается опубликованной информации, то она содержит противоречия.

Статья Хайнека, напечатанная в «Saturday Evening Post» (17 декабря 1966 г.), сопровождается четырьмя фотографиями «летающих тарелок». Под тремя имеются подписи, но в тексте нет никаких комментариев или ссылок на эти фотографии. На одной из них изображен НЛО, наблюдавшийся в Сицилии в 1957 г. Эта же фото-

графия приведена в книге Д. Мензела и Л. Бойда «Мир летающих блюд» (1963 г.), которые разоблачили ее как подделку.

В письме в «Science» от 7 апреля 1967 г. Поуэрс упоминает о «наших лучших 500 или 600 сообщениях» и говорит, что «в 1954 г. свыше 200 сообщений со всего мира были посвящены приземлению объектов, многие из которых были обитаемы». Поуэрс, по-видимому, не знал, что Хайнек уже информировал меня об отсутствии надежных сообщений о посадках и взлетах НЛО.

Ж. Валле — автор и соавтор ряда книг о летающих тарелках. Но в них не приводятся полные данные о сообщаемых случаях. Так, при описании «случая Чайлза — Уайттеда» от 25 июля 1948 г. в книге «Призыв к науке» отмечается, что оба пилота видели металлический сигарообразный объект около 30 м длиной с двумя рядами иллюминаторов, сверхестественно ярко освещенных; пламя его двигателя было настолько сильно, что самолет трясло. В книге не упомянуто, что Хайнек в своем докладе от 30 апреля 1949 г., представленном управлением ВВС, идентифицировал объект с метеором. Это упущение забавно по той причине, что сам Хайнек составил предисловие к книге. Валле также описывает наблюдение К. Томбо 20 августа 1949 г. геометрической конструкции. Создается впечатление, что первооткрыватель Плутона видел «летающую тарелку». Но Валле не упоминает, что сам Томбо считал этот геометрический объект оптическим эффектом, а не внеземным космическим кораблем. Наконец,

Валле уверяет, что между Меркурием и Солнцем пролегла орбита неизвестной планеты, которая была когда-то открыта, но затем пропала из поля зрения астрономов. Но он не упоминает, что С. Ньюкомб еще в 1895 г. нашел гипотезу о ее существовании малообоснованной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интерес публики к НЛО обусловлен возможностью их управления внеземными существами. Если бы не этот интерес, то не было бы никакой потребности в специальных расследованиях, проводимых Конгрессом США и научными учреждениями. Сенсационный характер НЛО породил множество статей в газетах, журналах и бюллетенях о «летающих тарелках». Дискуссии о НЛО в научных журналах, однако, очень редки, и не потому, что ученые не хотят изучать эти предметы, а из-за отсутствия сообщений в научных журналах о твердо установленных подробных и документированных случаях. Такие сообщения представили бы исходный материал, необходимый для изучения и обсуждения.

Поиск внеземной жизни — одна из наиболее интересных проблем нашего времени. Предлагаются различные методы поиска, в том числе пилотируемые и непилотируемые экспедиции на Марс. Правда, иногда ставится под сомнение целесообразность затрат больших средств на такие проекты, но, по крайней мере, эти проекты серьезны, они основываются на общепризнанных принципах физики и техники. Напротив, если допустить, что НЛО находятся под контролем

внеземных существ, то это будет противоречить общепризнанным законам физики.

Неопознанные летающие объекты в течение почти 20 лет исследовались американскими ВВС и их научными консультантами, но ни один внеземной космический корабль или его пассажир не были обнаружены. Еще в 1953 г. специальная комиссия сделала вывод, что НЛО не представляют угрозы для безопасности США. Не был обнаружен ни один факт, который мог бы оправдать проведение дополнительных

исследований. Это не означает, конечно, что пилоты самолетов, например, не видели необычных явлений. Однако эти случаи могут изучаться только после публикаций сообщений в научных журналах. Дальнейшее изучение НЛО могли бы проводить какие-нибудь заинтересованные лица или любители. В целях экономии денег и времени американские ВВС должны прекратить исследования НЛО.

Абсурдно мнение, будто ВВС США располагают информацией о внеземном происхождении НЛО. Оповеще-

ние о существовании внеземных существ дало бы такой большой престиж, что любой ученый, журналист, политик, любое правительство, не колеблясь, сразу же опубликовали бы новость. Ее нельзя удержать в секрете.

Исходя из опубликованных материалов, кажется сомнительным, чтобы какое-либо исследование изменило следующий основной вывод: предположение о том, что наблюдавшиеся НЛО контролируются внеземными существами, противоречит законам физики.



ВНЕАТМОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРОТКОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Недавно американские ученые опубликовали снимки Солнца (рис. 1 и 2) — спектрогелиограммы в линии гелия с длиной волны 304 Å (He II 304 Å). Фотографирование Солнца в лучах He II 304 Å дает возможность изучать

состояние уже не хромосферных слоев (как по линии К ионизованного кальция или линии нейтрального водорода H_α), а лежащей выше области перехода от хромосферы к короне, практически не проявляющейся в види-

мой области спектра. Напомним также, что энергия, заключенная в линии He II 304 Å, является одной из основных компонент, вызывающих ионизацию верхних слоев атмосферы Земли. Спектрогелиограммы в линии He II 304 Å

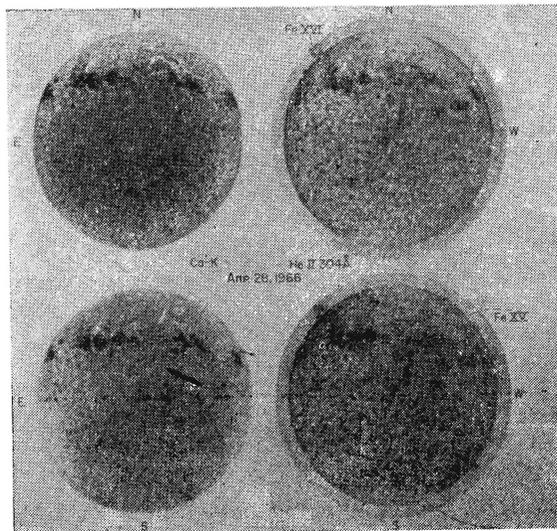


Рис. 1. Справа — две спектрогелиограммы Солнца (негативы) в линии He II 304 Å, полученные с помощью ракеты. Разрешение снимков около 10" (вместо разрешения 1—3", которого удавалось достичь раньше). Слева — спектрогелиограммы в линии К ионизованного кальция (длина волны 3934 Å), полученные за 7 часов (верхняя) и 3,5 часа до полета ракеты на обсерваториях Мак-Мас — Халберт и Маунт Вилсон. Видно хорошее соответствие деталей на солнечном диске в линиях ионизованного гелия и К ионизованного кальция. Но вместо равномерного потемнения солнечного диска к краю в лучах К ионизованного кальция, в линии ионизованного гелия 304 Å заметно лишь уменьшение интенсивности у полюсов.

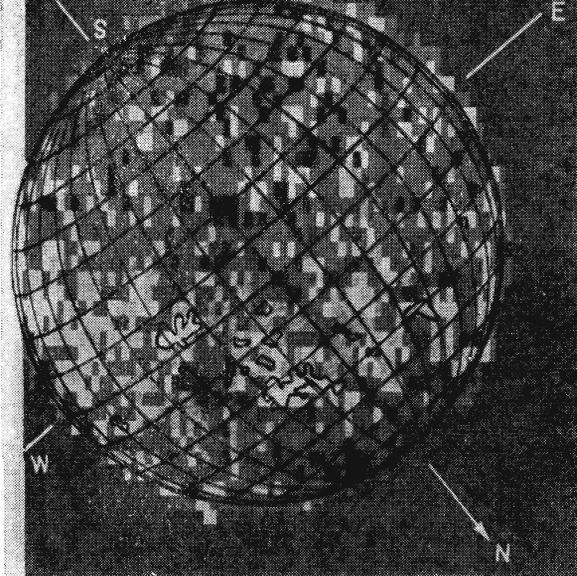


Рис. 2. Спектрогелиограмма в линии He II 304 Å, переданная со спутника OSO-II (II орбитальная солнечная обсерватория). С точностью до разрешения прибора (около 30") яркие в линии He II 304 Å области совпадают с флоккулами (областями повышенной яркости в линии К ионизованного кальция), нанесенными сплошными линиями на спектрогелиограмму

Рис. 3. Изображение внешней короны (до 13 солнечных радиусов) в белом свете, полученное при помощи коронографа, который был установлен на ракете (слева — в неполяризованном свете, справа — в лучах тангенциальной компоненты солнечного излучения). В центре снимка в том же масштабе приведена спектрогелиограмма в линии He II 304 Å. Видно, например, что прямой узкий корональный луч на северо-западе как бы «выходит» из пояса ярких активных областей в северной полушере. Длина черточек вокруг снимка пропорциональна интенсивности короны в зеленой линии 5303 Å (по данным обсерватории Норикура, Япония)

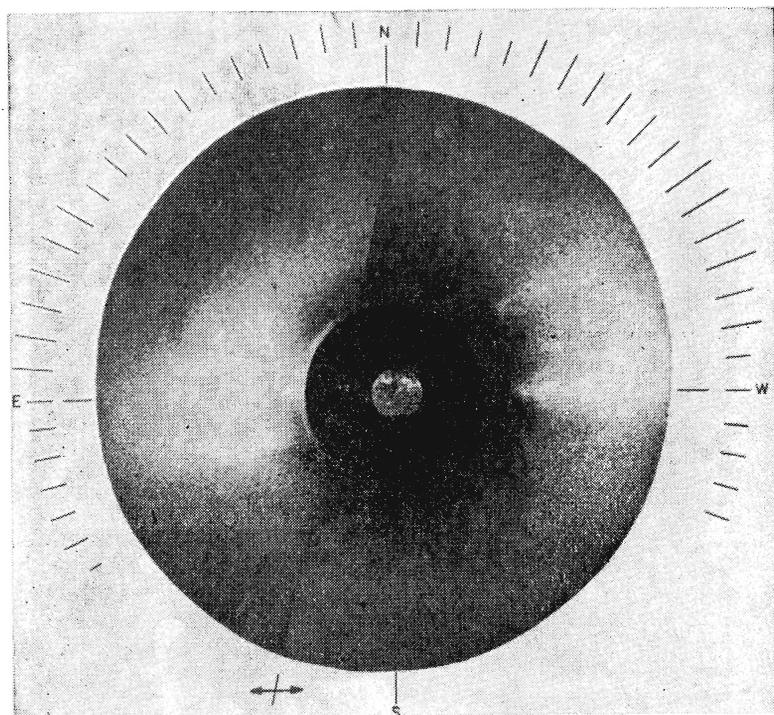
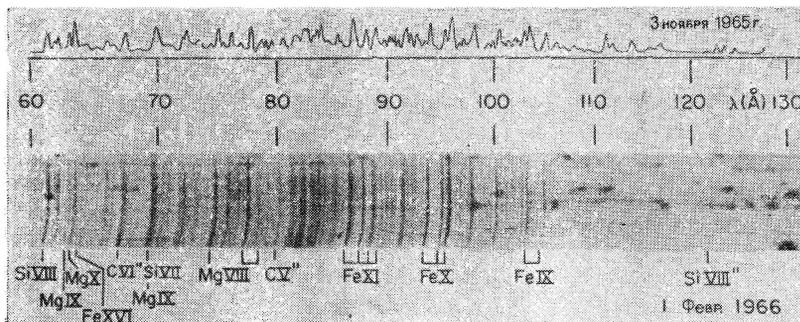


Рис. 4. Часть рентгеновского спектра со слабыми линиями, излучаемыми солнечной короной. Хорошее согласие фотоэлектрической записи и фотографического спектра свидетельствует о надежности получаемых результатов



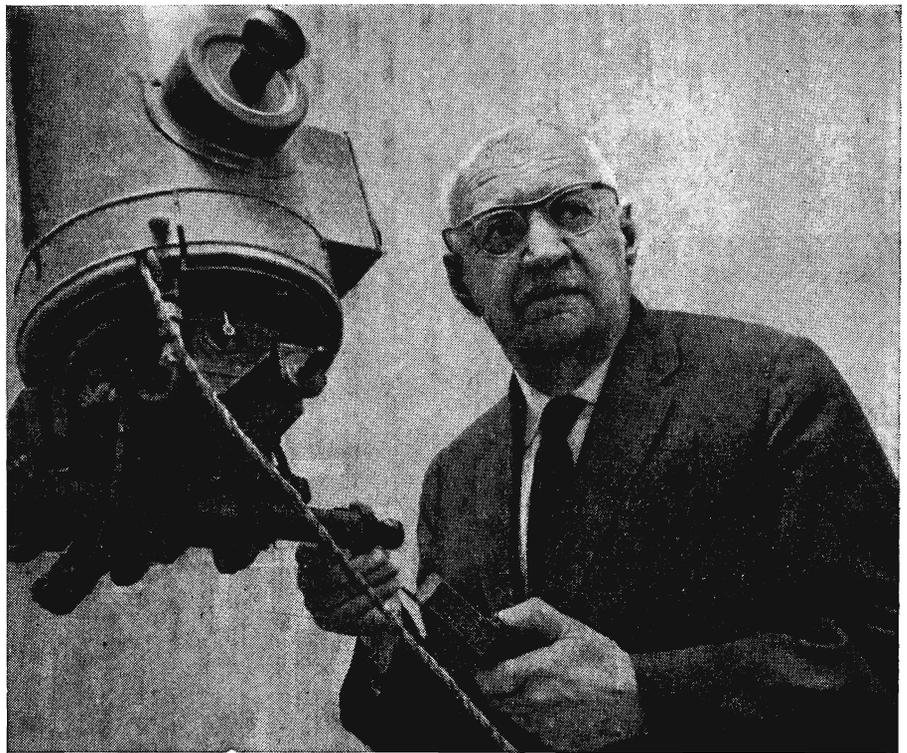
позволяют очень точно оценивать величину этой энергии.

Кроме спектрогелиограмм были опубликованы снимки солнечной короны (рис. 3) и высококачественные спектры рентгеновского излучения Солнца (рис. 4).

Полученные американскими исследователями снимки (наиболее интересные из которых приведены выше) относятся к периоду низкой активности Солнца.

«Astrophysical Journal», 149, 2, 1967.

*Александр Александрович
Михайлов*



А. А. Михайлов у телескопа

В апреле 1968 г. научная общественность нашей страны отметила 80-летие со дня рождения ученого с мировым именем, руководителя и организатора астрономической науки в СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, коммуниста — академика Александр-

ра Александровича Михайлова, удивительно многогранная и плодотворная деятельность которого снискала всеобщее уважение и признание.

Глубокая эрудиция и широкие научные интересы позволили А. А. Михайлову рабо-

тать во многих областях астрономии, геодезии и гравиметрии. После окончания с золотой медалью Московского университета, он был оставлен в университете для подготовки к профессорской деятельности. С 1914 г. Александр Александрович начал читать лекции по теории фигуры Земли и высшей геодезии, теории картографических проекций, теории затмений и некоторым разделам звездной астрономии в МГУ, МИИГАИКе, а позднее — и в Коммунистическом университете имени Я. М. Свердлова.

С 1916 г. Александр Александрович ведет работы по определению ускорения силы тяжести в ряде пунктов Московской гравитационной аномалии, Кольского полуострова и Курской магнитной аномалии. Он — один

из инициаторов и руководителей общей гравитационной съемки СССР, которая была начата в 1932 г.

С 1926 по 1931 г. А. А. Михайлов работает заместителем председателя Геодезического комитета Госплана СССР, а с 1935 по 1941 г. заведует лабораторией в Сейсмологическом институте Академии наук СССР. На протяжении многих лет он активный член Коллегии геодезии и картографии при Совете Министров СССР.

А. А. Михайлов — в полном смысле слова новатор и в практической, и в теоретической гравиметрии. Он первый в нашей стране стал использовать при маятниковых определениях силы тяжести сигналы времени, передаваемые через эфир, он первый на-



Фотография, сделанная в 1911 г.— в год окончания А. А. Михайловым МГУ. А. А. Михайлов стоит второй справа. В центре сидит профессор В. К. Цераский



Участники II съезда Всероссийского астрономического союза (1920 г.). На этой редкой фотографии запечатлены многие известные астрономы. В первом ряду слева направо: В. В. Шаронов, А. С. Миролюбова, Е. А. Натансон-Смирнова, А. В. Марков. Во втором ряду слева направо: М. Е. Егорова, А. А. Михайлов, А. А. Белопольский, А. А. Иванов, Е. Е. Нумерова, С. С. Гальперсон, И. Д. Жонголович, Б. Ю. Козловский, А. И. Аузан, Б. В. Нумеров. В последнем ряду стоят слева направо: А. А. Яковкин (второй), Н. А. Морозов (пятый), Ф. Ф. Ренц (восьмой), И. А. Балановский (десятый), и рядом с ним — С. К. Костинский

чал читать курс лекций по гравиметрии в МГУ; здесь же он разрабатывал конструкцию газового гравиметра.

Александр Александрович создал для определения фигуры Земли метод редукции силы тяжести посредством конденсации внешних масс. Помимо теории и вывода рабочих формул им составлены таблицы, необходимые для практического решения задачи. А. А. Михайлов предложил и успешно применил метод математических моделей для испытания различных способов регуляризации Земли при определении ее фигуры с помощью теории Стокса и формулы Венинга Мейнеса.

Естественным завершением этих работ, консультаций и лекций был «Курс гравиметрии и теории фигуры Земли», вышедший вторым изданием в 1939 г. Об этой книге профессор М. С. Молоденский писал в

1948 г.: «Этот курс является не только прекрасным учебником, но и монографией, содержащей в себе ряд исследований и ценнейших идей ее автора... Нигде наиболее трудные и тонкие вопросы о редукции силы тяжести не разобраны с такой ясностью и убедительностью, как в этой книге».

Другая замечательная книга А. А. Михайлова — монография «Теория затмений» вышла в свет вторым, переработанным изданием в 1954 г. Монография посвящена теории солнечных затмений, лунных затмений, покрытий звезд и планет Луной, прохождений планет по диску Солнца и явлений в системах спутников планет. В приложениях даны подробные таблицы, упрощающие вычисления. Теория солнечных затмений представлена в более простом виде с применением новых формул. Изложение, как и во всех трудах Александра Александровича, яс-

ное, точное и немногословное. Им был предвычислен ряд солнечных затмений для территории СССР и опубликованы подробные таблицы и карты для затмений 1914, 1921, 1936 (особенно полно), 1941, 1945, 1954, 1961 и 1968 гг.

А. А. Михайлов участвовал в наблюдениях многих полных солнечных затмений. Особый интерес представляло затмение 1936 г., центральная полоса которого проходила по территории Советского Союза от черноморских берегов Кавказа до Дальневосточного края. Александр Александрович разработал оригинальный инструмент и новую методику наблюдений эффекта Эйнштейна. Эти работы А. А. Михайлова получили всемирное признание. Если ранее звезды вокруг Солнца и контрольное звездное поле фотографировали либо разновременно, либо одновременно двумя инструментами, то новый прибор давал возможность получить одновременный снимок обоих участков неба с помощью плоско-параллельной пластинки, установленной перед объективом под углом 45° к оптической оси трубы. Затмившееся Солнце с окружающими его звездами фотографировалось прямо через плоско-параллельную пластинку, а звезды контрольного поля — после отражения от ее плоскостей. Наблюдатель находился в светонепроницаемом павильоне, как бы внутри фотографической камеры, и мог созерцать на фотопластинке всю картину затмения. Так как контрольное поле надо было снимать почти на том же зенитном расстоянии, что и Солнце (чтобы избежать влияния рефракции), то экспедиция выехала в окрестности Куйбышевки Дальневосточной. К сожалению, контрольное поле сфотографировать не удалось, и обработку вели только по измерениям околосолнечных снимков, сочетая их с ночными снимками того же поля, сделанными через полгода. Коэффициент Эйнштейна получился равным $2'',70$, т. е. почти на $1''$ больше теоретического значения. В среднем из наблюдений многих затмений величина эффекта Эйнштейна оказалась немного больше предсказанного значения, а результаты, как выяснилось, зависят от способов обработки.

В своем критическом обзоре наблюдений эффекта Эйнштейна Александр Александрович справедливо замечает: «Главный и, пожалуй, единственный положительный вывод, который можно сделать из произведенных до сего времени наблюдений эффекта

Эйнштейна, состоит в том, что все наблюдения несомненно обнаруживают наличие смещений изображений звезд в сторону, требуемую теорией, и на величину одного порядка с теоретическим. Наблюдения показывают, что с удалением от Солнца смещение убывает, но они не дают возможности вывести закон этого убывания, т. е. математической зависимости величины смещения от углового расстояния звезды от центра Солнца» («Астрономический журнал», **33**, 6, 1956 г.). Из этого следует, что необходимо продолжать наблюдения эффекта Эйнштейна во время полных солнечных затмений.

В 1959 г. по приглашению Лондонского Королевского общества Александр Александрович прочитал в Лондоне так называемую дарвиновскую лекцию об эффекте Эйнштейна.

Много времени и труда уделяет Александр Александрович построению звездных карт. Им разработана теория равнопромежуточной цилиндрической и конической проекций с уравниванием ошибок по способу наименьших квадратов, составлены звездные атласы (со звездами до $5,75$, $7,5$ и $8,25$ величины). Эти атласы пользуются большим успехом как у специалистов, так и у любителей астрономии. По этой причине они неоднократно переиздавались.

Александр Александрович предложил новую установку трубы, направленной неподвижно на полюс мира. Изображения околополярных звезд на фотопластинке описывают концентрические окружности с центром в полюсе. Передвижение полюса относительно звезд (вследствие прецессии и нутации) и звезд относительно полюса (вследствие абберации) изменяет радиусы окружностей, описываемых звездами. Измерение этих окружностей на многих пластинках, снятых в разное время года, позволит определить постоянную годичной абберации. Александр Александрович изложил метод измерений и обработки таких фотографий в статье «К вопросу об определении постоянных абберации, нутации и прецессии» в «Астрономическом журнале» за 1949 г. Полярная труба была создана в Пулковской обсерватории. Наблюдения на ней позволили уточнить значение постоянной абберации.

А. А. Михайлов обладает и блестящим организаторским талантом, который особенно ярко проявился в то время, когда он был



Открытие восстановленной Пулковской обсерватории в 1954 г. На переднем плане слева — академик А. А. Михайлов, справа — академик И. П. Бардин

председателем Астрономического совета АН СССР и директором Пулковской обсерватории. Директором Пулковской обсерватории его назначили в трудное послевоенное время — Пулково восстанавливалось: заново строили главное здание обсерватории и воздвигали новые павильоны, устанавливали старые и вновь сконструированные инструменты. Первые телескопы в Пулкове были смонтированы уже в 1948 г. (зенит-телескоп и нормальный астрограф). Директору приходилось разрешать вопросы строительства служебных и жилых зданий, дорог, озеленения территории и т. п. Ленинградский завод ГОМЗ (теперь ЛОМО) проектировал и реконструировал инструменты для Пулкова. Александр Александрович проявил тогда удивительные познания в оптике и механике астрономического приборостроения, он детально вникал в самую суть производства. Мне помнится, с каким вниманием прислушивались инженеры завода к замечаниям Александра Александровича по различным вопросам конструкции инструментов. Я по-

лагаю, что из всех директоров Пулковской обсерватории можно назвать только В. Я. Струве и А. А. Михайлова, так прекрасно разбирающихся во всех тонкостях астрономических инструментов. У Александра Александровича есть интереснейшая коллекция фотографических объективов, которые он настойчиво собирает в течение многих лет. В 1934 г. он опубликовал в «Астрономическом журнале» статью «Исследование некоторых короткофокусных объективов».

Под руководством А. А. Михайлова в Пулковской обсерватории были созданы новые отделы (радиоастрономии, приборостроения и др.), построены солнечная станция под Кисловодском и Благовещенская широтная лаборатория. Пулковская обсерватория была инициатором и организатором экспедиций по поискам места для установки гигантского 6-метрового рефлектора. Значительная роль в разработке проекта этого телескопа принадлежала сотрудникам Пулковской обсерватории.

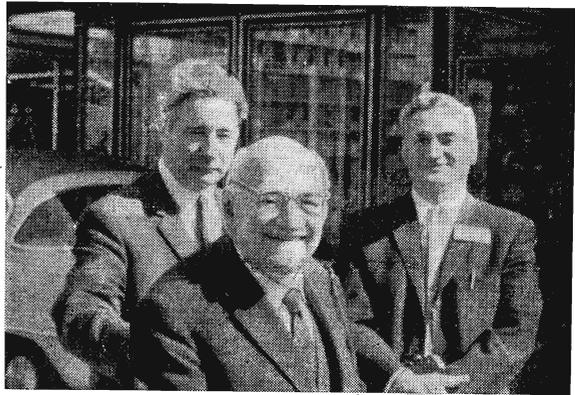
Последнее время А. А. Михайлов актив-

но участвует в работе по научной интерпретации результатов исследования Луны с помощью космических аппаратов. На XIII съезде Международного астрономического союза (Прага, август 1967 г.) А. А. Михайлов прочитал блестящую обзорную лекцию «Исследование Луны»*.

А. А. Михайловым опубликовано около 150 научных работ и свыше 100 научно-популярных статей в различных журналах и изданиях. В частности, во 2-м издании «Большой Советской Энциклопедии» ему принадлежат статьи: «Время», «Затмения», «Звездное небо», «Звездные атласы и карты» и др., а также общая редакция астрономических статей.

Нельзя не отметить еще две работы Александра Александровича, выполненные в последнее время. Они относятся к истории астрономии. Это, во-первых, биографический очерк о Николае Копернике и общая редакция книги Коперника «О вращении небесных сфер» (в переводе профессора И. Н. Веселовского) и, во-вторых, перевод с немецкого интереснейшей биографии основателя Пулковской обсерватории В. Я. Струве, написанной его сыном Отто Струве.

А. А. Михайлов много внимания уделяет и общественной работе. Он был первым президентом Всесоюзного астрономо-геодезического общества и много лет возглавлял работу этой организации. Александр Александрович — постоянный участник международных астрономических съездов, многих симпозиумов, коллоквиумов и совещаний за рубежом и в нашей стране. Везде Александр Александрович с достоинством и



На съезде МАС в Гамбурге (1964 г.) встретились американский астроном В. Марковиц (справа), А. А. Михайлов и английский астроном Х. Смит, последовательно занимавшие пост председателя Комиссии «Время» МАС

большим тактом представляет советскую науку.

А. А. Михайлов принадлежит к числу образованнейших людей нашего времени. Его познания охватывают не только астрономию и смежные дисциплины, но и другие области науки и техники. Он большой ценитель живописи и музыки. Прекрасное знание иностранных языков позволяет ему легко общаться с учеными разных стран, устанавливать с ними живые непосредственные контакты.

Пожелаем от всего сердца Александру Александровичу Михайлову доброго здоровья и многих лет плодотворной деятельности на благо отечественной науки.

А. Н. ДЕЙЧ,
профессор

* См. «Земля и Вселенная», № 2, 1968, стр. 2.



ПЫЛЬНЫЕ БУРИ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Опубликованы результаты многолетних исследований атмосферного электричества, проводившихся доктором Д. Дж. Харрисом (Нигерия). Ученый пришел к выводу, что во время пыльных бурь, часто случающихся в сухой сезон (с декабря по март) в Западной Африке, обычное электрическое поле между поверхностью

Земли и ионосферой сильно интенсифицируется и меняет свой знак.

В ясную спокойную погоду поле обладает напряженностью около 100 в/м; верхние электропроводящие слои атмосферы несут положительный заряд. После того как начинается пыльная буря (а она в этом районе нередко

охватывает площадь до миллиона квадратных километров), ночью электрическое поле еще остается прежним. Но с наступлением утра поле меняет знак, а его напряженность достигает 4500 в/м. Днем оно медленно «рассасывается» и к вечеру становится обычным.

По мнению Д. Дж. Харриса, этот эффект может быть связан с нагревом почвы солнечными лучами и усилением турбулентности слоев воздуха. «Science News», 91, 20, 1967, 475.



**СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ,
СЪЕЗДЫ**

АСТРОНАВТИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС В БЕЛГРАДЕ

Е. Я. КОНДРАТЬЕВ,
профессор

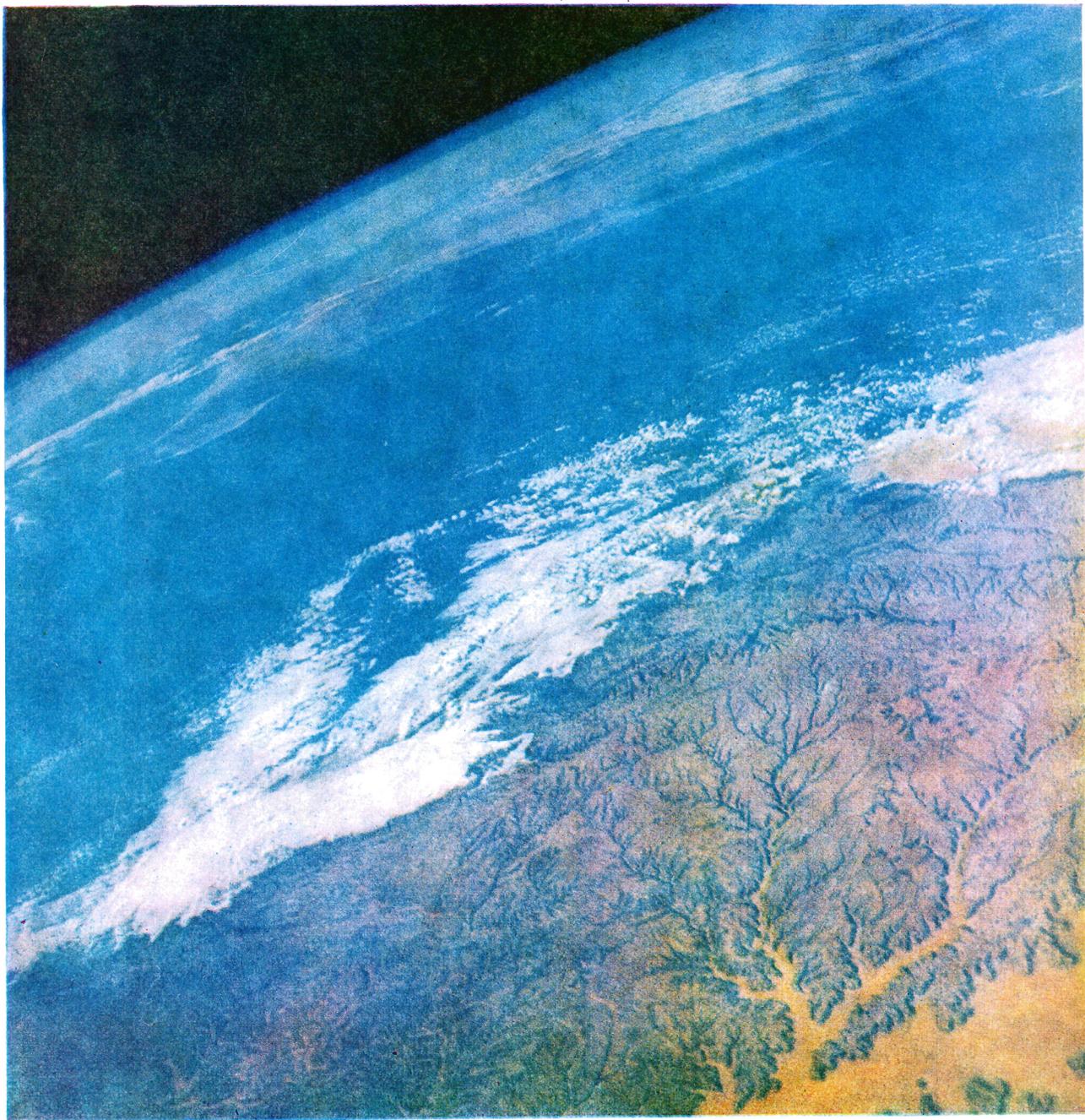


Белград. Дом молодежи, в котором проводились заседания секций конгресса

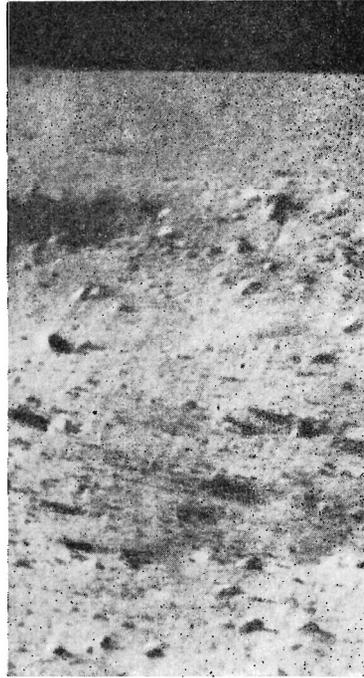
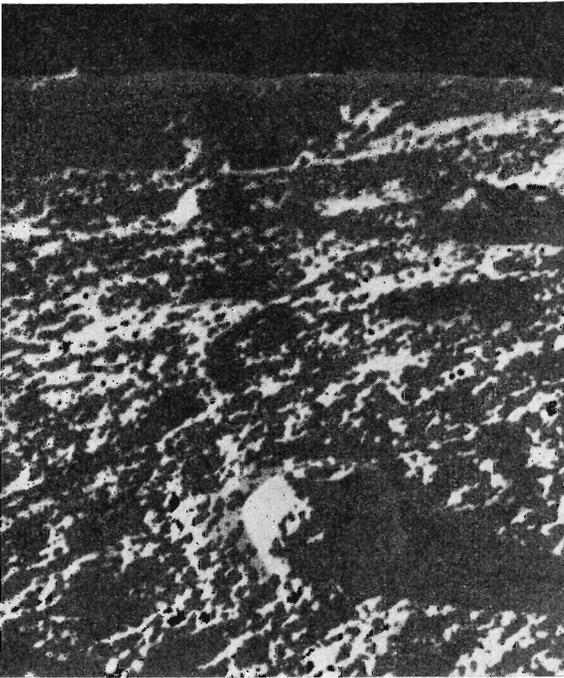
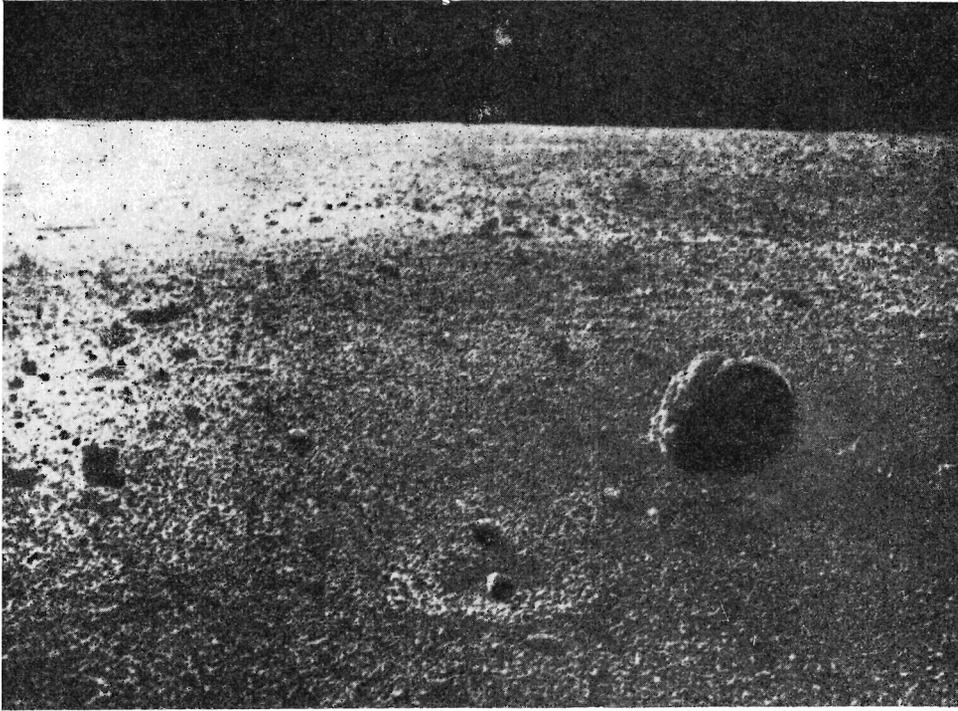
XVIII Международный конгресс по астронавтике, проходивший в Белграде в конце сентября 1967 г., утвердил день 4 октября 1957 г. началом космической эры. Это решение подчеркивает, что успешный запуск первого искусственного спутника Земли ознаменовал новый этап в развитии науки и человечества, а также признает выдающиеся достижения Советского Союза в исследовании и освоении космического пространства.

Советские ученые активно участвовали в работе многочисленных секций и симпозиумов конгресса. Доклады, с которыми выступили члены нашей делегации, насчитывавшей более 100 человек, отразили достижения и приоритет советской науки во многих решающих направлениях космических исследований.

Наиболее важные итоги, этапы развития и успехи космических исследований в СССР за первое десятилетие космической эры проанализировал в своем выступлении руководитель нашей делега-



Фотография Земли из космоса, полученная с космического корабля «Джемини-4». В нижней половине фотографии — плато Хадрамаут (Аравийский полуостров). Внизу справа четко различаются высохшие русла. В центре фотографии — Аденский залив, глубина которого 182 м у берега и до 1820 м в середине



Наверное, многих читателей поразит удивительное сходство этих фотографий земного и лунного ландшафтов. На верхнем снимке — лавовое поле в Капохо на острове Гавайи, на нижних — два района Океана Бурь. Внизу слева — часть панорамы, переданной советской автоматической станцией «Луна-9» (Солнце низко над горизонтом); справа — часть снимка, который передал на Землю американский аппарат «Сервейер-1» (Солнце высоко над горизонтом)



Президиум пленарного заседания XVIII конгресса МАФ

ции академик Л. И. Седов. Он отметил, что история развития советской астронавтики начинается классическими работами К. Э. Циолковского в конце прошлого столетия, широко развернувшимися после Великой Октябрьской социалистической революции (многие участники конгресса, с которыми автору статьи довелось беседовать, поражены масштабами и глубиной советских исследований в области ракетной техники). Значительный вклад в развитие советской программы исследований космоса на первых этапах ее реализации внес выдающийся инженер и конструктор академик С. П. Королев. Напряженный труд многочисленных коллективов советских ученых, инженеров, техников, рабочих обеспечил советской космической науке крупнейшие приоритетные достижения в изучении и освоении космоса.

Уже запуск первого спутника позволил получить важную научную информацию о

плотности атмосферы и концентрации электронов в ионосфере. А через месяц, когда впервые на околоземную орбиту было выведено живое существо — собака Лайка, начались биологические исследования в космосе. Третий спутник был первой комплексной исследовательской автоматической лабораторией в космосе. Дальнейший быстрый прогресс космической техники и научных исследований привел к рождению новой области науки — космической физики. Исследования солнечного и космического излучений, магнитных полей, состава и строения верхних слоев атмосферы и многие другие включены в обширную научную программу спутников серии «Космос». Важные работы по изучению околоземного космического пространства (магнитосферы, различных зон радиационного пояса) выполнены на исследовательских космических станциях «Электрон». На тяже-

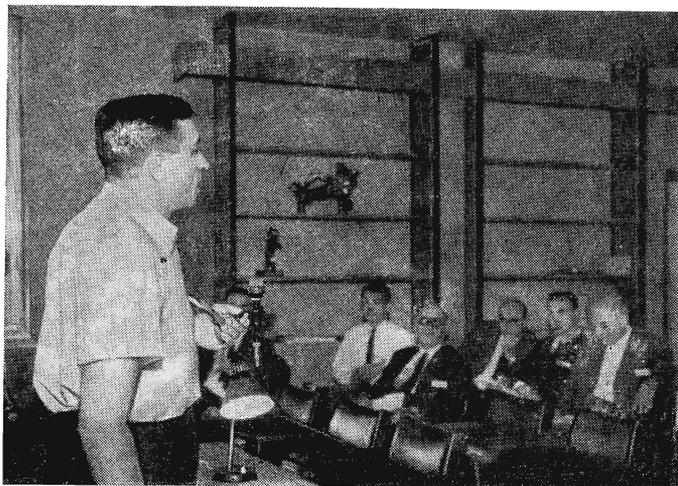
лых спутниках серии «Протон» получены ценные данные о первичном космическом излучении. Выдающийся вклад в развитие космических исследований внесли запуски пилотируемых космических кораблей «Восток» и «Восход». Эти полеты доказали осуществимость постоянных орбитальных обитаемых станций, предназначенных для исследований в области астрономии, геофизики и других наук. Все большее внимание уделяется в последние годы использованию спутников для решения практических задач (советские спутники связи «Молния» и метеорологические спутники). Исключительное значение имели полеты космических аппаратов к Луне и ближайшим планетам.

В докладе, посвященном развитию космических исследований в США, который подготовил В. Пикеринг, директор Лаборатории реактивных двигателей Калифор-

нийского технологического института, подчеркнуто: «4 октября 1957 г., когда, возвещая о наступлении космического века, начал свой полет первый искусственный спутник Земли, стало ясно, что космическое пространство подвластно науке и технике почти так же, как радиосвязи подвластно время». Прогресс ракетной техники США выразился в постепенной эволюции от первого американского спутника «Эксплорер-1», запущенного 31 января 1958 г. и имевшего вес 14 кг, до вывода на околоземную орбиту ракетой «Сатурн-5» полезной нагрузки около 100 т. В ходе космических экспериментов американские ученые совершенствуют системы управления и космической связи, исследуют околоземное космическое пространство, осуществляют запуски автоматических аппаратов к Луне, Марсу и Венере, изучают возможности полетов космических ракет к другим планетам.

Одним из центральных мероприятий конгресса должен был стать первый международный симпозиум по орбитальной обитаемой лаборатории (ООЛ). Эта проблема интересна по двум причинам. Во-первых, опыт запуска орбитальных пилотируемых космических кораблей продемонстрировал большую перспективность научных исследований, которые может провести в космосе человек. Во-вторых, одно из наиболее важных направлений подобных исследований связано с разработкой космических методов оценки природных ресурсов Земли, что имеет очень важное практическое значение.

К сожалению, намеченный



Секция прикладных спутников. Выступает профессор К. Я. Кондратьев

симпозиум фактически не состоялся, так как было представлено всего два доклада — Д. Гордона (США) о проблемах технического обеспечения обитаемых космических лабораторий и К. Я. Кондратьева (СССР) о геофизических исследованиях на пилотируемых космических кораблях. Второй доклад представлял собой дальнейшее развитие работ автора, которые уже освещались в журнале «Земля и Вселенная» (№ 3, 1967 г., стр. 79). В этом докладе много внимания уделено возможности космического фотографирования и спектрофотометрирования в решении актуальных геофизических задач.

Какое же научное и практическое значение имеет космическое фотографирование нашей планеты? Оказывается, анализ высококачественных черно-белых и цветных фотографий облаков, участков земной поверхности, слоев атмосферы вблизи горизонта и т. д. позволяет получить не только важные для

метеорологии сведения, но и дает возможность значительно уточнить топографические, геологические, гидрологические, гляциологические, геоботанические, сельскохозяйственные и другие карты в масштабе 1 : 1 000 000. На космических фотографиях сравнительно нетрудно выделить снеговой и ледовый покров. Располагая повторными фотографиями одних и тех же участков заснеженных и непокрытых снегом территорий, можно в период весеннего снеготаяния прогнозировать паводки.

Гляциологи могут успешно идентифицировать на космических фотографиях многие элементы ледников и ледяных щитов, а геоморфологи различают практически все типы и многие формы рельефа, включая даже подводный рельеф. Геологи обнаруживают на фотографиях земной поверхности как крупные черты геологического строения, так и отдельные типы горных пород. На космических фотографиях распознаются многие детали расти-



Конгресс МАФ. Руководитель советской делегации академик Л. И. Седов (слева) беседует с президентом МАФ профессором Наполитано (Италия)

тельного покрова и просматриваются границы зон растительности, что позволяет использовать их для среднемасштабного картирования и районирования территории по зонам: пустынь и саванн, лесной и степной и т. д. Различия в характере растительности помогают также проводить границы между типами геологических отложений, проследить геологические структуры. Сравнение фотографий показывает такие фенологические явления, как олистение и листопад в лесах, изменение влажности почв, подсыхание густого травянистого покрова и др. Из космоса можно обследовать пастбища и прогнозировать запасы кормов.

Космическое фотографирование не единственный способ получения ценной геофизической информации с пилотируемых космических кораблей. Не менее важно исследование спектров различных земных и атмосферных образований в ультра-

фиолетовом, видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах длин волн. Какие же научные задачи позволяет решить космическая спектрофотометрия?

Прежде всего — изучение оптических неоднородностей атмосферы, в том числе особенностей их вертикального распределения. Эти особенности выражаются в существовании так называемых слоев яркости, для исследования которых применяют фотографирование или спектрофотометрирование толщи атмосферы вблизи края диска планеты — горизонта. Структура поля яркости на краю диска планеты зависит от распределения оптических параметров атмосферы и отражательных свойств подстилающей поверхности; от спектрального интервала, в котором проводятся исследования; местоположения Солнца и направления визирования наблюдателя на космическом корабле. Задача расчета яркости реальной атмосферы вблизи горизонта по косми-

ческим данным чрезвычайно сложна и при ее решении целесообразно использовать приближенную методику.

Яркостная и поляризационная структура оптического горизонта планеты может служить источником сведений об оптической структуре реальной атмосферы и, в первую очередь, о вертикальном ходе и горизонтальной изменчивости атмосферного коэффициента рассеяния. Открываются новые возможности для выявления и изучения аэрозольных слоев в стратосфере, а также для исследования высотных распределений озона, водяного пара, натрия и других атмосферных примесей.

Наблюдатель с космического корабля специальной аппаратурой может выполнить два оптических эксперимента, позволяющих получить данные о пространственной структуре оптических неоднородностей атмосферы в слоях яркости (для случая однократного рассеяния света). В первом эксперименте космический корабль находится над ночным полушарием Земли недалеко от терминатора, и наблюдатель визирует ореол зари. При этом основная масса атмосферы, пронизываемая линией визирования, остается в области тени и ослабляет свет зари. Во втором эксперименте все слои атмосферы, пересекаемые линией визирования, расположены на освещенном Солнцем полушарии, т. е. наблюдатель визирует дневной горизонт планеты. Здесь главную роль играет рассеивающая способность атмосферы.

В настоящее время широко развиты аэрометоды (преимущественно самолетные) исследования свойств и ха-

рактических различных участков земной поверхности по спектрам отраженной солнечной радиации. Все более перспективными становятся также аналогичные исследования путем анализа спектров инфракрасного (теплого) и микроволнового излучений. Заметим, что ни атмосферная дымка, ни облака не мешают регистрации с самолетов микроволнового излучения подстилающей поверхности. Естественно, что эти методы могут быть успешно применены на спутниках для получения информации глобального масштаба. Космическую спектрофотометрию земных образований следует рассматривать как многоцелевой эксперимент, включающий идентификацию геологических структур, оценку состояния посевов, определение ледовых условий, каталогизацию почв, обнаружение лесных пожаров и т. д.

Наконец, сравнительно многочисленные аэростатные эксперименты подтвердили перспективность метода абсорбционной спектрометрии для изучения состава верхних слоев атмосферы (в особенности содержания водяного пара в стратосфере) по данным измерений поглощения солнечной радиации различными компонентами атмосферы. Бесспорно, что аналогичная методика должна оказаться эффективной при использовании орбитальной лаборатории. Среди научных задач, ожидающих своего решения, можно было бы отметить важное для физики верхней атмосферы определение концентрации водяного пара и озона.

Мы лишь очень кратко рассказали о некоторых возможностях, которые открываются

перед исследователями в связи с развитием космической фотографии и спектрофотометрии. Но уже из сказанного видно, что каждый из этих методов, в особенности их сочетание, очень перспективны для решения проблем геофизики.

Серия докладов, представленных на конгрессе в основном советскими и американскими учеными, была посвящена так называемым обратным задачам спутниковой метеорологии, которые состоят в разработке методов интерпретации данных измерений со спутников различных количественных характеристик излучения Земли в космос. Это позволит получить сведения о метеорологических параметрах атмосферы: температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении и др.

Обсуждалась, в частности, задача термического зондирования атмосферы со спутников. Зондирование поможет «расслоить» атмосферу благодаря измерениям ее теплового излучения в области длин волн около 15 мкм. В этом диапазоне излучение атмосферы обязано преимущественно углекислому газу, и уходящее тепловое излучение определяется вертикальным распределением концентрации углекислого газа и температуры воздуха. Относительная объемная концентрация углекислого газа в атмосфере практически постоянна и равна 0,03%. Это позволяет по данным спектральных измерений уходящего излучения получить вертикальный профиль температуры.

Несколько упрощенное пояснение решения задачи состоит в следующем. Если рассмотреть уходящее излуче-

ние в таких спектральных интервалах, где радиация сильно поглощается углекислым газом, то основной вклад в уходящее излучение будут вносить верхние слои атмосферы (излучение нижних слоев полностью поглощается атмосферой). А там, где атмосфера поглощает слабо, уходящее излучение определяется нижними слоями или даже земной поверхностью. Таким образом, уходящее излучение в различных спектральных интервалах зависит от температуры тех слоев атмосферы, которые вносят основной вклад в соответствующую его величины. Следовательно, располагая данными спектральных измерений уходящего излучения, можно «расслоить» атмосферу и определить температуру ее различных слоев. Практическое решение задачи сильно осложняется, однако, тем, что трудно выполнить спектральные измерения очень малых по величине потоков уходящего излучения; сложна и математическая сторона задачи. Пока еще нет эффективных методов интерпретации измерений, относящихся к сложным условиям реальной атмосферы с расположенными в ее толще слоями облаков и пылевых частиц. Все эти проблемы обстоятельно обсуждались при рассмотрении задачи термического зондирования атмосферы.

Содержание работы конгресса было настолько широким и многообразным, что его невозможно охарактеризовать в небольшой статье. В заключение хочется лишь добавить, что благодаря нашим югославским коллегам конгресс прошел в атмосфере гостеприимства и четкой организованности.

Ленинградский пленум Центрального совета ВАГО

В январе 1968 г. в Ленинграде собрались члены Центрального совета и представители местных отделений Всесоюзного астрономо-геодезического общества при АН СССР (ВАГО). На Университетской набережной Невы в здании Академии наук СССР проходил очередной (третий) пленум Центрального совета ВАГО IV созыва.

Пленумы Центрального совета (ЦС) ВАГО созываются ежегодно между съез-

дами (последний, IV съезд общества состоялся в 1965 г. в Риге). На пленумах обсуждаются итоги деятельности ВАГО за истекший год и намечаются планы дальнейшей работы. По традиции в повестку дня пленумов, кроме организационных вопросов, включаются также научные доклады. Участники Ленинградского пленума с интересом прослушали доклад академика А. А. Михайлова о XIII съезде Международного астрономи-

ческого союза, состоявшемся осенью 1967 г. в Праге, и несколько сообщений о работе комиссий МАС. Затем были заслушаны доклады доктора физико-математических наук А. Д. Кузьмина о природе Венеры, профессора Н. Н. Лебедева о высокоточных геодезических работах при сооружении Серпуховского ускорителя элементарных частиц, З. Н. Шукстова рассказала о подготовке к наблюдению полного солнечного затмения 22 сентяб-



Президиум Ленинградского пленума ВАГО. Первый вице-президент ВАГО С. Г. Судаков оглашает повестку дня

Фото А. Н. Подъяпольского



В зале заседаний пленума ЦС ВАГО

Фото А. Н. Подъяпольского

ря 1968 г., а В. К. Луцкий поделился своими впечатлениями о чехословацких народных обсерваториях. Участники пленума посетили Пулковскую обсерваторию, Ленинградское оптико-механическое объединение, Планетарий.

Ленинградский пленум открыл первый вице-президент ВАГО С. Г. Судак. Пленум подвел основные итоги 1967 года, который был вдвойне юбилейным для нашей страны, отмечавшей 50-летие Великого Октября и завершение первого десятилетия открытой Советским Союзом космической эры. О чем же говорилось на пленуме, какие вопросы волнуют сейчас советскую астрономо-геодезическую общественность?

В 1967 г. образовались новые отделения ВАГО в Азербайджане, Киргизии и Днепрпетровске. Теперь ВАГО насчитывает 53 местных отделения (в том числе 6 рес-

публиканских — Азербайджанское, Армянское, Киргизское, Латвийское, Эстонское, Башкирское), объединяющих около 5000 действительных членов, свыше 2500 членов юношеских секций и 152 члена-коллектива.

ВАГО — единственная в нашей стране организация, объединяющая и специалистов, и любителей астрономии и геодезии. В 1967 г. расширились и укрепились связи ВАГО с астрономическими и геодезическими обществами и организациями Чехословакии, Польши, Болгарии, Румынии, ГДР, Ирландии, Великобритании, США и других стран. Представитель ВАГО принял участие в происходившем в Праге совещании астрономических обществ 16 стран, где обсуждалось предложение П. Мура (Ирландия) и У. Йогансона (Швеция) об организации Международного союза любителей астрономии.

В ВАГО работают следую-

щие секции: астрономическая (председатель — профессор В. В. Радзиевский), геодезическая (председатель — доктор технических наук В. Д. Большаков), учебно-методическая (председатель — профессор Р. В. Куницкий), массовая (председатель К. А. Порцевский), юношеская (председатель В. В. Мартыненко), редакционно-издательская (председатель доктор физико-математических наук В. В. Федынский).

Астрономическая секция ВАГО начала подготовку к наблюдению полного солнечного затмения 22 сентября 1968 г. (Об условиях видимости этого затмения подробно рассказано в журнале «Земля и Вселенная», № 1, 1968 г.).

Исследования метеорных явлений проводились в Крымском, Московском, Апхабадском, Эстонском и других отделениях ВАГО. Московское отделение направило в 1967 г. две экспедиции в

Арктику и во Фрунзе для наблюдения потока Леонид. В наблюдении Леонид участвовали и другие отделения. Однако в отличие от 1966 г. (см. «Земля и Вселенная», № 3, 1967 г.) в 1967 г. этот поток оказался бедным. Летние и осенние метеорные потоки наблюдали члены метеорных экспедиций Крымского отделения ВАГО. Им удалось получить 9500 наблюдений и сфотографировать 5 спектров метеоров. В Крымском отделении, которое на протяжении многих лет возглавляет В. В. Маргыненко, особенно успешно проводятся наблюдения метеоров. Крымское отделение сейчас приступило к обработке материала около 100 000 визуальных наблюдений метеоров.

Как и в прошлые годы, хорошо работал Отдел серебристых облаков, возглавляемый профессором И. А. Хвостиковым. В области исследования серебристых облаков ВАГО занимает сейчас ведущее место среди научных учреждений нашей страны. Состоявшийся в 1966 г. в Таллине Международный симпозиум по изучению серебристых облаков (см. «Земля и Вселенная», № 4, 1966 г.) наглядно продемонстрировал большое научное и прикладное значение исследования серебристых облаков. В 1967 г. на проходившем в Москве Всесоюзном совещании по итогам МГСС И. А. Хвостиков доложил об основных результатах обработки наблюдений, проведенных отделениями ВАГО в 1964—1965 гг. На этом же совещании с докладами выступили Ч. И. Виллманн, Н. И. Гришин, М. А. Дирикис и другие известные исследователи серебристых облаков.

Но не только метеоры и серебристые облака изучают члены ВАГО. Во многих отделениях проводились наблюдения Солнца, Луны, планет, переменных звезд, искусственных спутников Земли. Высокогорная экспедиция Московского отделения ВАГО совершила ряд восхождений на вершины Кавказского хребта (в том числе на Эльбрус и Казбек). Участники этой экспедиции изучали местные условия для создания горных астрономических станций.

Отдел любительского телескопостроения, возглавляемый М. М. Шемякиным, приурочил к пленуму ВАГО свой очередной (третий) коллоквиум, на который были приглашены телескопостроители разных городов страны. Описанию этого коллоквиума будет посвящена отдельная статья в «Земле и Вселенной». С каждым годом растет число людей, которые хотят собственными руками построить телескоп-рефлектор и наблюдать небесные светила. В некоторых отделениях ВАГО любители уже не удовлетворяются изготовлением телескопов с диаметром главного зеркала в 120—150 мм. В Латвийском отделении ВАГО построен и сейчас усовершенствуется 500-миллиметровый рефлектор имени Ф. И. Блумбаха. В Азербайджане сооружается крупнейший в ВАГО 520-миллиметровый рефлектор. В 1966 г. московский любитель телескопостроения А. Н. Подъяпольский разработал чертежи комплекта деталей, без которых трудно построить самодельный телескоп. Однако и в 1967 г. не удалось решить вопрос о том, когда и какой завод, наконец, приступит к

выпуску комплекта, изготовление которого не потребует больших денежных затрат.

Геодезисты — члены ВАГО в 1967 г. много и плодотворно занимались популяризацией и пропагандой новейших достижений геодезической науки и техники, проводя в отделениях доклады, лекции, конференции. По примеру прошлых лет геодезическая секция ЦС ВАГО и геодезические секции местных отделений ВАГО занимались вопросами совершенствования и организации геодезической службы в городах. Для доклада Госстрою СССР подготовлен обширный материал, на основе которого могут и должны быть осуществлены мероприятия по улучшению инженерных изысканий и геодезическо-маркшейдерских работ в строительстве. В 1967 г. в ряде отделений ВАГО повысился уровень научно-исследовательской работы по геодезии, включающей изучение деформаций инженерных сооружений, исследование вертикальных движений земной коры, участие в синхронных наблюдениях искусственных спутников Земли и т. д.

Учебно-методическая секция ВАГО уже много лет добивается расширения и повышения уровня астрономического образования в нашей стране. В период успешного освоения космоса и небывалого прогресса в области астрономии (и особенно астрофизики) становится совершенно нетерпимым неудовлетворительное состояние преподавания астрономии в средних и высших учебных заведениях. Многочисленные попытки учебно-методической секции ЦС ВАГО добиться улучшения этого по-



Участники пленума ЦС ВАГО в ожидании экскурсионных автобусов

Фото Б. К. Орлова

ложения до сих пор не привели к ощутимым результатам. Педагогические институты дают слабую подготовку будущим учителям астрономии, в школах мало приборов и наглядных пособий по астрономии, примерно тридцать лет астрономия в школе преподается фактически по одному и тому же учебнику. Поэтому не приходится удивляться, что сейчас, как и в минувшие десятилетия, многие выпускники средней школы не могут ответить на самые элементарные вопросы по астрономии.

Активисты ВАГО стремятся помочь школам, планетариям, научно-методическим советам, методическим кабинетам и т. д., но сейчас всего этого недостаточно. Нужно решительно добиваться радикальных мер, направлен-

ных на улучшение преподавания астрономии. Время для этого давно наступило. Автору этих строк довелось в 1967 г. в Праге принять участие в работе Комиссии по проблемам астрономического образования (при Международном астрономическом союзе в 1964 г.) и видеть, какой большой интерес проявляли представители различных стран к обсуждению вопросов астрономического образования. Нужно чтобы к следующему съезду МАС наша астрономическая общественность могла поделиться положительным опытом организации преподавания астрономии.

Основная задача массовой секции ВАГО — содействие работе планетариев, народных обсерваторий и других учреждений, пропагандирую-

щих научные знания по астрономии и геодезии. По инициативе массовой секции уже созданы проекты различных типов народных обсерваторий (см. «Земля и Вселенная», № 2, 1968 г.), разрабатывается проект Положения о народных обсерваториях Всесоюзного общества «Знание», а также рекомендации и консультации Фабрике наглядных пособий. В отделениях ВАГО члены массовой секции выступают с лекциями и докладами, организуют показ небесных светил в телескоп и т. д. Во многих отделениях ВАГО в юбилейном году были проведены торжественные заседания, а также организованы выставки, демонстрирующие достижения советской науки за 50 лет. При активном содействии массовой секции ВАГО созда-

на постоянная выставка «Советская астрономия за 50 лет» в павильоне «Космос» ВДНХ.

Важная часть деятельности массовой секции ЦС ВАГО — борьба с антинаучными сенсациями, ажиотаж вокруг которых нередко дискредитирует советскую науку и мешает всякому истинно научному подходу к обсуждению той или иной проблемы. В качестве примера такого ажиотажа можно указать на осужденную пленумом ЦС ВАГО новую волну подчас совершенно безответственных выступлений в печати и по телевидению по поводу так называемых «НЛО» («неопознанных летающих объектов», или просто «летающих тарелок»), создание в связи с этим какого-то самостоятельного «оргкомитета» и т. д.

Юношеская секция ВАГО организует работу самых юных любителей астрономии в нашей стране, а среди них немало и таких, которые моложе 14 лет. Важными событиями в жизни юных астрономов были крымские метеорные экспедиции и летние лагеря, а также сибирский зональный лагерь при станции юных техников Сибирского отделения АН СССР, проведенный в Новосибирске летом 1967 г. Лагерь так и назывался «Юный астроном». В лагерь приехали 50 школьников из многих городов страны. Ребята слушали лекции, выполняли лабораторные работы и наблюдения. В создании лагеря большую роль сыграла инициатива и настойчивость члена бюро юношеской секции ЦС ВАГО С. С. Войнова. Интересно организована работа юных астрономов в

Крымской области, Уфе, Иркутске и других городах.

Итоги разносторонней деятельности ВАГО находят свое отражение в книгах, брошюрах и журналах, издаваемых ВАГО. В 1967 г. вышли в свет сборники «Наблюдения серебристых облаков» и «Исследования планеты Юпитер», «Астрономический календарь на 1968 г.», книги С. К. Всехсвятского «Кометы 1961—1965 гг.» и В. В. Мартыненко «Задачи и методы любительских наблюдений метеоров», а также «Карта Луны» И. И. Катяева с пояснительным текстом В. А. Шипакова. Местные отделения ВАГО принимали участие в подготовке к выпуску других книг и пособий.

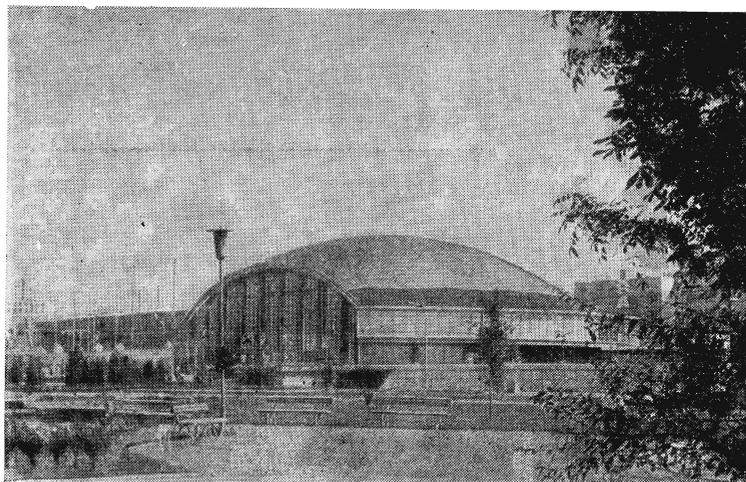
Второй год издается журнал «Астрономический вестник» — научный орган ВАГО. В «Астрономическом вестнике» публикуются статьи и сообщения об исследовании тел солнечной системы — планет, Луны, метеоров, Солнца, серебристых облаков и зодиакального света. Внутренняя жизнь ВАГО освещается в специальном «Циркуляре ВАГО», издание которого ротационным способом началось в 1961 г. (к настоящему времени вышло в свет 15 номеров). Наконец, 1967 год был третьим годом издания журнала «Земля и Вселенная», который тоже организован по инициативе ВАГО. На Ленинградском пленуме ЦС ВАГО немало говорилось о задачах, которые еще предстоит решить журналу, чтобы расширить круг своих читателей. Пленум призвал всех членов ВАГО активно пропагандировать журнал в печати, вы-

ступлениях по радио и телевидению. Это необходимо потому, что многие, кому журнал очень был бы нужен, до сих пор ни разу его не видели.

На заключительном заседании пленума были присуждены поощрительные премии ВАГО за 1967 г. Первая премия присуждена М. М. Шемякину за организацию в ВАГО и Московском отделении ВАГО работ по любительскому телескопостроению, а также за открытие и исследование цепочек кратеров на Луне. Вторая премия присуждена москвичам Р. Л. Хотинку, В. И. Цветкову, И. П. Гандель и А. Н. Чигорину за цикл работ по изучению численности метеоров. Подробно о работах, удостоенных премий ВАГО, можно будет прочитать в следующем номере журнала «Земля и Вселенная». В связи с юбилеем Советского государства более 100 человек были награждены грамотами за многолетнюю активную работу в обществе. Перед закрытием пленума состоялось вручение Почетных грамот Центрального совета ВАГО большой группе активистов Всесоюзного астрономо-геодезического общества. В их числе: первый президент ВАГО академик А. А. Михайлов, нынешний президент профессор Д. Я. Мартынов, почетные члены ВАГО — академик В. А. Амбарцумян, академик АН УССР Н. П. Барабашов, профессора П. И. Попов, П. М. Горшков, Р. В. Куницкий, Б. А. Воронцов-Вельяминов и другие.

*Е. П. ЛЕВИТАН,
член Президиума ЦС ВАГО*

Международная выставка «Космос — Миру»



Павильон Белградской ярмарки, где проводилась выставка «Космос — Миру»

В конце сентября 1967 г. в Белграде одновременно с работой XVIII Конгресса международной астронавтической федерации (МАФ) состоялась Международная выставка «Космос — Миру». Выставка эта была не совсем обычной, так как проводилась в десятую годовщину со дня запуска первого в мире искусственного спутника Земли и была ближе к 4 октября, чем какая-либо другая из космических выставок 1967 г. Кроме того, она оказалась

первой международной чисто космической. До этого космические экспозиции обычно являлись частью международных торгово-промышленных выставок.

В выставке участвовали Советский Союз, Европейская организация по разработке ракет-носителей (ЭЛДО) и Югославское астронавтическое и ракетное общество (ЮАРД). (Предполагалось участие в выставке и Соединенных Штатов Америки, но по непонятной причине в по-

следний момент эта страна отказалась представить свои экспонаты.)

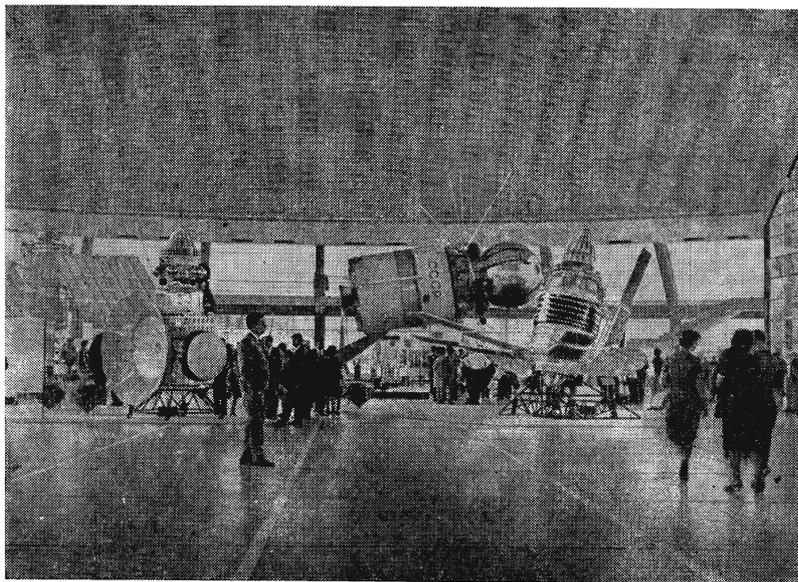
Главное место на выставке было отведено советской экспозиции, которая демонстрировала все приоритетные достижения Советского Союза за десятилетие космической эры: первый искусственный спутник Земли, первое достижение Луны, первое фотографирование ее обратной стороны, первая мягкая посадка на Луну, первый спутник Луны, макет «Венеры-3», впервые достигшей другой планеты, первый космический полет и первый выход человека в открытый космос. Общая композиция советского раздела выставки была тематической. В центре павильона были расположены экспонаты, связанные с полетом человека в космос: один из двигателей ракеты-носителя «Восток», корабль «Восток», манекен космонавта в скафандре для выхода в открытый космос и т. д. Справа от центра размещалась часть экспозиции, характеризующая основные направления советских геофизических исследований; слева — «прикладные» спутники: спутник связи «Молния-1» и метеорологический «Космос-144». «Вторую линию» выставки

занимали экспонаты лунных и планетных исследований. На выставке отсутствовали только ракета-носитель «Восток» и спутник «Протон».

Экспозиция ЭЛДО была небольшой, но достаточно насыщенной. В павильоне были выставлены макеты ракеты-носителя, разрабатываемой этой организацией, несколько двигателей нижних и верхних ступеней ракет-носителей, турбо-насосный агрегат и т. д.

Югославия представила несколько небольших исследовательских твердотопливных ракет, в том числе одну трехступенчатую. Надо сказать, что в Югославии многие увлекаются космонавтикой и ракетной техникой. Здесь не только в городах, но даже и в деревнях (например в деревне Лозовик) работают школы юных космонавтов. В день открытия конгресса МАФ перед Дворцом синдикатов, где проходил конгресс, югославские пионеры успешно запустили несколько десятков моделей. Это были своего рода миниатюрные копии советских метеорологических и геофизических ракет. Модели взлетали на высоту нескольких сот метров, после чего головная часть их отделялась и плавно опускалась на маленьких парашютиках.

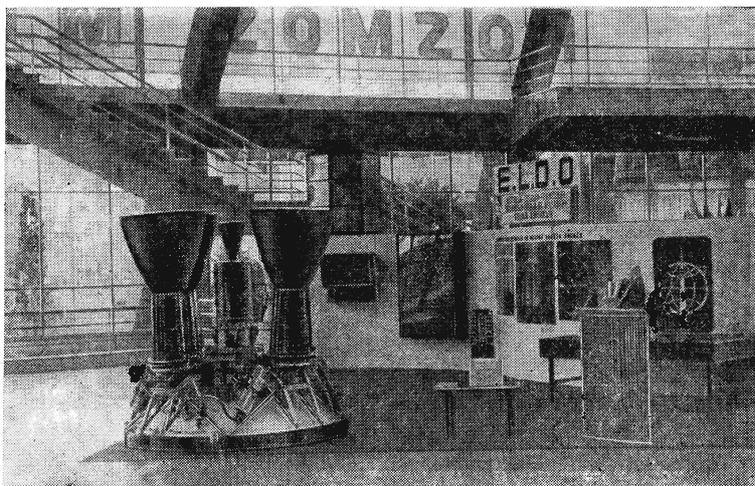
Выставку «Космос — Мир» открыл председатель ЮАРД Татомир Анджелич и советский космонавт Павел Попович. На открытии присутствовали многочисленные советские и зарубежные делегаты, приехавшие на конгресс, а также югославские представители, среди которых были главным командующий ВВС Югославии генерал-полковник Виктор Бубанс, председатель скупщины Сербии Милош



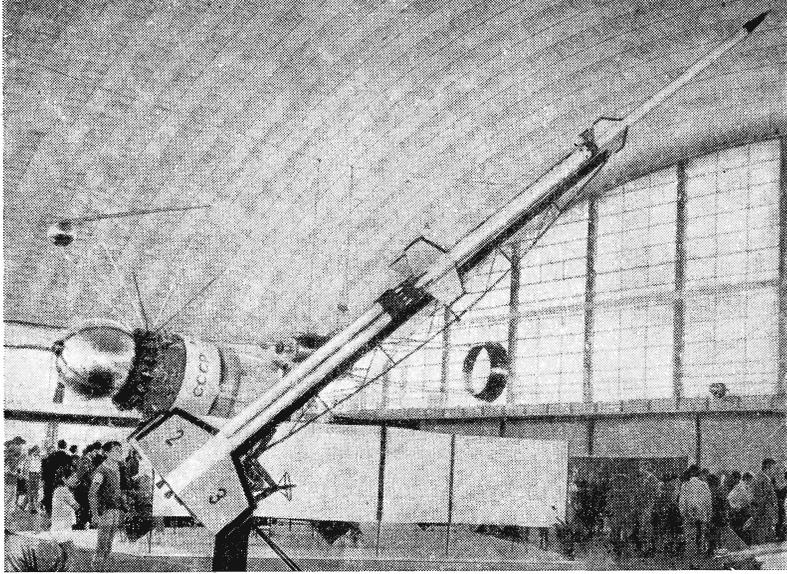
Советская выставка перед открытием. Слева направо: метеорологический спутник «Космос-144», автоматическая межпланетная станция «Венера-3», последняя ступень ракеты-носителя «Восток» со спускаемым аппаратом, спутник связи «Молния-1»

Минин. Советский Союз представляли посол СССР в СФРЮ И. А. Бенедиктов и глава советской делегации на XVIII конгрессе МАФ академик Л. И. Седов.

Выставка работала всего одну неделю. Но даже за это короткое время ее успели посетить около 250 тыс. человек. Проходы громадного выставочного зала всегда были



Стенд ЭЛДО. Слева — двигатель первой ступени ракеты-носителя «Европа»



Стенд ЮАРД. На переднем плане югославская трехступенчатая ракета

запущены народом. С разных концов страны на специальных поездах приезжали желающие осмотреть выставку. Много теплых отзывов и пожеланий оставили посетители выставки. Вот некоторые из них: «Достижения

советской космонавтики велики. Пусть они послужат делу мира и прогресса человечества.— З. Веронич»; «Выставка вызывает восторг. Мы особенно восхищены космическими аппаратами.— Б. Йович, Д. Стойкович»;



Открытие выставки. Ленточку разрезает летчик-космонавт СССР П. Р. Попович

«Выставка отличная и показывает совершенство науки и техники. Желаем вам и в дальнейшем быть ведущими в космонавтике.— Б. Челович, М. Митрович, Н. Мандич».

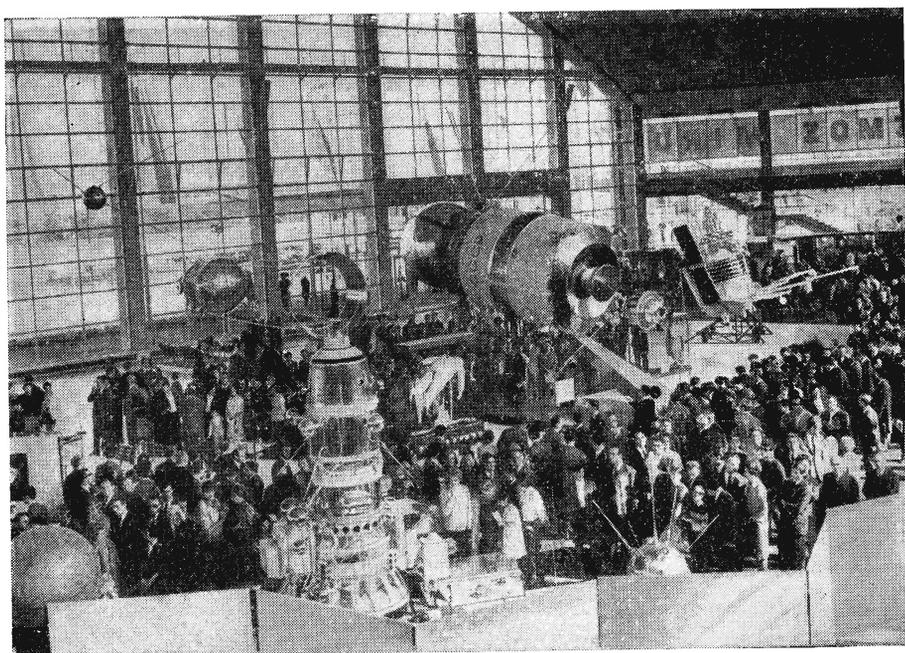
О выставке писали многие газеты и в первую очередь — «Борба» и «Политика». Эти публикации начались задолго до открытия выставки. Югославские корреспонденты дежурили на аэродроме, ожидая прибытия советских самолетов с экспонатами, фотографировали их разгрузку и монтаж в выставочном зале, общались ежедневно о ходе подготовки выставки к открытию.

Из зала выставки было проведено несколько телевизионных передач. Одна из них продолжалась 45 минут и транслировалась по системе «Евровидение».

В кинозале выставочного павильона непрерывно демонстрировались советские фильмы: «В скафандре над планетой», «Космический мост», «Космический салют». На выставке было распространено много советских брошюр на русском, английском и французском языках, посвященных различным направлениям космических исследований, а также большое количество проспектов, изданных югославскими товарищами на сербско-хорватском языке, по всем основным экспонатам выставки.

Выставка имела, несомненно, большой успех. Она явилась яркой иллюстрацией достигнутых успехов в решении многих проблем, которые обсуждались на астрономическом конгрессе.

Рассказывая о выставке, нельзя не отметить гостеприимства радушных хозяев. Ру-



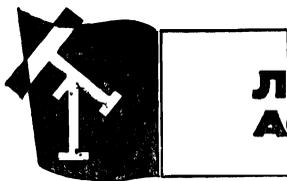
**Общий вид
выставки**



На кладбище «Освободителей Белграда»: под каждой могильной плитой погребены десятки и сотни советских воинов, павших в боях за освобождение югославского народа от фашистских порабитителей

ководители Белградской ярмарки и ЮАРД в честь советского персонала выставки устраивали приемы и организовывали экскурсии. Некоторые из сотрудников побывали в Дубровнике — всемирно-известном курорте на берегу Адриатики; на озерах и водопадах Хорватии; в городе Новый Сад с его старинной крепостью и в городе Крагуеваце, где немецкие фашисты в октябре 1941 г. расстреляли 7000 школьников и учителей; на горе Авала — у памятника маршалу С. Бирюзову и на могиле Неизвестного солдата. Везде мы встречали теплое и доброжелательное отношение югославского народа.

М. Г. КРОШКИН,
кандидат физико-математических наук
В. И. КУЗЬМИН



АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ИЮЛЕ—АВГУСТЕ 1968 ГОДА



ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. В июле — августе в южной части неба (рис. 1) недалеко от зенита блестит Вега (α Лирь), которая вместе со звездами Альтаир (α Орла) и Денеб (α Лебедя) образуют «летний треугольник». Высоко над горизонтом, к западу от меридиана видны созвездия Геркулеса и Волопаса, у самого горизонта на западе — созвездия Девы, на юге низко над горизонтом — созвездия Стрельца, Скорпиона, Козерога.

Познакомимся подробнее с созвездием Стрельца. Заметим, что в средних широтах это созвездие трудно наблюдать из-за небольшой высоты его над горизонтом, в южных — условия видимости лучше. В первой половине июля и августа, когда Луна будет в полнолунии, наблюдать объекты в созвездии Стрельца особенно сложно. Это одно из двенадцати зодиакальных созвездий. На рисунке, помещенном в начале статьи, показано, как изображали это созвездие в звездном атласе 1603 г. Рисунок отражает один из древнегреческих мифов, согласно которому созвездие Стрельца отождествлялось с фигурой натягивающего лук кентавра — Хирона.

В направлении созвездия Стрельца находится центр нашей Галактики. Он скрыт от нас мощными облаками газово-пылевой материи.

В созвездии Стрельца наблюдается много шаровых и рассеянных звездных скоплений, темных и светлых туманностей, кратных систем и перемен-

ных звезд (рис. 2 и все последующие помещены на 3-й стр. обложки). Видимая звездная величина переменной звезды R Стрельца изменяется от $6^m,7$ до $12^m,8$ с периодом 268,6 дня. Ближайший максимум блеска наступает 7—8 сентября. Координаты звезды: $\alpha = 19^h 13^m,8$ и $\delta = -19^\circ 24'$. На рис. 3 даны карта окрестности и звезды сравнения этой переменной звезды.

Среди светлых диффузных туманностей выделяется туманность Лагуна (M 8, рис. 4). Ее координаты: $\alpha = 18^h 00^m,8$ и $\delta = -24^\circ 22'$, а звездная величина $5^m,8$. Туманность можно наблюдать в бинокли с 10-кратным увеличением на фоне рассеянного звездного скопления NGC 6530, а две ее части различимы с помощью трубы диаметром 100 мм и 45-кратным увеличением. Видимые размеры туманности $35' \times 60'$.

На рис. 5 приведена фотография диффузной туманности M 20 — Трехраздельная ($\alpha = 17^h 59^m,4$; $\delta = -23^\circ 02'$). Ее видимая звездная величина около 7^m . Туманность видна в бинокль.

Светлая диффузная туманность Омега (M 17) имеет координаты: $\alpha = 18^h 17^m,9$ и $\delta = -16^\circ 12'$, а видимые размеры $37' \times 46'$ (рис. 6). Ее видимая звездная величина $8^m,9$.

В созвездии Стрельца расположено гигантское шаровое скопление M 22 (рис. 7), содержащее около 7 млн. звезд ($\alpha = 18^h 33^m,3$ и $\delta = -23^\circ 57'$), звездная



Рис. 1. Таким увидит звездное небо 20 июля в 23 часа местного времени наблюдатель на широте 55°

величина его $5^m,1$, а видимый радиус $17\frac{2}{3}$. Центральную конденсацию скопления можно наблюдать в школьный телескоп.

Среди рассеянных звездных скоплений выделяется М 23 (рис. 8), координаты которого: $\alpha = 17^h54^m,0$ и $\delta = -19^\circ01'$. В бинокль и школьный телескоп скопление наблюдается как объект 6^m . В скоплении насчитывают до 120 звезд.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ. Меркурий ($1^m,6$) в первой половине июля виден перед восходом Солнца в созвездии Тельца.

Венера ($-3^m,3$) со второй декады августа видна вечером в созвездии Льва.

Марс (2^m), начиная с третьей декады июля, можно наблюдать утром в созвездии Близнецов. В августе, когда планета находится в созвездии Рака, условия наблюдения ее улучшаются.

Юпитер ($-1^m,2$) можно увидеть только в июле после захода Солнца на западе, низко над горизонтом. Планета расположена в созвездии Льва.

Сатурн ($0^m,8$) можно наблюдать во второй по-

ловные ночи в созвездии Рыб. В августе планета видна уже в первой половине ночи.

Уран (5^m,8) в июле — августе находится в созвездии Льва, его можно наблюдать после захода Солнца, из-за низкого положения над горизонтом условия наблюдения этой планеты затруднены.

Нептун (7^m,7) виден после захода Солнца в созвездии Весов. Он так же, как и Уран, будет находиться низко над горизонтом.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ. 12—16 июля будет на-

блюдаться метеорный поток α -Лириды с координатами радианта: $\alpha = 18^{\circ}35'$ и $\delta = +38^{\circ}$; а 30 июля — δ -Аквирид, с радиантом в созвездии Водолея ($\alpha = 22^{\circ}37'$ и $\delta = -16^{\circ}7'$). Ожидаемое число метеоров 10—15 в час. 12 августа можно наблюдать метеорный поток Персеид. Радиант находится в точке с координатами: $\alpha = 3^{\circ}04'$ и $\delta = +57^{\circ},8$. Возможное число метеоров около 50 в час.

А. Д. МАРЛЕНСКИ Й, доцент
В. Ф. ЗАБОЛОТНЫ Й



ЧЕТЫРЕ ПОЛНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЯ ЗА 16 ЛЕТ!

Полные солнечные затмения в одном и том же пункте Земли — явление очень редкое. Так, в Москве и Ленинграде за 600 лет (время, охватываемое «Канонном солнечным затмением» Меуса, Гросжана и Вандерлеена, изданным в 1966 г. в Англии) будет только одно — 16 октября 2126 г. Во многих городах за тот же период не произойдет ни одного полного солнечного затмения.

Но в некоторых пунктах земной поверхности в течение небольшого промежутка времени можно наблюдать несколько полных солнечных затмений. Например, в Кызыл-Орде в полной фазе наблюдались два полных солнечных затмения: 21 сентября 1941 г. и 9 июля 1945 г. Интервал между затмениями был меньше 4 лет, но бывает он и короче. В Великом Устюге или в поселке Опарино, расположенном на железнодорожной линии Киров — Котлас, полные солнечные затмения произойдут 19 апреля 2433 г. и 24 августа 2435 г., т. е. с интервалом 2 года и 4 месяца.

Три полных солнечных затмения можно будет наблюдать в поселке Гали ГрузССР (31 июля 1981 г., 29 марта 2006 г. и 21 апреля 2088 г.) и Казани (8 июля 2214 г., 6 мая 2236 г. и 17 мая 2254 г.), а четыре — в Бологое (16 октября 2126 г., 25 мая 2142 г., 19 марта 2379 г. и 19 апреля 2433 г.).

Но самое интересное, что на острове Завьялова (северная часть Охотского моря) на протяжении всего лишь 16 лет (!) произойдет четыре полных солнечных затмения: 22 августа 2408 г., 10 апреля 2415 г., 13 августа 2417 г. и 31 марта 2424 г. В Магадане, на-

ходящемся к северу от острова Завьялова, можно будет увидеть эти же полные солнечные затмения, но одно из них (10 апреля 2415 г.) — как частное.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ

СОСТОЯТ ЛИ ИЗ ЛЬДА ЧАСТИЦ КОЛЕЦ САТУРНА ?

Вопрос о природе частиц, составляющих кольца Сатурна, давно обсуждается астрономами. Было замечено, что излучение с длиной волны 1,5 мк, слабо преломляется при прохождении сквозь вещество колец Сатурна. Недавно (в 1965 г.) была установлена столь же малая преломляемость и для излучения с длиной волны 1,06 мк. Сопоставление этих данных с лабораторными измерениями преломляемости световых лучей в твердой углекислоте и льде позволяет считать кольца Сатурна состоящими из частиц льда. Но возникает вопрос: не должны ли эти частицы быстро испаряться? Вычисления показали, что при низких температурах межпланетного пространства испарение происходит настолько медленно, что очень малые частицы льда могут, постепенно испаряясь, существовать в течение времени, сравнимого с возрастом Солнца.

Однако в 1967 г. были опубликованы расчеты, подвергающие сомнению прежние взгляды на ледяной состав колец Сатурна. Дело в том, что помимо обычного, то есть теплового испарения, может происходить еще своего рода

эрозия частиц под действием ультрафиолетового и рентгеновского излучений (ее назвали «фоторазбрызгиванием» частицы), а также разрушение под действием бомбардировки протонами солнечного ветра. Оказалось, что ледяные частицы, если бы они входили в состав колец Сатурна, в результате «фоторазбрызгивания» теряли бы свою массу в 20 раз быстрее, чем при обычном тепловом испарении. При таких обстоятельствах частица льда размером 100 мк просуществовала бы в составе колец Сатурна не более 100 000 лет, то есть очень мало по сравнению с возрастом планетной системы.

Но, может быть, происходит обратный процесс — аккреция вещества, заполняющего межпланетное пространство, как результат прилипания частиц (главным образом протонов и молекул гидроксидов OH) к ледяным. Вообще говоря, вблизи Сатурна аккреция может иметь место. Если бы прилипание частиц из окружающей среды происходило достаточно эффективно (а это зависит от характера поверхности тела и рода частиц), то потребовалась бы плотность среды всего лишь 100 частиц в 1 см³, чтобы уравнять скорость «фоторазбрызгивания». Между тем дело обстоит много сложнее. Может быть этот процесс происходит с участием молекул OH? Но, по-видимому, именно в окрестностях Сатурна концентрация этих молекул значительно меньше, чем обычно в межпланетном пространстве.

Если кольца Сатурна состоят все же из крупинки льда (а этот вопрос остается пока открытым), то предстоит еще многое сделать, чтобы объяснить их длительное существование в течение миллиардов лет.

«Science», 157, 3793, 1967.

ПЯТЫЙ ЮПИТЕРА

АРТУР БЛАКР

Профессор Форстер такой коротышка, что для него пришлось сделать особый космический скафандр. Однако, как это часто бывает, малый рост с лихвой возмещался кипучей энергией и задором. Когда я познакомился с ним, он уже двадцать лет добивался осуществления своей мечты. Больше того, он сумел убедить множество трезвых дельцов, депутатов Всемирного совета и руководителей научных трестов, чтобы они финансировали его проект и снарядили для него корабль. Потом было немало примечательных событий, но я по-прежнему считаю это самым поразительным из достижений профессора...

«Арнольд Тойнби» стартовал с Земли с командой из шести человек. Кроме профессора, в состав экспедиции вошли его главный помощник Чарльз Эштон и обычная тройка — пилот, штурман, инженер, а также два аспиранта: Билл Хоукинс и я. Мы с Биллом еще ни разу не бывали в космосе, и все нам казалось до того увлекательным, что нас несколько не волновало, успеем ли мы вернуться на Землю до начала следующего семестра. Между прочим, нашего научного руководителя это, по-видимому, тоже не волновало. Характеристики, которые он нам написал, были полны экивоков, но так как людей, мало-мальски разбирающихся в марсианских письменах, можно было сосчитать по пальцам одной руки (извините за штамп), нас взяли.

Поскольку летели мы на Юпитер, а не на Марс, было не совсем ясно, причем тут марсианские письмена. Но мы кое-что знали о теории профессора и строили весьма хитроумные догадки. Они частично подтвердились на десятый день после отлета.

Когда по вызову профессора мы явились в его кабину, он встретил нас оценивающим взглядом. Даже при нулевой силе тяжести, когда мы цеплялись за что попало и уподоблялись плавающим водорослям, профессор Форстер всегда ухитрялся сохранять достоинство. Он посмотрел на Билла, потом на меня, потом опять на Билла, и мне показалось (конечно, я мог ошибиться), что он думает: «За что мне такое наказание?» Последовал глубокий вздох, явно означавший: «Все равно теперь уже поздно, ничего не поделаешь», и профессор заговорил медленно, терпеливо, как обычно, когда он что-нибудь объясняет. Во всяком случае, он обычно говорит таким тоном с нами. Правда, мне сейчас пришлось в голову, что... Ладно, не будем отвлекаться.

— До сих пор,— начал он,— у меня просто не было времени рассказать вам о цели нашей экспедиции. Но, может быть, вы уже догадались?

— Мне кажется, я догадался,— ответил Билл.

— Ну-ка, послушаем.— В глазах профессора мелькнул задорный огонек.

Я хотел остановить Билла, но... Вы пробовали лягнуть кого-нибудь в состоянии невесомости?

— Вы ищите доказательства... то есть, дополнительные доказательства для вашей теории о диффузии внеземных культур.

— А как вы думаете, почему я ищу их на Юпитере?

— Точно не знаю, но мне кажется, вы рассчитываете найти что-нибудь на одном из его спутников...

— Блестяще, Билл, блестяще! Известны пятнадцать спутников Юпитера, причем их общая площадь приблизительно равна половине земной поверхности. Где бы вы начали поиски, будь у вас на то неделька-другая? Мне это весьма интересно узнать.

Билл неуверенно поглядел на профессора, точно заподозрив его в сарказме.

— Я не очень силен в астрономии,— сказал он.— Но кажется, в числе этих пятнадцати спутников есть четыре больших луны. Я бы начал с них.

— К вашему сведению, каждая из этих лун — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — по величине равна Африке. Вы стали бы обследовать их в алфавитном порядке?

— Нет,— сразу ответил Билл.— Я начал бы с той из них, которая ближе к планете.

— Пожалуй, не стоит больше напрасно тратить время на изучение вашей способности логически мыслить.— Профессор вздохнул, ему явно не терпелось начать заготовленную речь.— К тому же, вы глубоко ошибаетесь. Большие спутники нам ни к чему. Их давно сфотографировали, а часть поверхности изучена непосредственно. Там нет ничего интересного для археолога. Мы же с вами летим на объект, который еще никто не исследовал.

— Неужели на Юпитер?!— ахнул я.

— Что вы, к чему такие крайности! Но мы будем к нему так близко, как еще никто не бывал.

Он помолчал.

— Как известно — впрочем, вам это вряд ли известно — между спутниками Юпитера путешествовать почти так же трудно, как между планетами, хотя расстояния значительно меньше. Это объясняется тем, что у Юпитера мощнейшее гравитационное поле и спутники обращаются вокруг него с удивительной быстротой. Наиболее близкий к планете спутник движется почти со скоростью Земли. Чтобы попасть на него с Ганимеда, потребуется примерно столько же горючего, сколько на маршрут Земля — Венера, хотя весь перелет займет полтора дня. Вот этот-то перелет мы и осуществим. Никто до нас не летал туда — нечем было оправдать такие затраты. Диаметр пятого спутника Юпитера всего каких-нибудь тридцать километров, и от него



ничего интересного не ждали. На внешние спутники попасть куда легче, и все же на некоторые из них еще ни разу никто не высаживался — что толку зря расходовать горючее!

— Почему же мы его расходуете? — нетерпеливо перебил я.

Я считал, что из затей профессора ничего не выйдет, но это меня не очень тревожило: было бы интересно и не слишком опасно.

Пожалуй, стоит сознаться (а впрочем стоит ли? Ведь другие об этом помалкивают!), что в то время я абсолютно не верил в теорию профессора Форстера. Конечно, я понимал, что он блестящий специалист в своей области, но всему есть предел, и наиболее фантастические его идеи казались мне нелепостью. Нет, в самом деле, свидетельства были настолько шаткими, а выводы настолько революционными, что поневоле усомнишься.

Возможно, вы еще помните, как был удивлен мир, когда первая экспедиция на Марс обнаружила следы не одной, а двух древних цивилизаций. Обе достигли высокого развития, но обе погибли свыше пяти миллионов лет назад. Причину их гибели пока установить не удалось. Во всяком случае, их погубила не война, потому что обе цивилизации благополучно сосуществовали. Представители одной цивилизации биологически напоминали насекомых, а представители второй были ближе к пресмыкающимся. По-видимому, аборигенами Марса были насекомые. Люди-рептилии (их цивилизацию обычно называют «культурой X») прибыли на планету позднее.

Во всяком случае, так считал профессор Форстер. Точно известно, что они владели секретом космических полетов: развалины их крестообразных городов были обнаружены не более и не менее как на Меркурии. По мнению Форстера, они пытались освоить все малые планеты; Земля и Венера им не

подходили из-за большой силы тяжести. Профессора несколько огорчало, что на Луне не нашли никаких следов «культуры X», но он был уверен, что их найдут.

По общепринятой теории, «культура X» первоначально возникла на какой-то малой планете или на спутнике, люди-рептилии установили мирный контакт с марсианами — в ту пору единственными, кроме них, разумными существами в солнечной системе, но затем их цивилизация погибла одновременно с марсианской. Однако профессор Форстер построил куда более смелую гипотезу. Он не сомневался, что «культура X» явилась в солнечную систему из межзвездного пространства, и его раздражало, что никто, кроме него, не верил в эту теорию; впрочем, не так уж сильно раздражало, ибо он принадлежал к числу людей, которые счастливы только тогда, когда находятся в меньшинстве.

Слушая профессора, я смотрел в иллюминатор на Юпитер. Это было великоленное зрелище. Вот экваториальные пояса облаков, а вот, рядом с планетой, словно маленькие звездочки — три спутника. Который из них Ганимед — первая остановка на нашем пути?

— Если Джек удостоит нас своим вниманием, — продолжал профессор, — я объясню, почему мы отправились в такую даль. Вы знаете, что в прошлом году я довольно много копался в развалинах в сумеречной зоне Меркурия. Возможно, вы знакомы с докладом, который я прочел по этому вопросу в Лондонском институте экономики. Может быть, вы даже сами сидели в аудитории? Помнится мне, в задних рядах был какой-то шум... Так вот, тогда я умолчал о том, что обнаружил на Меркурии важный ключ к разгадке происхождения «культуры X». Да-да, я ничего не сказал, как ни соблазнительно было дать сдачи тупицам вроде доктора Хотона, когда они пытались проехать на мой счет. Не мог же я рисковать, что кто-нибудь доберется туда прежде, чем я смогу организовать экспедицию. В числе моих находок был хорошо сохранившийся барельеф с изображением солнечной системы. Конечно, это не первое открытие такого рода: как вы знаете, астрономические мотивы часто встречаются и в собственно марсианском искусстве, и в искусстве «культуры X». Но здесь, рядом с несколькими планетами, включая Марс и Меркурий, были представлены какие-то непонятные знаки. По-моему, эти символы как-то связаны с историей «культуры X». И что всего любопытнее — особо выделяется почему-то маленький пятый спутник Юпитера, чуть ли не самый неприметный из всех его спутников. Я убежден, что именно там можно найти ключ ко всей проблеме «культуры X», — вот почему я и лечу туда.

Помнится, тогда рассказ профессора не произвел на нас с Биллом большого впечатления. Допустим, представители «культуры X» побывали на «Пятерке» и даже почему-то оставили там свои изделия. Конечно, было бы интересно раскопать их, но вряд ли они окажутся такими важными, как думает профессор. Вероятно, он был разочарован тем, как мало восторга мы проявили. Но он был сам виноват, потому что — и мы вскоре в этом убедились, — все еще кое-что таил от нас.

Примерно через неделю мы высадились на Ганимеди — крупнейшем спутнике Юпитера и единственном, на котором есть постоянная база — обсерватория и геофизическая станция с полусотней

сотрудников. Все они были рады гостям, но мы задержались недолго, только для заправки — профессору не терпелось лететь дальше. Естественнo, всех заинтересовало, почему мы направляемся именно на «Пятерку», но профессор хранил молчание, а мы не смели его нарушить; он не спускал с нас глаз.

Ганимед, между прочим, очень интересное место, а на обратном пути нам удалось поближе с ним познакомиться. Но я обещал статью о нем другому журналу, так что не буду распространяться здесь. (Постарайтесь не пропустить очередной номер «Национального астрографического журнала».)

Прыжок с Ганимеда на «Пятерку» занял чуть больше полутора дней. Было немного жутко наблюдать, как Юпитер растет с каждым часом, грозя заполнить все небо. Я мало смыслю в астрономии, но меня не покидала мысль о чудовищном гравитационном поле, в котором мы падали. Мало ли что может случиться?! Скажем, горючее кончится, и мы не сумеем вернуться на Ганимед, а то и упадем на Юпитер.

Хотел бы я описать это зрелище: вращающийся перед нами колоссальный шар, опоясанный полосами свирепых бурь... Откровенно говоря, я даже попытался, но мои друзья-литераторы, читавшие рукопись, посоветовали мне выбросить этот кусок. (Они надавали мне еще кучу советов, которые я решил не принимать всерьез, иначе этот рассказ вообще не увидел бы света.)

К счастью, теперь опубликовано столько цветных «портретов» Юпитера, что вы не могли их не видеть. Возможно, вам попался и тот снимок, который был причиной всех наших неприятностей. (Дальше вам все будет ясно.)

Наконец, Юпитер перестал расти; мы вышли на орбиту «Пятерки», вот-вот — и мы догоним крохотную луну, стремительно обращающуюся вокруг своей планеты. Все мы втиснулись в рубку, чтобы как можно раньше увидеть цель, — во всяком случае, все, кому хватило места. Мы с Биллом стояли у входа, пытаюсь хоть что-то разглядеть через головы остальных. Кингсли Сирл, наш пилот, сидел в своем кресле, как всегда невозмутимый, инженер Эрик Фултон задумчиво жевал ус, глядя на топливомер, а Тони Груве сидел над своими таблицами.

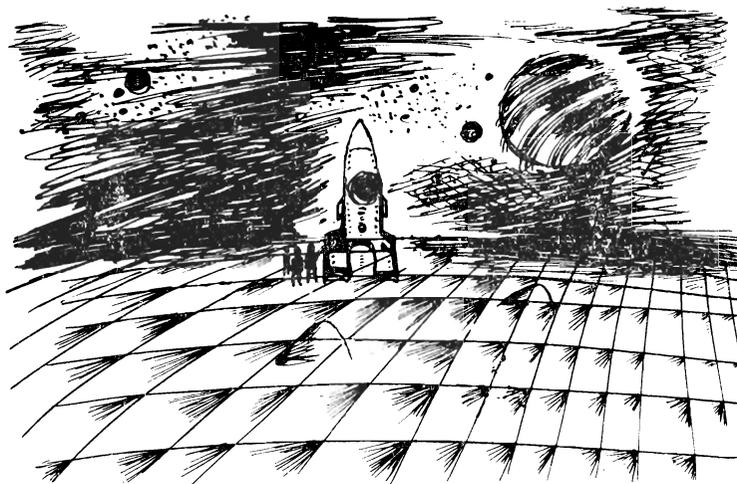
Профессор словно прирос к окуляру телескопа. Вдруг он вздрогнул и тихо ахнул. Потом молча кивнул Сирлу и уступил ему место у окуляра. Сирла сменил Фултон. Когда вздрогнул и Груве, нам это надоело, мы протиснулись к окуляру и после короткого боя овладели им.

Не знаю, что именно я ожидал увидеть, во всяком случае, — я был разочарован. В пространстве перед нами висела неполная луна, ее ночной сектор едва просматривался в отраженном свете Юпитера. И все.

Но вот мои глаза, как это бывает, когда достаточно долго смотришь в телескоп, начали различать детали. Поверхность спутника покрывали тонкие пересекающиеся линии, и вдруг я уловил в них определенную закономерность. Да-да, эти линии образовали геометрически правильную сетку, совсем как параллели и меридианы на земном глобусе. Вероятно, это тоже присвиистнул от удивления, потому что Билл оттолкнул меня и сам прильнул к окуляру.

До чего же самодовольный вид был у профессора Форстера, когда мы засыпали его вопросами.

— Конечно, — объяснил он, — для меня это не



такая неожиданность, как для вас. Помимо барельефа, найденного на Меркурии, я располагал еще и другими данными. В обсерватории на Ганимеде работает один мой друг, я посвятил его в свою тайну, и последние несколько недель он основательно потрудился для меня. Человек посторонний удивился бы, как мало обсерватория занималась спутниками. Самые мощные приборы наведены на внегалактические туманности, а остальные — на Юпитер и только на Юпитер. Что касается «Пятерки», то сотрудники обсерватории измерили ее диаметр и сделали несколько общих снимков, чем дело и ограничилось. Снимки вышли недостаточно четкие и не выявили линий, которые мы с вами сейчас видели, не то, конечно, этим вопросом занялись бы раньше. Стоило мне попросить моего друга Лоутона навести на «Пятерку» стосантиметровый рефлектор, как он их сразу обнаружил. Кроме того, он отметил одну вещь, на которую давно бы следовало обратить внимание. Диаметр «Пятерки» — всего тридцать километров, но яркость никак не соответствует таким малым размерам. Когда сравниваешь ее отражательную способность или альбедо... аль...

— Альбедо!

— Спасибо, Тони... Когда сравниваешь ее альбедо с альбедо других лун, оказывается, что она гораздо лучше их отражает свет. Отражает, как полированный металл, а не как горная порода.

— Вот оно что! — воскликнул я. — Народ «культуры X» покрыл «Пятерку» внешней оболочкой! Что-то вроде куполов, которые нам знакомы по Меркурию, только размеры побольше.

Профессор поглядел на меня с явным состраданием.

— Вы все еще не догадались! — сказал он.

По-моему, это было не совсем справедливо с его стороны. Скажите откровенно, вы на моем месте лучше справились бы с задачей?

Через три часа мы опустились на огромную металлическую равнину. Глядя в иллюминатор, я чувствовал себя карликом. Муравей, взбравшийся на газгольдер, наверно, понял бы меня. А тут еще громадина Юпитер над головой. Даже обычная само-

уверенности профессора как будто уступила место почтительной робости.

Равнина была не совсем гладкой. Ее прочерчивали широкие полосы, покрывающие стыки громадных металлических плит. Эти самые полосы, вернее, образованную ими сетку мы и видели из космоса.

Метрах в трехстах от нас возвышалось что-то вроде пригорка. Мы заметили его еще в полете, когда обследовали маленький спутник с высоты. Всего таких выступов было шесть. Четыре помещались на равном расстоянии друг от друга вдоль экватора, два — на полюсах. Напрашивалась догадка, что перед нами входы, ведущие внутрь металлической оболочки.

Я знаю, многие думают, будто бродить в космическом скафандре по планете с малым тяготением и без атмосферы — занятие чрезвычайно увлекательное. Эти люди ошибаются. Нужно столько всего помнить, делать столько проверок и принимать столько мер предосторожности, что тут уж не до романтики. Во всяком случае, так обстоит дело со мной. Правда, на этот раз я был так возбужден, когда мы выбрались из шлюза, что не помнил абсолютно ничего.

Сила тяжести на «Пятерке» так мала, что ходить там нельзя. Связанные, как альпинисты, мы скользили по металлической равнине, используя отдачу реактивных пистолетов. На концах цепочки находились опытные космонавты Фултон и Грузв, и всякая опометчивая инициатива тотчас тормозилась.

Через несколько минут мы добрались до цели — широкого, низкого купола около километра в окружности. А может быть, это огромный воздушный шлюз, способный принять целый космический корабль?.. Все равно мы сможем проникнуть внутрь только благодаря какой-нибудь счастливой случайности — ведь механизмы, несомненно, давно испортились, да хоть бы и не испортились, нам с ними не справиться. Что может быть мучительнее: стоять на пороге величайшего археологического открытия и ощущать свою полнейшую беспомощность.

Мы обогнули примерно четверть окружности купола, когда увидели зияющее отверстие в металлической оболочке. Оно было невелико, метра два в поперечнике, и настолько правильной формы, что мы даже не сразу сообразили, что это такое. Потом я услышал в радиophone голос Тони:

— А ведь это не искусственное отверстие. Мы обязаны им какому-то метеориту.

— Не может быть! — возразил профессор Форстер. — Оно слишком правильное.

Тони стоял на своем.

— Большие метеориты всегда оставляют круглые отверстия, разве что удар был направлен по касательной. Посмотрите на края, сразу видно, что был взрыв. Вероятно, сам метеорит вместе с оболочкой испарился, и мы не найдем никаких осколков.

— Что ж, это вполне возможно, — вставил Кингсли. — Сколько времени стоит эта конструкция? Пять миллионов лет? Удивительно, что мы не нашли других кратеров.

— Возможно, вы угадали. — На радостях профессор даже не стал спорить. — Так или иначе, я войду первым.

— Хорошо, — сказал Кингсли. (Ему, как капитану, принадлежало последнее слово в таких вопросах.) — Я вытравлю двадцать метров троса и сам

сяду на краю, чтобы можно было поддерживать радиосвязь. А не то оболочка будет экранировать.

И профессор Форстер первым вошел внутрь «Пятерки» — честь, принадлежавшая ему по праву. А мы столпились около Кингсли, чтобы он мог нам передавать, что говорит профессор.

Форстер ушел недалеко. Как и следовало ожидать, внутри первой оболочки была вторая. Расстояние между ними позволяло стоять во весь рост, и, светя фонариком в разные стороны, он всюду видел ряды подпорок и стоек, но и только.

Прошло еще двадцать четыре томительных часа, прежде чем нам удалось проникнуть дальше. Помню, под конец я не выдержал и спросил профессора, как это он не догадался захватить взрывчатку. Профессор обиженно посмотрел на меня.

— Того, что есть на корабле, хватит, чтобы всех нас отправить на тот свет, — ответил он. — Но взрывать — значит, рисковать что-нибудь разрушить. Лучше постараемся придумать другой способ.

Вот это выдержка! Впрочем, я его понимал. Что такое лишний день, если ищешь уже двадцать лет?

Вход обнаружил — кто бы вы думали? — Билли Хоукинс. Возле северного полюса этой маленькой планеты он увидел громадное, метров сто в поперечнике, отверстие. Метеорит пробил тут обе внешние оболочки. Правда, за ними оказалась еще третья, но... благодаря одному из тех совпадений, которые случаются, если прождать несколько миллионов лет, в это отверстие угодил другой метеорит поменьше и пропорол ее. Третья пробоина была совсем небольшая, только-только пролезть человеку в скафандре. Мы нырнули в нее один за другим.

Наверно, за всю жизнь мне не придется испытать такого странного чувства, какое овладело мной, когда я висел под этим исполинским сводом, будто паук под куполом собора Святого Петра. Мы знали, что нас окружает огромное пространство, но не знали, как оно велико, потому что свет фонарей не давал возможности судить о расстоянии. Здесь не было пыли, не было воздуха, поэтому лучи были попросту невидимы. Направишь луч на купол — светлый овал скользит все дальше, расплывается и, наконец, совсем пропадает. Посветишь вниз — видно какое-то бледное пятно, но так далеко, что ничего не разобрать.

Под действием еле заметной силы тяжести мы медленно падали, пока нас не остановили тросы. Над собой я видел мерцающий кружок там, где мы входили; конечно, далековато, но все-таки легче на душе.

Я раскачивался на тросе, во тьме кругом мерцали бледные звездочки — фонарики моих товарищей, и тут меня вдруг осенило. Забыв, что все радиophone настроены на одну волну, я завопил:

— Профессор, по-моему, это вовсе не планета! Это космический корабль!

И тут же смолк, чувствуя себя последним дураком. Секунду царил напряженная тишина, затем она сменилась нестройным гулом — все заговорили разом. Тем не менее я разобрал голос профессора Форстера и сразу понял, что он удивлен и доволен. — Совершенно верно, Джек. На этом корабле «культура X» прибыла в солнечную систему.

Кто-то — кажется, Эрик Фултон — недоверчиво хмыкнул:

— Это фантастика! Корабль поперечником в тридцать километров!

— Уж вы-то должны в этом разбираться, — заме-



тил профессор кротко.— Представьте себе, что какая-то цивилизация задумала пересечь межзвездное пространство. Как решить задачу? Только так: собрать в космосе управляемый планетоид, хотя бы на это ушло не одно столетие. Ведь надо обеспечить несколько поколений всем необходимым, поэтому корабль должен быть самостоятельным миром, отсюда — такие размеры. Кто знает, сколько солнц они облетели, прежде чем нашли наше? Наверно, у них были и другие корабли, поменьше, чтобы спускаться на планеты, база же в это время оставалась где-нибудь в космосе. Они выбрали эту ор-

биту вокруг самой большой планеты, где можно было спокойно оставить корабль на веки вечные или до той поры, пока он не понадобится опять. Простейшая логика: если пустить базу вокруг Солнца, со временем притяжение планет изменит ее орбиту настолько, что потом не отыщешь. Здесь же ничего подобного произойти не могло.

— Скажите, профессор,— спросил кто-то,— вы все это знали еще до начала экспедиции?

— Предполагал... Такой вывод подсказывали все факты. Пятый спутник всегда отличался некоторыми странностями, но до сих пор на это как-то не обращали внимания. Почему эта крохотная луна находится так близко от Юпитера, в восемьдесят раз ближе, чем остальные малые спутники? С точки зрения астрономии — это нелепо. А теперь довольно болтовни. Нам ждет работа.

И какая это была работа! На долю нашей семерки выпало величайшее археологическое открытие всех времен, и нам предстояло исследовать целый мир, пусть маленький, пусть искусственный, но все-таки мир. Что мы могли сделать? Наскоро провести беглую разведку, ведь материала здесь было достаточно для поколений исследователей.

Прежде всего мы спустили в проем мощный прожектор, подвешенный на длинном кабеле, который соединял его с кораблем. Прожектор должен был не только освещать внутреннюю часть спутника (до сих пор не могу заставить себя называть «Пятерку» кораблем), но и служить нам маяком. Затем мы спустились вдоль кабеля до следующего яруса. При такой малой силе тяжести падение с высоты в один километр ничем не грозило; легкий толчок полностью погашался пружинящими шестами, которыми мы вооружились.

Не буду занимать место описанием всех чудес «Пятерки», и без того опубликовано достаточно снимков, карт и книг. (Кстати, следующим летом в издательстве «Сиджвик энд Джексон» выйдет моя книга.) Что мне хотелось бы, так это передать вам ощущения людей, которые первыми проникли в этот странный металлический мир. Но я, поверьте, просто не помню, что чувствовал, когда мы увидели первую входную шахту, словно накрытую исполинским грибом. Должно быть, случившееся чудо настолько поразило и взволновало меня, что частности просто забылись. Однако я помню, какое впечатление произвели на меня размеры конструкций. Этого никакие фотографии не могут передать. Создатели «Пятерки», уроженцы планеты с небольшим тяготением, были настоящие великаны — в четыре человеческих роста. Рядом с их сооружениями мы выглядели пигмеями.

В тот первый раз мы не проникали дальше верхних ярусов и не видели тех чудес науки, которые были открыты последующими экспедициями. Да нам и в жилых отсеках хватало работы; проживи мы несколько жизней, и то не управились бы со всем. По-видимому, в прошлом внутренний шар освещался искусственным солнечным светом, источником которого была тройная защитная оболочка, не позволявшая атмосфере улетучиться в космос. На поверхности шара юпитеряне (так уж повелось называть представителей «культуры X») старательно воспроизвели условия покинутого ими мира. Вполне возможно, что у них были дожди и туманы, дни и ночи, сменялись времена года. Они взяли с собой в изгнание даже крохотное «море». Вода сохранилась, превратившись в ледяное поле шириной

около трех километров. Говорят, как только будут заделаны пробойны в наружных оболочках, воду подвергнут электролизу, и восстановят на «Пятерке» атмосферу.

Чем больше мы видели, тем больше нам нравились существа, в чьи владения мы вторглись впервые за пять миллионов лет. Они были великанами, они прилетели из другой солнечной системы, но в них было много человеческого. И бесконечно жаль, что наши цивилизации разминулись на какие-то секунды, если мерить космическими масштабами.

Наверно, еще никому в истории археологии так не везло, как нам. Во-первых, космический вакуум предохранил все от разрушения. Во-вторых, юпитеряне — на это уже никак нельзя было рассчитывать, — принимаясь осваивать солнечную систему, оставили на корабле немало сокровищ. На поверхности внутреннего шара, все выглядело так, как будто долгое путешествие корабля закончилось только вчера. Возможно, странники решили сбросить базу как святыню, как память о покинутой родине, а может быть, думали, что им эти вещи еще когда-нибудь пригодятся.

Так или иначе, все сохранилось в первозданном виде. Иной раз даже страшно становилось. Фотографирую вместе с Биллом великоленную резьбу, и вдруг буквально душа сжимается от чувства какой-то безвременности. И я пугливо озирался: казалось, вот-вот в эти стрельчатые двери войдут великаны и возобновят прерванную на миг работу.

Мы открыли Галерею искусств на четвертый день. Иначе не скажешь, это была именно галерея. Когда Груве и Сирл после беглой разведки южного полушария доложили об этом открытии, мы решили сосредоточить там все наши силы. Ведь, как сказал кто-то, в искусстве выражается душа народа. Мы надеялись найти там ответ на загадку «культуры X».

Постройка была громадной, даже для таких исполинов. Металлическая, как и все остальные постройки на «Пятерке», она, однако, не казалась бездушно практичной. Ее шпиль взметнулся вверх в половину расстояния до крыши этого мира, и издали, откуда не видно деталей, здание походило на готический собор. Некоторые авторы, сбитые с толку этим случайным сходством, называют это здание храмом, но мы не обнаружили никаких следов религии у юпитерян. Другое дело — «Храм искусств», недаром это название укоренилось так прочно.

Приблизительно подсчитано, что в одном этом хранилище от десяти до двадцати миллионов экспонатов — лучших плодов долгой истории народа, который, вероятно, был намного старше человечества. Именно здесь я обнаружил небольшое круглое помещение, сперва показавшееся мне всего лишь местом пересечения шести радиальных коридоров. Я отправился на разведку один, нарушая приказ профессора, и теперь искал кратчайший путь обратно к своим товарищам. По сторонам беззвучно уходили назад темные стены, свет фонаря плясал по потолку впереди. Потолок был покрыт высеченными письменами, и я с таким вниманием изучал их в надежде обнаружить знакомые сочетания, что не замечал ничего вокруг. Вдруг я увидел статую и навел на нее фонарь.

Первое впечатление от великого произведения искусства всегда неповторимо. А тут оно еще усиливало тем, какой предмет был изображен. Я пер-

вым из людей узнал, как выглядели юпитеряне, — да-да, передо мной стоял юпитерянин, несомненно, изваянный с натуры рукою подлинного мастера.

Узкая змеяная голова была повернута ко мне, незрячие глаза смотрели прямо в мои. На лице совсем отсутствовали носдри, а на шее виднелось что-то вроде жаберных щелей. Верхние две руки, как бы выражая отрешенность, были прижаты к груди, две другие держали инструмент, назначение которого не разгадано до сих пор. Мощный хвост — видимо, как у кенгуру, служил опорой для тела — был распростерт по полу, подчеркивая впечатление покоя.

Ни голова, ни тело, ничем не напоминали человека. И все-таки эта фигура глубоко тронула меня. Я никогда не думал, что художник может так победить время, преодолеть барьер, разделяющий две культуры. «Не человек, но так человек!» — сказал о скульптуре профессор Форстер. Конечно, многое отличало нас от творцов этого мира, но в основном, в основном, мы были близки друг другу.

Мы ведь способны по морде собаки или лошади, отнюдь не родственных нам созданий, догадываться об их чувствах. Так и здесь мне казалось, что я понимаю чувства существа, которое стояло передо мной. Я видел мудрость, видел ту твердость, спокойную, уверенную силу, которой, например, проникнут знаменитый портрет дожа Лоредано, кисти Джованни Беллини. Но угадывалась и печаль, печаль народа, который совершил безмерный подвиг понапрасну.

До сих пор остается загадкой, почему эта статуя оказалась единственным изображением юпитерянина. Вряд ли у столь просвещенного народа могли быть какие-нибудь табу на этот счет. Возможно, мы узнаем в чем дело, когда расшифруем надписи на стенах маленького зала.

Впрочем, значение статуи и без того понятно. Ее поставили, чтобы она, одержав победу над временем, приветствовала здесь того, кто когда-нибудь пройдет по следу ее творцов. Наверно, именно поэтому она сделана намного меньше натуральной величины. Видно, они уже тогда догадывались, что будущее принадлежит Земле или Венере, а это значит — существам, которые выглядели бы карликами рядом с юпитерянами. Они понимали, что физические размеры могут оказаться таким же барьером, как время.

Через несколько минут я отыскал своих товарищей и вместе с ними направился к кораблю, спеша рассказать про свое открытие профессору, который весьма неохотно оставил работу, чтобы немного отдохнуть (все время, пока мы находились на «Пятерке», профессор Форстер спал не больше четырех часов в сутки). Когда мы выбрались из пробойны и вновь оказались под звездами, металлическую равнину заливал золотистый свет Юпитера.

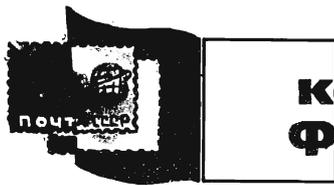
— Вот так штука! — услышал я в радиопhone голос Билла. — Профессор передвинул корабль.

— Чепуха, — возразил я, — он стоит там, где стоял.

Но тут я повернул голову и понял, почему Билл ошибся. К нам прибыли гости.

(Окончание в следующем номере)

*Перевод с английского Л. Л. ЖДАНОВА
Рисунки Ю. М. АРАТОВСКОГО*



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Мягкая посадка АМС на Луне и искусственные спутники Луны на марках мира

Недавно в Москве с большим успехом прошла филателистическая выставка, на которой демонстрировались филателистические документы и марки, посвященные исследованию Луны. Коллекция марок, изданных в разных странах мира, была представлена в хронологическом порядке. Такая экспозиция выставки воспринималась как хорошо иллюстрированная история изучения нашего естественного спутника. На марках можно проследить, какой сложный путь прошла наука от далекой древности до наших дней. Особенно красочно марки рассказывали об основных этапах исследования Луны, связанных с именами таких ученых, как китайский астроном Чжан Хэн (78—139 гг. н. э.), впервые правильно объяснивший причину лунных затмений и явление лунных фаз; Клавдий Птолемей (умер около 168 г. н. э.), разработавший теории движения Солнца и Луны; Насир-эддин Туси (1201—1274 гг.)—азербайджанский астроном и математик, составивший таблицы для предвычисления положений Луны; Леонардо да Винчи (1452—1519 гг.), который впервые дал правильное толкование пепельному свету Луны; Галилео Галилей (1564—1642 гг.), открывший горы на Луне; Леонард Эйлер, опубликовавший в 1753 г. книгу «Новая теория движения Луны». И, конечно, марки прекрасно иллюстрируют короткий, но блестящий путь, который прошла современная космонавтика от запуска первого советского лунника до посадки космических аппаратов на поверхность Луны и создания искусственных спутников Луны. В этой статье мы сделали обзор марок, посвященных самому



последнему этапу изучения Луны.

В начале февраля 1966 г. мир облетело сенсационное сообщение о мягкой посадке на поверхность Луны советской автоматической станции «Луна-9».

Министерство связи СССР стремилось возможно оперативнее отразить на марках столь выдающееся достижение советской космонавтики. Поэтому было решено выпустить марку-надпечатку. Естественно, марка, которая должна была вторично поступить в почтовое обращение, но со специальной надпечаткой, могла быть только «лунной». Такой оказалась изданная в 1963 г. марка, посвященная запуску станции «Луна-4». На ней была сделана типографская надпечатка серебристой краской: «Луна-9», на Луне! 3. 2. 66». Марка появилась в почтовых отделениях связи уже через два дня после посадки. (Это—вторая советская космическая надпечатка; первая была сделана в 1957 г. на марке с портретом К. Э. Циолковского и посвящена запуску

первого советского искусственного спутника Земли.)

25 ноября 1966 г. в СССР была издана оригинальная серия из трех марок (скомпанованных в виде горизонтальных сцепок, размещенных по восемь серий на марочном листе). Эти марки очень интересны по содержанию и имеют большое познавательное значение. На первой из них показана схема полета автоматической межпланетной станции «Луна-9», ее положение на орбите во время коррекции, часть ландшафта Луны и место в районе Океана Бурь, где станция совершила посадку. Марка называется «Новый этап космической эры». На ней указаны даты старта и мягкой посадки аппарата. На второй марке изображены вымпел и герб СССР, доставленные на поверхность Луны, и текст—«Луна-9» на Луне. 3.2.1966.» Третья марка называется «Советская лаборатория действует на Луне». На ней надпись: «Телесеанс с Луны. 4. 2. 1966». На марке показана станция «Луна-9» в рабочем состоянии и первая панорама лунной поверхности, переданная на Землю. Этому событию посвящена также одна из новых советских стандартных марок, на





которой изображены станция на лунной поверхности и первый советский искусственный спутник Луны на селеноцентрической орбите.

Почти все социалистические страны отметили посадку автоматической станции «Луна-9» выпуском специальных марок. Сначала марка на эту тему появилась в ГДР (7 марта 1966 г.). Прекрасно выполненная полиграфически, она оказалась, пожалуй, наиболее интересной среди зарубежных марок. Через несколько дней (12 марта 1966 г.) вышла серия из двух марок Венгрии. На одной из них показан предпосадочный момент, когда специальными двигателями осуществляют торможение станции перед непосредственным прилунением. Всего в социалистических странах (ГДР, Болгария, Венгрия,

Румыния, Югославия, Монголия, КНДР, ДРВ, Польша, Чехословакия) и в СССР выпущено более 30 марок, посвященных мягкой посадке «Луны-9».

Первую мягкую посадку на поверхность Луны отметили также Парагвай, Эквадор, Суринам, Камерун, Того, Центральная Африканская Республика, Гвинея и др.

Вскоре была одержана еще одна победа советской космонавтикой — на селеноцентрической орбите появился первый искусственный спутник Луны — «Луна-10», а в дни работы XXIII съезда КПСС торжественно прозвучала мелодия «Интернационала» с борта этой станции. На марках многих стран (Албания, Камерун, КНДР, Куба, Монголия, Эквадор и др.) художники в большинстве случаев изобразили советский лунный спутник с фотографической точностью. Однако было исключение: 8 апреля, спустя пять дней после вывода спутника на орбиту, Министерство связи СССР выпустило беззубцовую марку ромбовидной формы, отличающуюся необычностью замысла художника Е. Анискина. Как же выглядит эта марка? На золотистом фоне — полет обитаемой лунной лаборатории. Красный и синий треугольники символизируют стыкованные космические аппараты. На купоне — схематическое изображение траектории будущего полета стыкованных космических кораблей на Луну. На марке яркая надпечатка: «Луна-10» — XXIII съезду КПСС».

Особый интерес представляет марка из серии «День космонавтики — 1967». Авторы марки — летчик-космонавт А. Леонов и

художник А. Соколов изобразили искусственный спутник Луны и планету Земля на фоне звездного неба. Всего запускам «Луны-9, -10, -11, -12» посвящено около 80 марок и блоков, изданных более чем в 20 странах.



Известно, что американская программа исследования Луны осуществлялась вначале космическими аппаратами «Рейнджер», а затем аппаратами «Сервейер» и «Лунар Орбитер». Однако в США марки с такими сюжетами не выпускаются. Зато в странах, весьма далеких от космических исследований, вышли многочисленные серии, посвященные американским запускам. Это преимущественно южноамериканские и некоторые африканские страны, а также социалистические страны: Румыния, Югославия, Венгрия. Несомненный познавательный интерес представляют марки Парагвая о полетах станции «Рейнджер-7» и «Сервейер-1». Об этих запусках рассказывают около 50 марок, изданных в 15 странах.

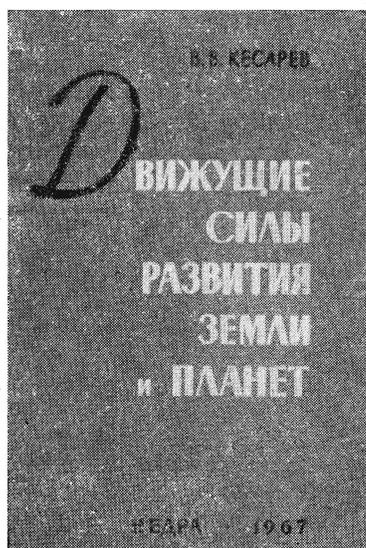
В. А. ОРЛОВ



«Движущие силы развития Земли и планет»

Эта книга, написанная доктором химических наук В. В. Кесаревым и изданная в 1967 г. Ленинградским отделением издательства «Недра», вызывает у читателя множество эмоций. Броское название и весьма актуальная тема (химическая эволюция планетного вещества) сразу привлекают внимание. В предисловии редактора В. П. Якуцени сообщается, что в этой «весьма своеобразной и оригинальной работе... широкий охват самых разнообразных вопросов эволюции планет — от их формирования, дифференциации вещества, возникновения на них жизни и до гибели, распада и превращения их в космическую пыль — создает ясную и стройную картину эволюции планет и прежде всего самой Земли...». Читатель предвкушает большое удовольствие от чтения такой интересной книги. Правда, некоторое беспокойство вызывает замечание редактора — «естественно, что при таком широком охвате явлений... не все положения и расчеты... бесспорны... например... объяснение всплеск на поверхности Марса бликами от водяных фонтанов... неправдоподобно мал оставшийся срок существования Юпитера, а также и Солнца... и т. д.».

Беспокойство усиливается после авторского введения, где приводится пространная цитата из



брошюры О. Ю. Шмидта 1949 г. о кризисе планетной космогонии в тот период, когда он начинал свои исследования. Далее В. В. Кесарев заявляет, что за прошедшие с тех пор годы «в области построения теории происхождения Земли заметных сдвигов не обнаружилось, хотя количество гипотез и увеличилось». Это абсолютно ошибочное утверждение указывает на то, что автор не имеет правильного представления о современном состоянии проблемы происхождения Земли и планет, и при развитии своих идей не учитывает современные надежно ус-

тановленные результаты и выводы, полученные в этой области. А так как выводы космогонической теории основаны на внимательном анализе большого числа фактов, то, следовательно, автор, по существу, не считается и со всей совокупностью этих фактов.

Основная идея В. В. Кесарева сводится к утверждениям, что эволюция планет практически полностью определяется химической эволюцией их вещества и что начальный химический состав всех планет и Солнца был одинаков, а все последующие различия возникли в результате химической эволюции. Оба утверждения являются следствием метафизического доведения до крайности двух разумных соображений: во-первых, химическая эволюция вещества планеты существенна в ее развитии и, во-вторых, различия в химическом составе Земли, Венеры, Марса и Луны, по-видимому, невелики.

Игнорируя современные представления об образовании планет земной группы путем аккумуляции твердого вещества, автор считает, что нет причин для различий в начальном химическом составе Земли и Солнца. Он решительно отвергает данные астрофизических наблюдений о химическом составе Солнца, полагая, что «наблюдаемые в солнечной атмосфере повышенные концентрации

водорода и гелия никоим образом не могут быть распространены на весь объем Солнца». Он категорически не согласен с «предвзятой идеей» о водородном составе Солнца. Астрономам нет надобности объяснять, что Солнце не может иметь одинакового с Землей химического состава. Неспециалистам можно сказать, что у Солнца есть протяженная конвективная зона, в которой вещество хорошо перемешивается, и что состав ее не сильно отличается от состава атмосферы. Кроме того, состав Солнца должен быть близким к составу межзвездной среды, из которой оно сформировалось. А в этой среде содержится 99% водорода и гелия.

Постулирование автором одинакового химического состава планет земной группы и планет-гигантов также находится в вопиющем противоречии с фактами. По аналогии с моделью Земли автор строит модель Юпитера, в которой 51% массы составляет железо-никелевое ядро. Радиус твердой оболочки Юпитера получился равным 40 тыс. км, а высота атмосферы, содержащей 2,5% его массы, — 29 тыс. км. Автор, по-видимому, не понимает, что этот формальный вывод только на основе состава, без учета давлений в недрах планеты и сжимаемости вещества, не имеет ничего общего с действительностью. В частности, столь протяженной атмосферы у Юпитера быть не может. Уже на глубине нескольких сот километров под его поверхностью, вследствие высокого давления, водород переходит в твердое состояние. В. Г. Фесенков, А. Г. Масевич, С. В. Козловская, де Маркус и другие, опираясь на современные данные об уравнениях состояния различных веществ, т. е. на зависимости их плотности от давления, убедительно показали, что Юпитер содержит около 80% водорода!

Согласно автору, эволюция пла-

нетного вещества состоит в том, что в некоторых зонах планеты между гидридами и пероксидами металлов, образовавшимися в допланетном веществе, протекают окислительно-восстановительные реакции, которые приводят к образованию металлического железа, никеля и др. Последние образуют ядро планеты. Химические реакции, характеризующие внутреннюю активность Земли, сопровождаются выделением большого количества тепла, по сравнению с которым радиоактивное тепло становится второстепенным. Ясно, что такой процесс был бы очень важен для эволюции Земли* и его нужно было рассмотреть более подробно. Прежде всего, как специалисту-химику В. В. Кесареву следовало бы рассчитать, при каких давлениях и температурах должны протекать предлагаемые им химические реакции. Но он ограничивается лишь утверждением, что реакции протекают в трех слоях — на двух границах нижней мантии и в волноводе, хотя условия в этих слоях весьма различны. В книге даются элементарные вычисления, иллюстрирующие некоторые следствия, вытекающие из гипотез автора, но нет ни одного расчета для обоснования самих гипотез.

Исходя из того, что плотность вещества Меркурия и Тритона явно выше, чем у других планет, автор делает смелый вывод: эти тела претерпели катастрофу, при которой они потеряли 60% их массы. Без всяких доказательств автор считает «абсолютно неприемлемыми» современные представления о преимущественно ледяном составе комет и называет эти гипотезы наивными. Подобных «выводов» в книге много. Они делаются с невероятной легкостью и настолько далеки от научных, что представляют в ос-

* Даже Ташкентское землетрясение автор связывает с химическими процессами в волноводе.

новном психологический интерес. Весьма показательны, что в книге, обсуждающей большие проблемы эволюции планет, их атмосфер, гидросфер, органического вещества, не упоминаются имена таких исследователей как Г. Юри, В. Руби, Э. Андерс, К. Саган, Ф. Хойл, А. Камерон и др.

Драматический финал развития планет В. В. Кесарев ярко описал в заключении: «Эволюция солнечной системы сопряжена с процессом дробления и распыления отработанного планетного вещества. Из планет ранее других распадется Юпитер, если его не опередит в этом отношении Солнце. С его развалом межпланетное пространство солнечной системы пополнится огромным количеством осколков и пыли. Таким путем будет происходить постепенный, но неизбежный эволюционный процесс перехода одной из систем Вселенной — солнечной системы — в туманность».

Перед этой грандиозной картиной распада Солнца и планет меркнут такие «захватывающие» гипотезы, как, например, гипотеза об извержении комет из планет и спутников, даже в ее классическом первоначальном варианте, когда они выстреливались из Юпитера. Интересно было бы только узнать, с помощью каких источников энергии автор намеревается осуществить свои разрушительные замыслы?

К сожалению, рецензируемая книга — не единственное издание подобного рода, вышедшее в последние годы. Некоторые издатели, выпуская время от времени «джина из бутылки» и тем самым порождая вспышки цепной реакции псевдотворчества, по-видимому, не вполне сознают, что они оказывают плохую услугу как пропаганде подлинно научных знаний, так и развитию самой науки.

В. С. САФРОНОВ,
доктор физико-математических наук



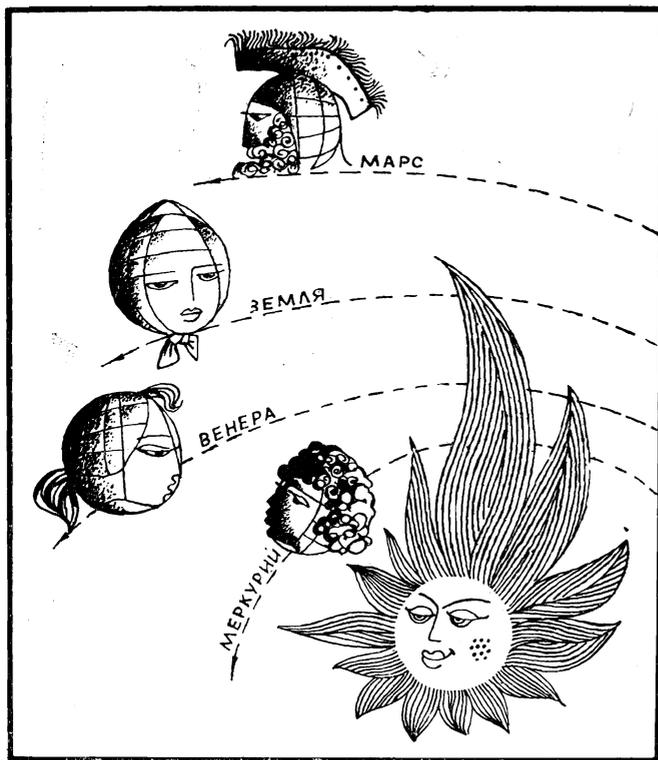
НЕБОЛЬШОЙ ЭКСКУРС В АСТРОНОМИЧЕСКУЮ ЭТИМОЛОГИЮ

Как известно, большие планеты солнечной системы названы именами древнеримских богов. Исключение составляет Уран, для которого немецкий астроном Иоганн Боде опрометчиво предложил имя греческого происхождения (в древнегреческой мифологии Уран — бог неба, муж Геи — богини Земли). В то же время по существующей в астрономии традиции названия координат

поверхностей планет (и других связанных с ними понятий) принято образовывать от имен аналогичных божеств древней Греции. Таким образом, Земля — Гея оказалась прародительницей географических координат и географии вообще. Тот же принцип был положен в основу образования слов: геология, геофизика, геомагнетизм, перигей и т. д.

Если эту идею применить к другим телам солнечной системы (как предлагал член-корреспондент АН СССР С. Н. Блажек), получатся довольно любопытные названия их координат:

Солнце	(Гелиос)	— гелиографические
Меркурий	(Гермес)	— гермографические
Венера	(Афродита)	— афродитографические
Луна	(Селене)	— селенографические
Марс	(Арес)	— ареографические
Юпитер	(Зевс)	— зевсографические
Сатурн	(Кронос)	— кронографические
Уран	(Уран)	— уранографические
Нептун	(Посейдон)	— посеидонографические
Плутон	(Аид)	— аидографические



Кажется логичным распространить этот принцип названий и на малые планеты, а также спутники. Применительно к наиболее известным астероидам это сделать нетрудно. Например, римской богине Церере у греков соответствовала Деметра, значит, координаты на первой из малых планет будут деметрографические. На Палладе они, по-видимому, так и останутся палладографическими, поскольку Паллада — греко-латинское имя греческой богини Афины. Юнона идентична жене Зевса — Гере, римская Веста соответствует греческой Гестии, Аврора — богине утренней зари Эос, Диана — дочери Зевса Артемиде и т. п. Но тут могут возникнуть и недоразумения. В названиях астероидов и спутников планет, как известно, фигурируют не только имена богов и богинь, но и различные персонажи древних мифов, для которых не всегда найдутся греко-латинские параллели. Кроме того, в межпланетном пространстве встречаются объекты, которые уже названы и греческими, и римскими вариантами имени одного и того же божества. Таковы, например, астероиды Эрот (433) и Амур (1221), Виктория (12) и Ника (307). Образуя для них названия координат по указанному рецепту, мы неизбежно запутаемся. А как поступать с такими малыми планетами, названия которых не имеют прямого отношения ни к Риму, ни к Греции? Например, Вера (245), Ольга (304), Татьяна (769), Шехерезада (643), Стереоскопия (566), География (1620), Москва (787), Пулковое (762) и т. д.

Уже сейчас в литературе можно встретить: «гелиоцентрические координаты», «селенографию», «периселений», «ареографическую карту» и др. Однако если написать такие формально правильные названия, как «афродитографическая широта», «гермологические исследования», «зевсоманнитное поле», то современному читателю они покажутся несколько экстравагантными. Трудно сказать, войдут ли хотя бы некоторые из них в употребление в будущем или научная терминология остановится на более обычных и достаточно ясных словах: «планетология» и «планетографические координаты».

И. Т. ЗОТКИН

ОТВЕЧАЕМ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Вопрос. Учителя астрономии и лекторы, выступающие с лекциями и беседами по астрономии, просят сообщить, какие диафильмы они могли бы использовать в своей работе.

Ответ. В последние годы студия «Диафильм» выпустила немало интересных учебно-школьных и научно-популярных диафильмов по астрономии и космонавтике. Для демонстрации на уроках, внеклассных и факультативных занятиях по астрономии рекомендуется использовать следующие диафильмы: «Галактики», «Поверхность Луны», «Звездное небо», «Планеты и малые тела солнечной системы», «Происхождение

и развитие небесных тел», «Крупнейшие астрономические обсерватории СССР», «Природа звезд», «Достижения СССР в освоении космического пространства». В 1968 г. готовятся к выпуску учебно-школьные диафильмы: «Развитие представлений о строении Вселенной», «Солнце и Земля» и первый цветной диафильм по астрономии «Что изучает астрономия».

Большинство учебно-школьных диафильмов с успехом можно применить в лекциях и беседах. Специально для лекционной работы выпущены следующие диафильмы: «Как астрономия опровергает религиозные представления о Вселенной», «Как астроно-

мы изучают Вселенную», «Планета Марс», «Почему бывают солнечные и лунные затмения», «Рассказ о метеорах и метеоритах», «Что дает человеку изучение Космоса», «К. Э. Циолковский — родоначальник космонавтики», «На космических орбитах», «Советские автоматические станции исследуют Луну», «Человек вышел в космос», «Юрий Гагарин», «Герман Титов», «Валентина Терешкова», «Валерий Быковский», «Павел Попович».

Диафильмы продаются в магазинах учебно-наглядных пособий и киосках «Книготорга». Их можно приобрести и через «Посылторг». (Москва, Е-126, Авиамоторная ул., д. 50).

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный
журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

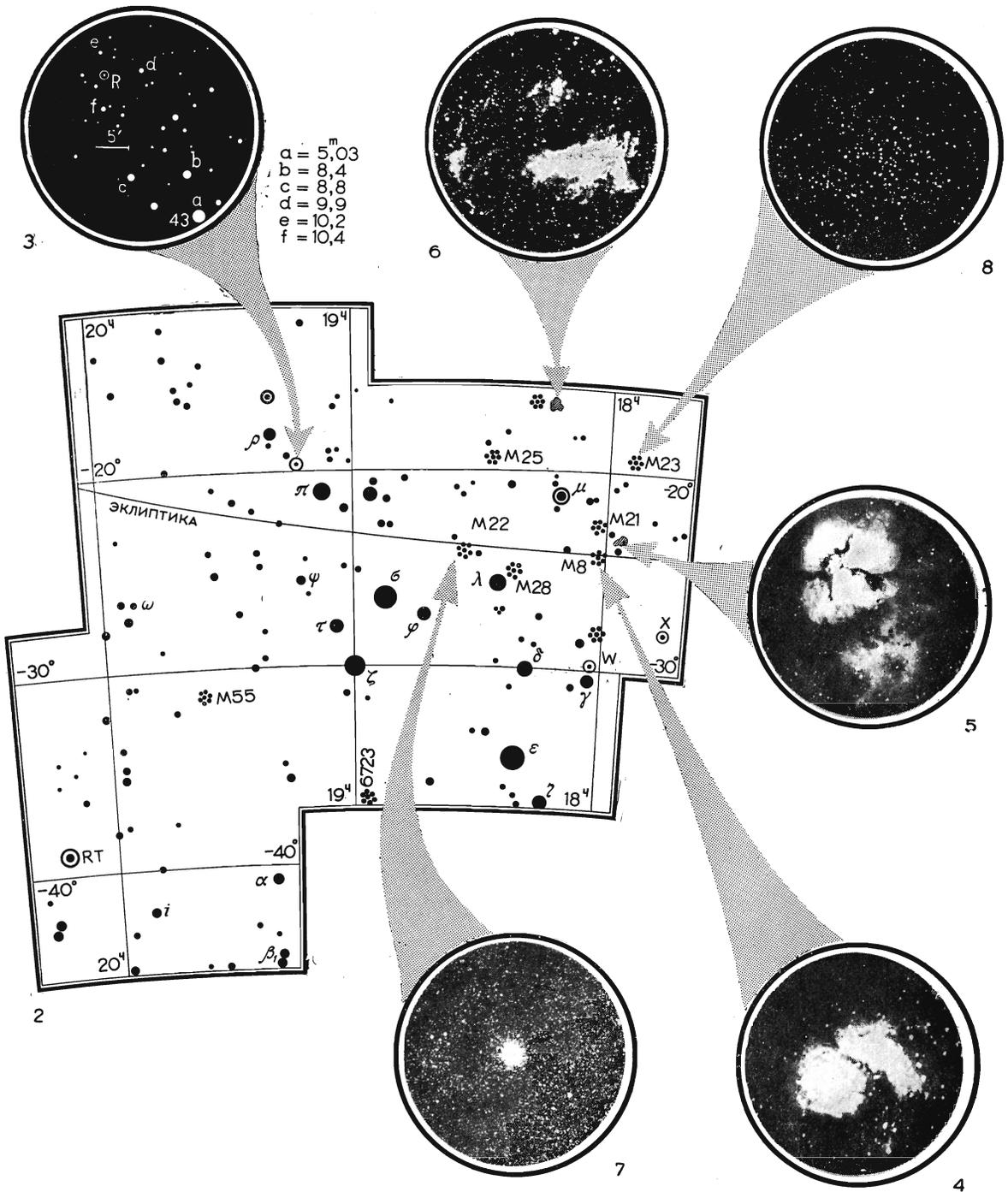
Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат физ.-мат. 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, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ



Адрес редакции:
Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1.
Тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. ШИМКИНА

Корректоры: А. М. Балунова,
Г. Н. Нелидова



Созвездие Стрельца и интересные объекты в нем
 (к статье А. Д. Марленского и В. Ф. Заболотного)

